

La parure en callaïs du Néolithique européen

Sous la direction de

Guirec Querré, Serge Cassen et Emmanuelle Vigier

Préface d'Yves Coppens

La parure en callaïs du Néolithique européen

Sous la direction de

Guirec Querré, Serge Cassen
et Emmanuelle Vigier

Préface d'Yves Coppens



Archaeopress Publishing Ltd
Summertown Pavilion
18-24 Middle Way
Summertown
Oxford OX2 7LG

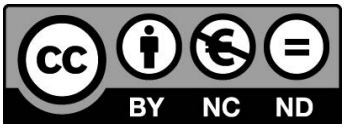
www.archaeopress.com

ISBN 978-1-78969-280-8
ISBN 978-1-78969-281-5 (e-Pdf)

© the individual authors and Archaeopress 2019

Collier en callaïs du Tumulus St-Michel, Carnac, Morbihan - France.
Photo : Société Polymathique du Morbihan - © Collection des musées de Vannes.

Callaïs necklace from the Tumulus St-Michel, Carnac, Morbihan - France.
Photo: Société Polymathique du Morbihan, © collection of the Vannes museums.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/ or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

This book is available direct from Archaeopress or from our website www.archaeopress.com

Ce volume est dédié à la mémoire de Marie-Pierre Dabard

TABLE DES MATIÈRES

Préface ***p. 1***
Yves Coppens

Introduction ***p. 3***
Guirec Querré, Serge Cassen,Emmanuelle Vigier

CHAPITRE I : GÉOLOGIE - MINÉRALOGIE - GEMMOLOGIE ***p.* 7**

Les minéralisations de variscite du sud-ouest de l´Europe : caractéristiques minéralogiques, géochimiques et genèse ***p. 9***
Agustina Fernández, Candelas Moro, Marie Pierre Dabard (†)

Gemmology of gem phosphate: a rewiew with particular attention to variscite ***p. 25***
Emmanuel Fritsch, Benjamin Rondeau, Yves Lulzac, Blanca Mocquet

CHAPITRE II : EXPLOITATION DE LA VARISCITE EN EUROPE OCCIDENTALE ***p.* 41**

Gavà (Barcelone), mine et atelier au Néolithique ***p. 43***
Josep Bosch Argilagós

Palazuelo de las Cuevas and the exploitation of variscite in the northwest of Iberia ***p. 59***
Ramón Fábregas Valcarce, Carlos Rodríguez-Rellán

Pico Centeno prehistoric variscite mines (Encinasola, Huelva, SW Spain) ***p. 71***
Salvador Domínguez-Bella, José Ramos-Muñoz

Hispaniae Callais. The use of Iberian variscite in jewellery and mosaics in Roman times ***p. 85***
Salvador Domínguez-Bella

CHAPITRE III : APPORT DES MÉTHODES D'ANALYSES À L'ÉTUDE DE LA DIFFUSION DES PRODUCTIONS ***p.* 103**

Provenance des parures en variscite du Néolithique européen : élaboration d'un modèle chimiométrique ***p. 105***
Guirec Querré, Thomas Calligaro, Serge Cassen, Marie-Pierre Dabard (†), Salvador Domínguez-Bella

Origine des bijoux néolithiques en Callaïs de l'ouest de la France ***p. 129***
Guirec Querré, Thomas Calligaro, Serge Cassen

Iberian variscite: icp-ms-la and pixe analysis of recent prehistory beads et pendants from Spain and Portugal ***p. 201***
Salvador Domínguez-Bella, Guirec Querré, Thomas Calligaro, Javier Martínez López

The use of Raman spectroscopy in the characterization of variscite provenance: the Gavà case ***p. 241***
Joan Carlos Melgarejo, Laia Arqués, Cristina Villanova-de-Benavent, Tariq Jahwari, Lisard Torró, Josep Bosch Argilagós, Montgarri Castillo-Oliver, Marc Campeny, Sandra Amores, Aleu Andreazini, Saleh Lehbib,Antoni Camprubí

CHAPITRE IV : UTILISATION DE LA VARISCITE ET DE LA TURQUOISE COMME PIERRE DE PARURES AU NÉOLITHIQUE *p.* **253**

La parure en callaïs (variscite et turquoise) au Néolithique, dans la moitié nord de la France. Corpus et contextes *p.* **255**
Serge Cassen, Christine Boujot, Audrey Charvet, Valentin Grimaud, Nicolas Le Maux, Christophe Le Pennec, Guirec Querré, Emmanuelle Vigier, Christian Obeltz, Frédéric Prodéo, Alain Villes

Les éléments de parure en callaïs dans le Midi de la France au Néolithique et au Chalcolithique *p.* **333**
Jean-Sebastien Vaquer

La parure en variscite au Néolithique dans la partie est de l'Espagne *p.* **351**
Miquel Molist Montaña, Monica Oliva Poveda

Going soft on green? Variscite and other green beads in Western Spain *p.* **365**
Carlos Rodríguez-Rellán, Ramón Fábregas Valcarce

Archaeomineralogy of turquoise in Eurasia *p.* **387**
Ruslan I. Kostov

CHAPITRE V : LES MODÈLES DE CIRCULATION DURANT LE NÉOLITHIQUE *p.* **397**

Production et diffusion de parures néolithiques en séricite et autres micas en quart nord-ouest de la France dans son contexte européen *p.* **399**
Nicolas Le Maux et Serge Cassen, avec la collaboration de Juliette Durand, Marc Laroche, Didier Le Gouestre et Emmanuelle Vigier

Patterns of variscite acquisition and circulation in Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal *p.* **423**
António Faustino Carvalho

Rings and axeheads of Alpine jades: imports to and exports from the Gulf of Morbihan during the 5th millennium and the beginning of the 4th millennium *p.* **445**
Pierre Pétrequin, Anne-Marie Pétrequin, Mauro Cinquetti, Michel Errera, Ramón Fábregas Valcarce, Estelle Gauthier, Frédéric Jallet, Yvan Pailler, Frédéric Prodéo, Alison Sheridan

Perles supposées en variscite du sud-est de la France (Arles-Fontvieille, IVe mill. av. J.-C.) : premiers résultats d'une recherche en devenir *p.* **465**
Laurine Viel, Sandrine Bonnardin, Maxence Bailly, Xavier Margarit

The time of callaïs: radiocarbon dates and Bayesian chronological modelling *p.* **479**
Bettina Schulz Paulsson, Serge Cassen, Carlos Rodríguez-Rellán, António Faustino Carvalho, Jean-Sebastien Vaquer, Miguel Molist Montaña, Josep Bosch Argilagós, Mònica Oliva Poveda

ANNEXE I **: planches photos des perles et pendeloques en callaïs de l'ouest de la France** *p.* **509**

ANNEXE II **: carte ouest-européenne des objets Neolithiques en jades et en callaïs** *p.* **545**

ANNEXE III **: analyses chimiques des sources ouest européennes de variscite et / ou turquoises** *p.* **551**

ANNEXE IV **: analyses chimiques des objets néolithiques en callaïs de la moitié nord de la France** *p.* **567**

ANNEXE V **: analyses chimiques des objets Néolithiques en callaïs de la péninsule Ibérique** *p.* **609**

ANNEXE VI **: auteurs** *p.* **623**

PRÉFACE

Yves Coppens
Membre de l'Académie des sciences, Professeur honoraire au Collège de France,
Professeur honoraire au Muséum national d'histoire naturelle,

Ce superbe volume sur « la parure en callaïs » du Néolithique européen, publié sous la direction de Guirec Querré, Serge Cassen et Emmanuelle Vigier par Archaeopress, représente les actes d'un colloque tenu au Musée J. Miln-Z. Le Rouzic de Carnac en 2015. En une vingtaine d'articles et près de 80 auteurs, en comptant tous les membres des équipes impliquées dans leur signature, il fait le point sur ce très beau sujet qu'est la découverte d'objets en cette matière précieuse, la callaïs, un phosphate d'aluminium que les minéralogistes appellent variscite, dans les sites néolithiques de notre continent. Les organisateurs du colloque avaient parfaitement structuré le tour de la question en commençant par l'étude de la nature de cette gemme, ses gisements et leur exploitation et en continuant par la circulation de la matière première (ou de produits déjà manufacturés), son traitement, son usage dans la parure, le sens de sa valeur et l'âge de toutes ces opérations.

Toutes ces questions ont été traitées, souvent par plusieurs auteurs et plusieurs communications, et ce qu'il en ressort, c'est l'aspect étonnamment consensuel des conclusions, avec bien sûr des nuances et des interrogations. La variscite et sa voisine, la turquoise, sont des phosphates, la première d'aluminium, on l'a déjà dit, la seconde de cuivre ; la première est la plus rare et par suite le plus précieuse ; c'est elle que l'on appelait callaïs ; il arrive d'ailleurs que, n'ayant sans doute pas pu s'en procurer, les consommateurs l'aient tant bien que mal parfois remplacée (par de la séricite par exemple).

Les diverses analyses minéralogiques et géochimiques (qui ont fait des progrès considérables) effectuées sur les produits finis, permettent aujourd'hui, de manière brillante, de remonter aux sites d'extraction et de redessiner, par suite, les souvent longues routes d'exportation et leurs significations (d'abord socio-économiques). Si en outre, une telle importance est accordée à cette roche, c'est qu'elle a, à terme, une valeur de prestige, facile à comprendre, et une valeur symbolique, plus mystérieuse, valeur confirmée par le fait qu'on la trouve en général associée à des tombes ou à leurs environs.

L'accent du colloque tenu à Carnac, a été évidemment mis sur les découvertes faites sur la façade atlantique de l'Europe de l'Ouest et du Sud-Ouest (France, Espagne, Portugal) et la recherche des gisements et de leur exploitation dans ces mêmes régions. Cet exercice a donné des réponses d'une étonnante précision : ce sont quelques mines espagnoles, Palazuelo de las Cuevas, Pico Centeno, Gavá, qui emportent la conviction et ce d'autant plus que d'évidentes traces d'exploitation y sont visibles, datées des mêmes époques quand elles sont datables. Je salue à nouveau ici la belle unanimité des chercheurs dans cette reconnaissance.

A l'autre bout du chemin, il y a les « acheteurs » ou les « échangeurs ». Cette matière première se trouve alors déjà sous la forme de « bijoux » aboutis (perles et pendeloques), taillés, façonnés, polis, percés ; si elle ne l'est pas, quand elle le devient, son destin est donc apparemment la sépulture. Sa signification est sans doute associée aux mythes et par suite aux rites qui accompagnent les cérémonies d'inhumation – dans aucune société la mort n'est la fin de la vie. Cette présence nous conforte aussi dans une interprétation sociale de la présence de variscite, en termes de richesse, puissance et de hiérarchie. Une foi forte semble unir les membres de ces sociétés et leurs donner les forces de s'engager dans ces chantiers de constructions architecturales, funéraires ou non, absolument extravagants. Cette richesse n'est ainsi pas cachée ; elle est au contraire exposée pour une information, tant intérieure probablement, qu'extérieure.

Exploitation, transport, épanouissement de cette première société d'agriculteurs, tout ceci est bien daté du Néolithique, ancien, un peu (6e millénaire avant Jésus Christ), moyen, beaucoup (5e et 4e millénaires) et final, pas mal (4e et 3e millénaires).
Le colloque éclairait majoritairement l'Europe occidentale et plus spécifiquement le massif armoricain, et même le Morbihan, mais certaines communications ne s'en sont pas moins évadés ; elles nous ont promené dans l'espace à travers le sud de la France, mais aussi sur les routes de la turquoise, de la Bulgarie au Caucase, au Levant, à l'Asie centrale et à la Chine, et dans le temps, jusqu'aux mosaïques et aux bijoux romains.
Ces actes sont ainsi devenus un précieux corpus de l'histoire des rapports entre variscite (et beaucoup d'autres roches vertes) et les Hommes des 3ème, 4ème et 5ème millénaires avant Jésus Christ ; c'est véritablement l'état de l'art, désormais incontournable, état qui n'a négligé aucune facette de la question. J'ai été très honoré d'en ouvrir la publication et en remercie vivement les responsables.

INTRODUCTION

Guirec Querré, Serge Cassen, Emmanuelle Vigier

Dès la fin du XIXe siècle, lors des premières fouilles des grands tumulus carnacéens, des archéologues comme R. Galles, A. Fouquet, Z. Le Rouzic, G. d'Ault du Mesnil, C. Keller, L. Le Pontois, mettaient au jour de riches tombes préhistoriques dans lesquelles se trouvaient de remarquables ensembles composés d'objets dits « de prestige ». Ces ensembles étaient constitués de haches polies, d'anneaux-disques, de perles et de pendeloques, tous en matières remarquables. Parmi celles-ci, existe une matière minérale à la couleur vert clair caractéristique : la callaïs. À l'époque, ces parures ont fait l'objet de toute l'attention des archéologues mais également celle d'éminents minéralogistes comme A. Damour puis A. Lacroix, du fait de l'originalité des objets, du matériau et de son origine imaginée exotique. En 1940, le Colonel Balagny publie dans le Bulletin de la Société Archéologique et Historique de Nantes et de la Loire-Inférieure un article intitulé « Le Mystère de la Callaïs », dans lequel il s'interroge encore sur la provenance de ces bijoux préhistoriques. Parallèlement, les progrès de la minéralogie permettent de mieux définir les minéraux mis sous le vocable de callaïs avec la définition de la variscite, de la turquoise et des autres minéraux de couleur verte.

Par la suite, durant les années 1960, la publication des filons de variscite remarqués dans une carrière localisée à Pannecé (44) fait que ce gisement apparaît logiquement, de par sa proximité avec les sites archéologiques morbihannais, comme étant la source de l'énorme concentration de parures néolithiques en variscite. Cependant, cette attribution est remise à nouveau en cause dans les années 1970, suite à la découverte, en Espagne, d'une exploitation de variscite située à Gavà, au sud de Barcelone. La fouille des nombreux puits d'extraction, la mise en évidence d'ateliers de fabrication d'éléments de parure traduisent l'existence de l'important complexe minier de Can Tintorer, ayant largement produit et diffusé au cours du Néolithique et pouvant être à l'origine des objets armoricains.

Les récentes découvertes tant archéologiques que géologiques des dernières décennies en France, en Espagne et au Portugal ainsi que le développement de nouvelles méthodes de caractérisation des gemmes ont permis de renouveler la vision et l'interprétation de ces éléments de parure dans leur contexte historique. Ainsi, le colloque international « Callaïs », sous-titré « La parure en callaïs (variscite, turquoise) du Néolithique européen. Nature, origine, exploitation, circulation, utilisation » qui s'est tenu à Carnac, en avril 2015, avait comme objectif principal de faire un bilan de ces nouvelles découvertes et de leurs implications sur notre connaissance des sociétés néolithiques de l'Europe occidentale, de leurs relations et de leur évolution du Ve au IIIe millénaire avant notre ère.

Cette synthèse coïncidait d'ailleurs avec la fin d'un autre programme européen, celui relatif aux jades alpins, dirigé par P. Pétrequin. Aussi la cartographie précise des deux phénomènes pour l'Europe occidentale, et pour l'ensemble du Néolithique, est-elle désormais possible (Annexe 2).

L'ensemble des communications a été regroupé en cinq thèmes principaux, structuration que nous avons conservée pour les actes du colloque. Le premier thème porte sur le matériau lui-même faisant intervenir géologues, minéralogistes, gemmologues, ceci afin de définir les matériaux des parures, leur nature, leur

formation. Le thème suivant est consacré aux gisements de variscite et à leur exploitation ancienne, mines principalement localisées dans la péninsule Ibérique. L'apport des méthodes d'analyses minéralogiques et géochimiques des perles et pendeloques est traité dans la troisième partie, permettant d'établir des hypothèses quant à la diffusion des productions au Néolithique, au sein de l'espace européen. La quatrième partie aborde les sites de consommation, ceci en fonction des pays et de leurs régions : Espagne, Portugal et France pour la variscite, avec, à titre de comparaison, une incursion en Bulgarie pour la turquoise comme matériau de la parure néolithique en Europe centrale et orientale. Enfin, la dernière partie a pour objectif de replacer les modèles de transferts et diffusion de la variscite ainsi que leur évolution dans le cadre plus général du Néolithique européen, des réseaux d'échanges de biens et de connaissances.

La publication des actes du colloque est l'occasion de faire le point sur l'inventaire des perles et pendeloques présentes dans les sites archéologiques ouest-européens actuellement connus ainsi que leur répartition spatiale dans des cartes issues d'une base de données SIG. Une campagne de prise de vues faites par J.-G. Aubert du Laboratoire Arc'Antique de Nantes et financée par les partenaires du colloque a été menée sur les collections des objets en callaïs du Musée de Préhistoire J. Miln-Z. Le Rouzic de Carnac et du Musée d'Histoire et d'Archéologie de Vannes (Fonds Société Polymathique du Morbihan). Les actes du colloque présentent donc, en complément des articles scientifiques, six annexes. La première correspond aux planches photographiques des objets en callaïs, principalement du Morbihan et pour la plupart prises par J.-G. Aubert. Les planches photographiques ont été réalisées en collaboration par F. Bertin, S. Cassen et V. Grimaud. La seconde annexe présente les cartes de répartition des objets en callaïs de l'Ouest européen. La troisième annexe rassemble les analyses chimiques élémentaires obtenues à l'aide d'AGLAE par la méthode PIXE sur les échantillons géologiques de références des principaux gisements ouest-européens. La quatrième annexe présente les analyses PIXE faites à l'aide d'AGLAE des objets archéologiques de la moitié nord de la France et la cinquième, les analyses PIXE des objets archéologiques de la péninsule Ibérique. Enfin la sixième rassemble les noms et coordonnées des auteurs des articles.

La publication de ce volume, actes du colloque de Carnac, se veut la plus exhaustive et synthétique possible, rassemblant l'ensemble des résultats les plus marquants issus de plusieurs disciplines : archéologie, préhistoire, géologie, minéralogie, gemmologie, physique, chimie, ethnologie afin d'actualiser les connaissances sur cette véritable pierre précieuse du Néolithique ouest européen : la callaïs.
Le colloque « Callaïs » s'est tenu au casino Barrière de Carnac les 1er et 2 avril 2015, au cœur même de la région où a été découverte la plus grande concentration de perles et de pendeloques en variscite de l'Europe néolithique. Vingt communications scientifiques organisées en 5 sessions ont été présentées durant les deux jours du colloque, représentant plus de 40 contributeurs scientifiques de renommée internationale. Ces derniers appartiennent aux laboratoires de recherche et institutions scientifiques de Besançon, Carnac, Nantes, Nice, Paris, Rennes, Toulouse pour la France, de Barcelone, Cadiz, Saint Jacques-de-Compostelle, Salamanque pour l'Espagne, de Faro pour le Portugal et de Sofia pour la Bulgarie. Le public très large regroupait non seulement des archéologues de profession et des étudiants en archéologie mais également des amateurs très actifs dans l'Ouest de la France. Au total, plus de 110 personnes ont participé au colloque de Carnac.

Le soir du premier jour de colloque, mercredi 1er avril 2015, une exposition consacrée à la variscite néolithique dans son contexte ouest-européen a été inaugurée au Musée de Préhistoire de Carnac. L'ensemble des membres du colloque et des personnalités locales et régionales ont été invités par la direction du musée et la municipalité de Carnac à participer à cette inauguration et au vin d'honneur qui a suivi. Cet évènement a permis à l'ensemble de la communauté scientifique participant au colloque « Callaïs » de découvrir, réunie dans un lieu unique et dans le cadre d'une nouvelle muséographie, la plus grande partie des perles et pendeloques découverte dans la région : 450 perles ou pendeloques

en variscite sur les 830 recensées dans le quart nord-ouest de la France, accompagnés de 350 objets archéologiques contemporains ainsi que d'une série d'échantillons géologiques.

Les collections permanentes du Musée de Carnac étaient complétées de multiples prêts accordés par les institutions suivantes : Musée d'Archéologie Nationale (Saint-Germain-en-Laye, Yvelines), Musée Dobrée/Grand Patrimoine de Loire-Atlantique (Nantes), Musée de Vannes/Fonds Société Polymathique du Morbihan, Musée de Gavà (Barcelone), Musée de Normandie (Caen), Lithothèque de l'Université de Rennes/Laboratoire d'Archéosciences, Service Régional d'Archéologie de Bretagne (DRAC), Service Régional d'Archéologie des Pays de la Loire (DRAC), collections privées. Notons que cette exposition a bénéficié du soutien financier de la Ville de Carnac, de la DRAC Bretagne et du Conseil départemental du Morbihan.
L'exposition reprenait également les grands thèmes abordés au cours du colloque. L'aspect géologique était traité avec la présentation d'échantillons des différents gisements géologiques et archéologiques issus de la lithothèque PETRA du laboratoire Archéosciences de Rennes (UMR 6566 CReAAH).

Des visites virtuelles du Tumulus Saint-Michel (Carnac) et du Mané er Hroëck (Locmariaquer) sont toujours à la disposition du public, sur la base de la numérisation en 3D des tombeaux internes réalisée dans le cadre du colloque, grâce aux aides financières des partenaires.

Cette exposition a été très appréciée par les participants du colloque « Callaïs » et a contribué aux débats scientifiques. Elle avait également pour volonté de mettre à la disposition du public les résultats des dernières découvertes scientifiques relatives à la variscite.

Le 3 avril, une excursion a été organisée à l'intention des personnalités scientifiques qui avaient communiqué dans le prolongement des exposés des deux journées précédentes. Les principaux sites contenant des objets en variscite ont fait l'objet de visites détaillées et commentées par les spécialistes de chacun des monuments : le Tumulus Saint-Michel et les Alignements mégalithiques du Ménec à Carnac, le matin ; le Tumulus d'Er Grah, le Grand Menhir brisé, la Table des Marchands puis le Mané er Hroëck et la pointe de Kerpenhir à Locmariaquer, l'après-midi. Enfin, plusieurs conférenciers ont complété le colloque et l'excursion par une visite commentée des collections archéologiques du fonds de la Société Polymathique du Morbihan, conservé au musée de la Ville de Vannes, le lendemain matin.

L'ensemble des conférenciers a été accueilli au Carnac Thalasso resort Hôtel, à deux pas de la salle de conférences localisée au Casino de Carnac.

De nombreux partenaires ont accepté de soutenir l'ensemble du colloque international et les différents évènements qui ont eu lieu autour du colloque. Nous souhaitons remercier tout particulièrement : le Conseil départemental du Morbihan, le Ministère de la culture, l'Université Européenne de Bretagne, l'Institut écologie et environnement du Centre National de la Recherche Scientifique, l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, l'Unité Mixte de Recherche 6566 Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire, l'Université de Rennes 1 et la Société Polymathique du Morbihan qui nous ont soutenus financièrement.

Plusieurs membres du Laboratoire Archéosciences-Rennes de l'UMR 6566 CReAAH ont participé à l'organisation du colloque, tout particulièrement Catherine Louazel pour la gestion financière, Francis Bertin pour la réalisation du fascicule du colloque. Qu'ils soient remerciés de leur aide et de leur participation. Nos remerciements vont également au personnel des Musées de Carnac et de Vannes, et en particulier à Céline Cornet et Marion Pérez-Bleuzen qui ont largement participé à l'organisation locale et au bon déroulement du colloque, de l'exposition et de l'excursion, ainsi qu'à Christophe Le Pennec et

Marie-Françoise Le Saux des Musées de la Ville de Vannes. Nous remercions également Jacques Buisson-Catil, du Centre des Monuments Nationaux, pour l'accès aux sites mégalithiques.

Enfin, les membres du comité d'organisation et du comité scientifique qui ont participé à l'organisation matérielle et scientifique du projet « Callaïs » ainsi qu'à la lecture critique des articles soumis et publiés dans ces actes doivent être chaleureusement remerciés. Une mention également pour Céline Cornet, Marion-Pérez-Bleuzen, Gwenaëlle Hamon et Nik Mather (Musée de Carnac) ainsi que Chloé Martin qui ont contribué au secrétariat de rédaction des actes. Mention spéciale pour Francis Bertin qui a réalisé la totalité du montage du volume par PAO.

L'édition de ces actes a été possible grâce au concours financier du Conseil départemental du Morbihan.

Que toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin au bon déroulement du colloque « Callaïs », à l'exposition et aux excursions reçoivent nos remerciements les plus sincères.

Comité d'organisation
- Olivier Agogué, Service départemental d'archéologie du Morbihan.
- Christine Boujot, Service régional de l'archéologie DRAC Bretagne - UMR 6566 CReAAH.
- Serge Cassen, CNRS Université de Nantes - UMR 6566 CReAAH.
- Marie-Pierre Dabard, Université de Rennes 1, UMR 6128 Géosciences (†).
- Christophe Le Pennec, Musées de la Ville de Vannes.
- Guirec Querré, Ministère de la culture - UMR 6566 CReAAH.
- Emmanuelle Vigier, Musée de Préhistoire James Miln-Zacharie Le Rouzic, Ville de Carnac.

Comité scientifique
- Sandrine Bonnardin, Maître de conférences, Université de Nice, France.
- Josep Bosch Argilagós, Directeur du Musée de Gavà, Barcelone, Espagne.
- Thomas Calligaro, Ingénieur de recherche, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF), Paris, France.
- António Faustino Carvalho, Professeur, Université de l'Algarve, Faro, Portugal.
- Salvador Domínguez-Bella, Professeur, Université de Cadix, Espagne.
- Ramón Fábregas Valcarce, Professeur, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle, Espagne.
- Emmanuel Fritsch, Professeur, Université de Nantes, France.
- Miquel Molist Montaña, Professeur, Université autonome de Barcelone, Espagne.
- Pierre Pétrequin, Directeur de recherche CNRS ER, Université de Franche-Comté, Besançon, France.
- Jean Vaquer, Directeur de recherche CNRS, Université de Toulouse, France.

CHAPITRE I : GÉOLOGIE - MINÉRALOGIE - GEMMOLOGIE



Les minéralisations de variscite du sud-ouest de l´Europe : caractéristiques minéralogiques, géochimiques et genèse

Agustina Fernández, Candelas Moro, Marie Pierre Dabard (†)

Résumé. La variscite est un phosphate d'aluminium hydraté, de formule [$AlPO_4$. $2H_2O$], présent dans le sud-ouest de l'Europe, depuis la péninsule Ibérique (Espagne, Portugal) où les gisements sont les plus abondants, jusque dans le Massif armoricain (France) et la Sardaigne (Italie). Deux types de gisement sont identifiés, l'un stratiforme précoce et l'autre filonien vraisemblablement issu de la remobilisation du premier. Les sédiments encaissants sont fins, siliceux (lydiennes et phtanites) ou argileux et argilo-silteux (argilites et siltites) plus ou moins métamorphisés (schistes et ardoises) et contiennent toujours de la matière organique. Du volcanisme est souvent associé à ces sédiments. Une description des différents gisements, des textures et structures de la variscite et des autres espèces minérales phosphatées l'accompagnant est présentée ici. Les analyses effectuées sur les sédiments encaissants (analyses géochimiques des éléments majeurs, traces et Terres Rares) et sur les cristaux de variscite (RX, ATD, MEB...) de certains gisements permettent de proposer un modèle de genèse : la variscite a précipité sous des conditions de faible pH à partir de l'aluminium et du phosphore libérés par la lixiviation des sédiments encaissants et/ou apportés par les fluides exhalatifs et/ou hydrothermaux.
Mots-clés : minéralisations de variscite, sédiments siliceux, diagenèse, fluides hydrothermaux, Silurien.

Abstract. Variscite is an aluminium hydrous phosphate [$AlPO_4$. $2H_2O$] commonly found throughout South-West Europe from the Iberian Peninsula (Spain, Portugal), where abundant deposits occur, to the Armorican Massif (France) and Sardinia (Italy). Two types of deposits have been identified: an early stratiform generation, and a vein-type deposit formed as a consequence of remobilization of the earlier one. The hosting sediments are fine-grained, siliceous (lydite and phtanites) or clay and silty clay (claystones and siltstones), more or less metamorphosed (shales and slates) and enriched in organic matter. Volcanism is often associated with these sediments. A description of the different deposits, textures and structures of variscite and other phosphate minerals is detailed here. The analyses performed on the surrounding sediments (major, trace and REE) and on variscite-type minerals (XRD, DTA, SEM ...) of several deposits allow us to propose a genetic model: variscite precipitated at low pH conditions from aluminium and phosphorus released by leaching of hosting sediments and / or provided by exhalative and / or hydrothermal fluids.
Keywords: variscite mineralizations, siliceous sediments, diagenesis, hydrothermal fluids, Silurian.

Introduction

Les minéralisations de variscite sont relativement rares dans le sud-ouest de l'Europe et principalement localisées en péninsule Ibérique où elles ont été exploitées pendant le Néolithique. Elles sont généralement contenues dans des sédiments fins, parfois siliceux, où elles forment soit des veines stratiformes soit des filons recoupant les couches. L'objectif de cet article est de présenter les données actuellement disponibles sur les différents gisements (localisation, cadre géologique, lithologies des roches encaissantes) et les hypothèses concernant le mode de formation de la variscite. Une attention particulière est prêtée aux gisements de la région de Zamora en Espagne qui ont fait l'objet de nombreuses études.

1. Contexte géologique

Les séries sédimentaires contenant les minéralisations de variscite sont majoritairement d'âge Silurien (environ 445 à 420 Ma), plus rarement Dévonien inférieur (jusqu'à 400 Ma). Dans les reconstitutions

paléogéographiques pour le Paléozoïque inférieur (Martínez Catalán *et al.,* 2009 ; Ballèvre *et al.*, 2014), elles sont positionnées sur la bordure nord de la marge gondwanienne. Elles ont été déformées au cours de l'orogenèse varisque (environ 360 à 300 Ma) et ont subi un métamorphisme plus ou moins important. Ces séries sont majoritairement constituées de sédiments fins siliciclastiques (siltites et argilites) parfois métamorphisés (schistes et ardoises) dans lesquels s'intercalent des roches siliceuses noires et grises appelées lydiennes, phtanites ou cherts. L'ensemble de ces faciès se caractérise par la présence de matière organique. Des intercalations de grès et quartzite, de roches carbonatées et de roches volcaniques et subvolcaniques acides à basiques sont localement présentes.

En péninsule Ibérique, les minéralisations de variscite se répartissent essentiellement entre la Zone Centre Ibérique et la Zone d'Ossa Morena (fig. 1). Dans la Zone Centre Ibérique, c'est dans la province de Zamora qu'elles sont les plus fréquentes ; les principaux affleurements se situent dans la partie centre-occidentale de la province dans le Synforme d'Alcañices, à Palazuelo de Las Cuevas, San Vicente de la Cabeza, Sejas de Aliste et Vega de Nuez (Arribas *et al*., 1971 ; Moro, 1988 ; Moro *et al.*, 1991, 1992a, 1995a et b). En continuité latérale avec celles de Zamora, des minéralisations sont répertoriées au Portugal dans la région de Trás-Os-Montes (Meireles *et al.,* 1987). D'autres affleurements sont également signalés en Espagne à Puente de Domingo Florez (province de León ; Árias et Jiménez, 2012), à Punta Corveiro (province de Pontevedra ; Moro *et al*., 1995c) au sein du « Dominio migmatítico y de las rocas graníticas » dans le complexe El Rosal-La Lanzada-Xuno, et à Gavá (province de Barcelona) dans le district minier néolithique de Can Tintorer (Mata *et al.,* 1983 ; Fernández-Turiel *et al*., 1990 ; Costa *et al*., 1993 ; Camprubi *et al.*, 2003). Dans la Zone d'Ossa Morena, les affleurements se situent à Encinasola, au nord-ouest de la province de Huelva, dans le Synforme de Terena (Moro *et al.*, 1992b, 1995b).

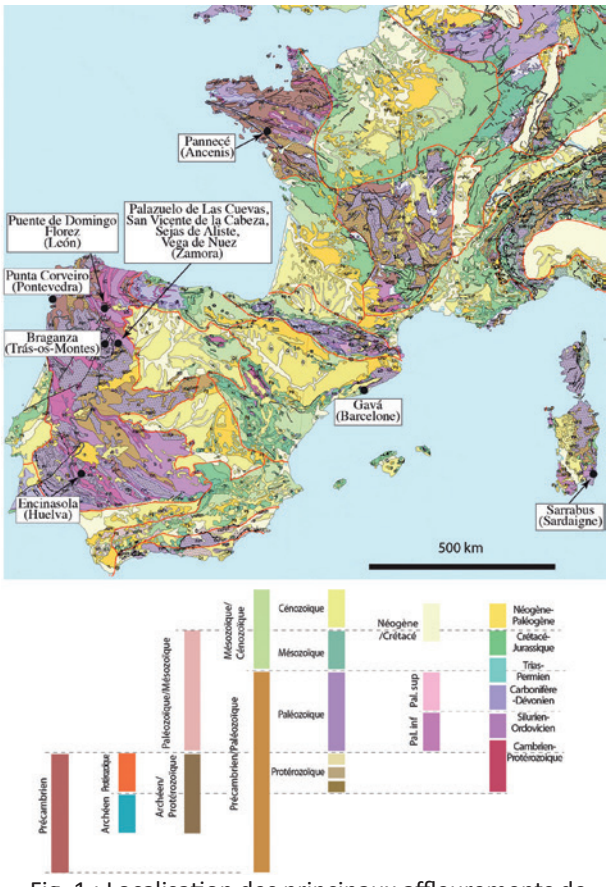


Fig. 1 : Localisation des principaux affleurements de variscite dans le sud-ouest de l'Europe.

En dehors de la péninsule Ibérique, des gisements plus discrets de variscite sont décrits en France à Pannecé (région d´Ancenis) dans le synclinal de Saint-Georges-sur-Loire (Massif armoricain) (Massé, 1971 ; Forestier *et al.*, 1973) et en Sardaigne (Italie) dans la province du Sarrabús (Pelloux, 1912 ; Marini *et al*., 1989) dans les « Scisti a graptoliti » (Auct.).

1.1 Géologie des roches encaissantes

Dans la province de Zamora, les minéralisations sont contenues dans deux formations siluriennes définies par González-Clavijo (1998), les formations Manzanal del Barco et Rábano. La Formation de Manzanal del Barco d'âge Llandovery à Ludlow (Silurien inférieur à moyen) est constituée d´ardoises verdâtres à grisâtres avec des intercalations d´ardoises noires, de cherts noirs et gris, de calcaires, de quartzites arkosiques avec parfois des conglomérats ainsi que de sills de roches magmatiques basiques et acides. La Formation Rábano, d'âge Pridoli (Silurien terminal) à Dévonien inférieur, contient des alternances d´ardoises, de métagrès et de grauwackes avec des niveaux de cherts noirs et gris, de calcaires, de quartzites arkosiques et

de volcanites acides. Dans ces formations, d'autres minéralisations sont présentes, de baryum (Ba), de fer (Fe), de manganèse (Mn) ainsi que des sulfures massifs de type sedex (Moro *et al.*, 1996). Les minéralisations de variscite sont principalement associées aux cherts noirs et gris et aux sédiments et métasédiments silto-argileux noirs. Les cherts peuvent former des couches ou des lentilles d'épaisseur variable avec une structure compacte et massive (fig. 2a). Parfois, ils alternent avec les siltites et des argilites noires (alternances millimétriques) ou avec des couches de phosphates blanchâtres. Les cherts sont constitués majoritairement de quartz micro- à cryptocristallin avec des phyllosilicates (muscovite-séricite, illite, chlorite), des carbonates, du rutile, de la pyrite, des oxydes de Fe et Mn, de la barytine et différentes formes de phosphate, variscite (strengite), crandallite, apatite, turquoise, xénotime et monazite (La-monazite et Nd-monazite). En fonction de l'abondance relative de ces minéraux, Moro *et al.* (1998) différencient : 1) les cherts phosphatés (P-cherts) qui sont les plus fréquents, 2) les cherts ferrugineux (Fe-cherts) avec plus de 30 % de Fe_2O_3, 3) les cherts à barytine (Ba-cherts) qui ont une concentration moyenne de Ba de 4,7% et sont plus rares.

En Sardaigne, les minéralisations de variscite sont présentes dans des sédiments silicoclastiques (grès à argilites) contenant des intercalations de lydites (« Jasperoidi neri » fig. 2b) et dans des sédiments carbonatés (région d'Arcu Genn'Arela). Des intrusions acides, des clastes rhyolitiques et des indices d'hydrothermalisme, notamment avec des silicifications, sont parfois observés (Marini *et al.*, 1989).
Dans le Massif armoricain, les roches constituant l'encaissant des minéralisations sont siliceuses et riches en matière organique (« phtanites d'Anjou »).

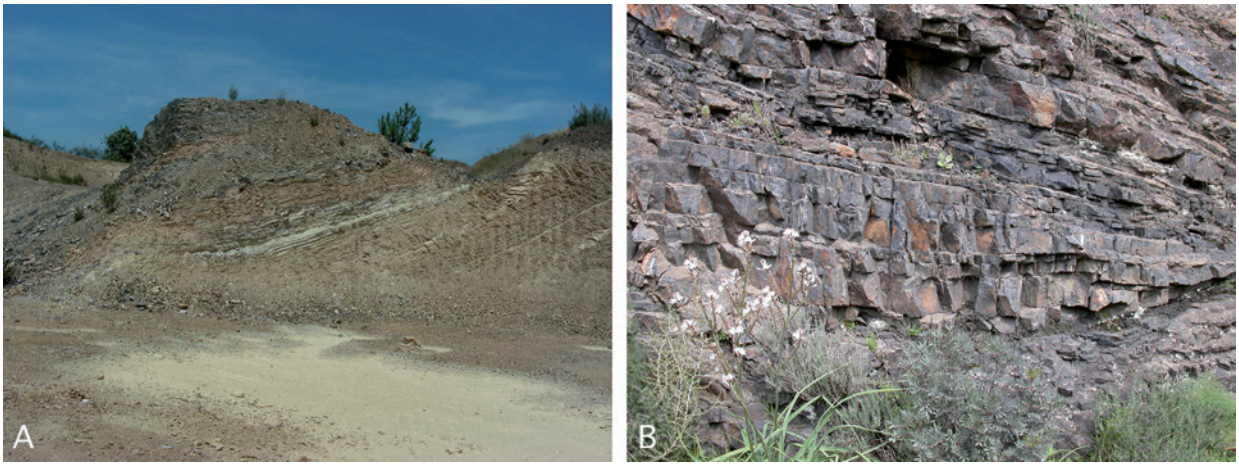


Fig. 2 : Successions siliceuses contenant des minéralisations de variscite dans la zone de San Vicente de la Cabeza (A : région de Zamora) et de Minederri (B : Sardaigne).

1.2 Géochimie des roches encaissantes

Les cherts de la région de Zamora contenant des minéralisations de variscite sont généralement très riches en silice avec plus de 90 % de SiO_2 à l'exception des P-, Fe- et Ba-cherts [tabl. I]. Les teneurs en P_2O_5 sont faibles et inférieures à 0,5%, sauf dans quelques échantillons où elles sont comprises entre 0,8 et 2,8%. Dans les cherts minéralisés, P_2O_5 varie entre 8 et 30%. Les concentrations en Al_2O_3 et TiO_2 sont généralement inférieures à 1% et 0,06% respectivement, mais avec des gammes relativement étendues (Al_2O_3 : 0,5 - 3,5% ; TiO_2 : 0,01 - 0,16%). Les concentrations en Terres Rares sont faibles [tabl. II] sauf dans les P- et Fe-cherts. On observe une anomalie en cérium ($0,39<Ce/Ce^*<0,96$) même dans les cherts minéralisés. L'anomalie en europium (Eu/Eu*) varie entre 0,85 et 1,51 (Fernández *et al.*, 2007). À l'exception de deux échantillons, les cherts noirs et gris non minéralisés ont des rapports Al/(Al+Fe+Mn) compris entre 0,24 à 0,64 (*idem*), intermédiaires entre les rapports des cherts d´origine hydrothermale

et les rapports des cherts d´origine biogénique (0,01 et 0,6 respectivement ; Yamamoto, 1983 ; Adachi *et al.*, 1986). Une influence hydrothermale est également suggérée par les faibles teneurs en TiO_2 (< 0,06%), en cobalt (Co), nickel (Ni) et cuivre (Cu) dont la concentration totale est comprise entre 11 et 93 ppm, et par les spectres de Terres Rares, et notamment les anomalies en Eu et surtout en Ce (cf. Bonatti *et al.*, 1972 ; Sugisaki, 1984 ; Yamamoto, 1983 ; Adachi *et al.*, 1986 ; Murray *et al.*, 1992 ; Murray, 1994 ; Chen *et al.*, 2006). Enfin, l'anomalie négative en Ce, les rapports LaN/YbN (0,1- 0,9) et surtout LaN/CeN (0,7-2,23) des cherts non minéralisés suggèrent une genèse dans des environnements proches de la marge continentale mais pouvant aller jusqu'au domaine marin profond (cf. Shimizu, Masuda, 1977 ; Murray *et al.*, 1991 ; Murray, 1994 ; Fernández *et al.*, 2007). Les valeurs atteintes dans les cherts enrichis en P sont cohérentes avec un environnement marin profond.

Dans le Massif armoricain, des analyses chimiques ont été réalisées sur des phtanites contemporains de ceux qui contiennent les minéralisations en variscite. Les résultats montrent également une grande richesse en silice avec des teneurs en SiO_2 élevées, supérieures à 86%. Les teneurs relativement faibles en Zr (inférieures à 100 ppm sauf pour 2 échantillons) pour des rapports SiO_2/ Al_2O_3 supérieurs à 10 traduisent, pour la silice, une origine essentiellement biogénique (cf. Dabard, Loi, 2012). Ceci est cohérent avec l'observation de radiolaires dans certaines localités (Tétard *et al.*, 2014). Une influence terrigène, exprimée par les concentrations en Al_2O_3, Zr et K_2O plus élevées et par un rapport Al/(Al+Fe+Mn) supérieur à 0,7 est cependant visible dans quelques échantillons.

2. Les minéralisations de variscite

2.1 Morphologie et texture

Dans la plupart des affleurements de variscite du sud-ouest de l´Europe, deux types de minéralisation sont visibles, l'une stratiforme et l'autre filonienne (fig. 3, 4 et 5). Une description détaillée de ces deux types est fournie par Moro *et al.* (1995a et b) pour les variscites de la province de Zamora. La variscite stratiforme a une structure laminaire, nodulaire ou massive (fig. 3A et B, 4A et B). La variscite à structure laminaire est présente dans des couches d'environ 5 mm d'épaisseur, avec une texture massive, laminaire ou fibreuse (fig. 3C et D). Pour la variscite à structure nodulaire, l'épaisseur des couches atteint deux ou trois centimètres. Ces couches sont formées par des masses de nodules ou par des nodules dispersés dans une matrice siliceuse. Ces nodules, dont le diamètre est inférieur à 3 mm, ont une texture multi laminée, concentrique et parfois fibro-radiée (fig. 4C et D). Enfin, la variscite à structure massive peut être formée par des niveaux lenticulaires de variscite de plusieurs centimètres d'épaisseur et présente une texture nodulaire. La variscite filonienne, qui est généralement massive, peut se trouver en remplissage de petites fractures anastomosées dans les roches siliceuses ou associée à des filons de quartz (Moro *et al.*, 1995a et b) (fig. 5A et B).

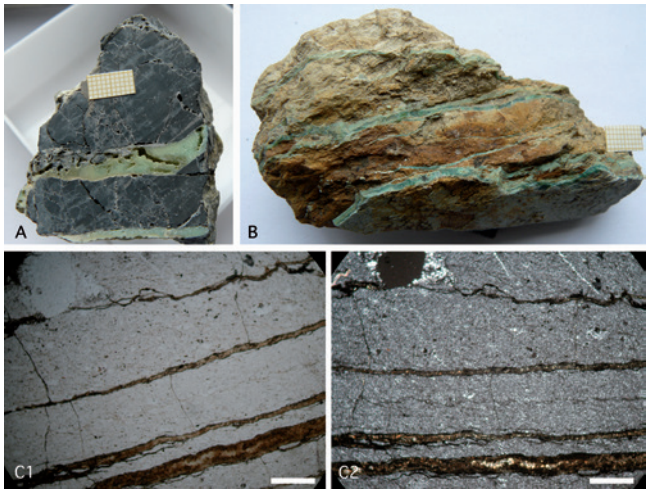


Fig. 3 : Variscite stratiforme à texture massive associée à des cherts noirs (A) et gris (B) (région de Zamora). Vues en lames minces de la texture laminaire (C1 : lumière polarisée non analysée ; C2 : lumière polarisée analysée), barres = 900 micromètres.

Des minéralisations stratiformes et filoniennes (Moro *et al.*, 1992b) sont également présentes à Huelva. Dans le faciès stratiforme, les couches,

d'épaisseur 1 à 2 cm, sont constituées par un agglomérat de nodules de variscite de 1 à 2 mm de diamètre, cimentés par de la silice, avec une texture microcristalline, parfois multi laminée et concentrique. Le deuxième faciès constitue des petits filons anastomosés de presque 2 cm d'épaisseur associés à des brèches de faille. La texture est massive, micro- à crypto-cristalline, parfois botryoïde ou sphéritique fibro-radiée.
Au nord-est de la péninsule Ibérique, dans la province de Barcelone, il existe également les deux formes de minéralisation. La minéralisation stratiforme est contenue dans des cherts, des ardoises et des métavolcanites acides, et présente une microstructure laminée ou nodulaire. L'autre forme constitue des petits filons de quelques millimètres d'épaisseur (Fernández-Turiel *et al*., 1990 ; Costa *et al.*, 1993 ; Camprubi *et al.*, 2003).

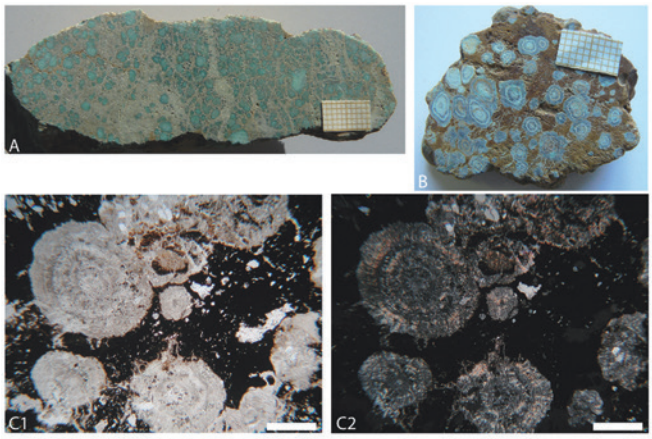


Fig. 4 : Variscite stratiforme à texture nodulaire (A) et à laminations concentriques (B). Vues en lames minces de la texture à laminations concentriques (C1 : lumière polarisée non analysée ; C2 : lumière polarisée analysée), barres = 900 micromètres.

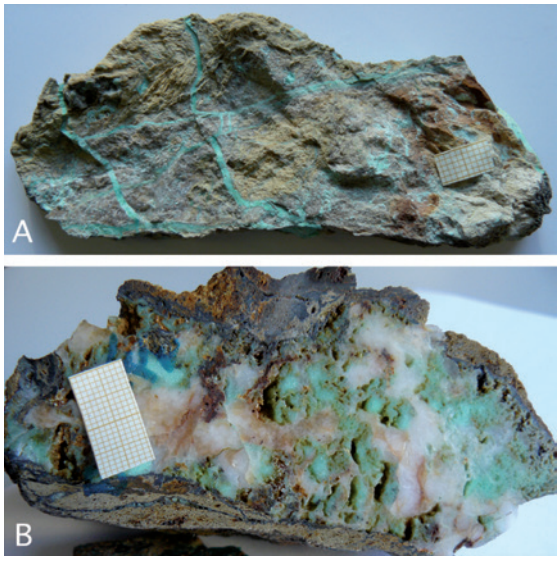


Fig. 5 : Variscite filonienne à texture massive en remplissage de fractures anastomosées (A) et associée à un filon de quartz (B) (région de Zamora).

Plus rarement la variscite filonienne est seule présente. C'est notamment le cas dans la région de Trás-Os-Montes (Meireles *et al.*, 1987) où, soit elle est associée à des filons de quartz, soit forme de minces encroûtements avec une texture massive ou botryoïde en remplissage de fractures dans les cherts noirs. Dans la province de Pontevedra, la minéralisation phosphatée est également filonienne et elle apparaît remplissant des fractures tardi-hercyniennes de 0,5 à 1 cm d'épaisseur. La variscite présente une texture granuleuse et sphérolitique (Moro *et al*., 1995c).
Dans le Massif armoricain, les minéralisations de la région d´Ancenis sont filoniennes et forment des encroûtements cryptocristallins peu épais (1 mm) ainsi que des masses constituées par l´amalgame de pisolites de variscite. D'autres phosphates sont également présents constituant des rosettes fibro-radiées. Les rosettes de wavellite, d'environ 1 cm de diamètre, encroûtent les petits cristaux de quartz dans des géodes ou tapissent des diaclases dans les phtanites. Les rosaces de minyulite peuvent atteindre 15 cm de diamètre (Forestier *et al*., 1973).
Dans la région du Sarrabus (Sardaigne), la variscite forme des sphérolites qui remplissent des veines d'épaisseur millimétrique à centimétrique qui dessinent des réseaux anastomosés dans des réseaux de fractures décimétriques (Gimeno, 1988 ; Marini *et al.*, 1989). Associée notamment à la colophanite et au quartz, elle cristallise dans des microgéodes.

2.2 Minéralogie et composition chimique de la variscite

L'étude a été effectuée par microscope optique, diffraction des rayons X et analyse thermique différentielle (ATD) et thermogravimétrique. Pour les échantillons provenant des provinces de Zamora et Huelva des

	A Cherts noirs et gris (n=26)				A Ba-cherts (n=2)				A Cherts avec anomalie en P (n=6)				A Fe-cherts (n=3)				A P- cherts (n=4)			
	M	Ecart type	Max	Min	M	Ecart type	Max	Min	M	Ecart type	Max	Min	M	Ecart type	Max	Min	M	Ecart type	Max	Min
SiO_2	95,62	2,47	99,62	90,91	95,27	4,48	98,43	92,10	93,25	1,81	95,46	91,06	48,44	4,08	51,02	43,73	49,87	16,49	65,34	29,42
Al_2O_3	0,89	0,64	3,43	0,17	1,69	1,46	2,72	0,66	0,98	0,40	1,55	0,50	7,73	1,50	9,46	6,83	15,50	4,77	22,42	11,72
Fe_2O_3	0,70	0,39	2,05	0,26	1,22	0,91	1,86	0,58	1,14	1,00	2,87	0,38	32,44	3,74	36,76	30,11	2,34	1,90	5,08	1,00
MnO	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
MgO	0,07	0,04	0,17	0,02	0,12	_	0,12	0,12	0,04	0,03	0,07	0,02	0,38	0,06	0,45	0,33	0,03	0,02	0,05	0,02
CaO	0,09	0,10	0,36	0,01	_	_	0,00	0,00	0,82	1,48	3,46	0,02	0,11	0,08	0,16	0,02	1,01	1,78	3,68	0,08
Na_2O	0,18	0,19	0,42	0,01	0,02	_	0,02	0,02	0,15	0,19	0,37	0,02	0,07	0,01	0,08	0,06	0,08	0,08	0,14	0,02
K_2O	0,21	0,11	0,55	0,08	0,41	0,47	0,74	0,08	0,06	0,06	0,17	0,02	1,88	0,51	2,46	1,54	0,20	0,30	0,64	0,01
TiO_2	0,03	0,03	0,16	0,01	0,07	0,06	0,11	0,03	0,06	0,09	0,25	0,01	0,46	0,22	0,71	0,32	0,10	0,02	0,12	0,08
P_2O_5	0,19	0,16	0,55	0,01	0,12	0,11	0,20	0,04	1,42	0,69	2,75	0,88	0,98	0,45	1,48	0,59	18,39	9,73	29,96	8,13
PF	1,17	1,20	4,79	0,12	0,78	0,19	0,91	0,64	1,01	0,32	1,56	0,57	6,48	0,91	7,28	5,49	11,97	3,59	16,47	7,93
SiO_2/Al_2O_3	149,12	101,14	577,71	26,71	91,50	81,51	149,14	33,86	110,92	48,85	182,40	60,04	6,39	1,06	7,47	5,34	3,63	1,88	5,58	1,31
Al/ (Al+Fe+Mn)	0,48	0,16	0,86	0,09	0,49	0,04	0,53	0,46	0,46	0,20	0,71	0,20	0,15	0,03	0,19	0,12	0,84	0,11	0,94	0,69
Ba	124	98	444	44	1453	716	1959	947	151	104	320	27	1632	679	2416	1235	343	321	816	115
Zr	8	4	15	2	23	23	39	7	21	18	51	6	178	139	338	94	27	7	36	21
V	291	244	1218	70	72	84	131	12	220	135	397	76	1002	643	1486	272	825	634	1770	433
Cr	192	72	340	99	210	99	280	140	203	32	230	170	142	83	190	46	520	435	1100	130
Ni	17	14	52	4	10	1	10	9	14	9	28	6	398	95	491	301	12	6	21	8
Co	2	1	5	1	2	1	2	1	2	2	5	1	10	3	12	7	1	1	2	1
Cu	42	66	261	5	14	6	18	10	57	95	249	6	104	38	130	61	184	254	564	42
Ni+Co+Cu	60	68	272	11	25	7	30	20	73	104	282	15	512	72	563	430	198	253	577	51

	B Cherts noirs et gris (n=16)				B Ba-cherts	B Cherts avec anomalie en P (n=2)				C Phtanites (n=21)			
	M	Ecart type	Max	Min	VMSB-11	M	Ecart type	Max	Min	M	Ecart type	Max	Min
SiO_2	98,12	1,55	99,84	94,21	87,59	96,62	1,55	97,71	95,52	95,34	4,62	99,53	83,07
Al_2O_3	0,53	0,23	1,15	0,33	3,78	0,74	0,12	0,82	0,65	1,89	2,49	7,87	0,06
Fe_2O_3	0,56	0,19	0,88	0,29	1,31	0,90	0,45	1,22	0,58	0,64	1,07	4,11	0,00
MnO	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
MgO	0,03	0,02	0,09	0,01	0,04			0,00	0,00	0,19	0,18	0,53	0,03
CaO	0,16	0,32	0,80	0,01	0,48	0,04	0,04	0,06	0,01	0,03	0,01	0,04	0,02
Na_2O	0,07	0,06	0,11	0,03	<0,01	_	_	0,00	0,00	0,04	0,02	0,06	0,01
K_2O	0,14	0,07	0,31	0,07	0,24	0,06	0,04	0,08	0,03	0,47	0,59	1,97	0,03
TiO_2	0,02	0,01	0,04	0,01	0,12	0,01	0,01	0,02	0,01	0,16	0,18	0,60	0,01
P_2O_5	0,13	0,16	0,61	0,02	0,54	1,18	0,40	1,46	0,90	0,10	0,23	0,81	0,01
PF	0,73	0,87	3,71	0,18	1,09	1,03	0,54	1,41	0,64	1,19	0,73	2,69	0,27
SiO_2/Al_2O_3	207,12	59,91	301,27	81,92	23,17	133,41	23,93	150,32	116,49	215,77	347,91	1658,83	10,60
Al/ (Al+Fe+Mn)	0,42	0,10	0,60	0,24	0,68	0,40	0,09	0,46	0,34	0,69	0,15	0,98	0,33
Ba	76	45	180	25	40200	79	32	101	56	163	157	550	17
Zr	7	4	17	2	26	6	7	11	1	66	108	408	9
V	235	158	741	34	13	92	93	157	26	149	140	517	28
Cr	267	84	400	110	170	240	127	330	150	32	16	55	12
Ni	11	6	27	5	20	7	4	9	4	29	15	62	6
Co	2	1	5	1	3	1	0	1	1	40	37	140	1
Cu	15	10	40	6	50	11	1	11	10	16,42*	7	29	6
Ni+Co+Cu	27	14	60	12	73	18	5	21	15	36,5*	13	46	27

Tabl. I : Compositions chimiques des cherts encaissant les minéralisations à variscite (A: Formation Manzanal del Barco, Zamora, Espagne; B: Formation Rábano, Zamora, Espagne ; C: Pannecé, France) ; n: nombre d'échantillons ; * n=7.

	A Cherts noirs et gris					A Ba-cherts					A Cherts avec anomalie dans P					A Fe-cherts					A P- cherts				
	n	M	Ecart type	Max	Min	n	M	Ecart type	Max	Min		M	Ecart type	Max	Min		M	Ecart type	Max	Min		M	Ecart type	Max	Min
La	26	5,83	6,88	30,60	1,1	2	5,73	3,86	8,46	3,0	6	28,98	32,25	93,3	7,7	3	40,93	9,75	51,7	32,7	4	36,53	13,51	45,2	16,7
Ce	25	9,43	11,34	51,00	2,1	2	10,5	10,61	18,0	3,0	6	29,39	21,61	69,20	8,46	3	65,67	30,75	101,0	45,0	4	54,75	19,21	71,0	28,0
Pr	13	1,37	1,72	6,25	0,2	1	1,72				3	6,74	8,26	16,27	1,59	n.d.					1	13,1			
Nd	16	9,17	12,17	45,00	0,9	2	5,59	0,83	6,17	5,0	6	24,83	20,48	63,60	7,10	3	39,33	12,22	50,0	26,0	4	59,08	26,28	81,3	24,0
Sm	24	1,55	2,23	9,20	0,2	2	1,02	0,45	1,34	0,7	6	4,68	3,52	10,95	1,35	3	7,37	1,80	9,20	5,60	4	13,1	11,51	29,3	2,40
Eu	24	0,43	0,61	2,50	0,06	2	0,24	0,06	0,29	0,2	6	1,27	0,77	2,26	0,29	3	1,80	0,35	2,20	1,60	4	3,78	4,95	11,1	0,20
Tb	8	0,44	0,60	1,80	0,09	1	0,21				4	1,09	0,46	1,50	0,6	3	1,20	0,46	1,60	0,70	3	4,57	5,44	10,8	0,80
Gd	13	1,70	2,68	10,08	0,16	1	1,20				3	5,23	3,64	7,72	1,06	n.a.					1	59,9			
Dy	13	1,86	2,98	11,26	0,15	1	1,27				3	5,48	4,86	10,5	0,79	n.a.					1	58,6			
Ho	13	0,40	0,65	2,44	0,02	1	0,26				3	1,14	1,18	2,44	0,12	n.a.					1	9,71			
Er	13	1,15	1,68	6,34	0,07	1	0,78				3	3,50	3,96	7,96	0,38	n.a.					1	22,7			
Yb	26	1,05	1,17	5,00	0,06	2	0,59	0,26	0,77	0,4	6	3,10	2,63	7,96	0,47	3	5,37	1,03	6,50	4,50	4	6,33	6,36	14,3	1,10
Lu	24	0,16	0,16	0,64	0,01	2	0,08	0,05	0,12	0,05	6	0,46	0,39	1,19	0,08	3	0,81	0,18	1,00	0,65	4	0,91	0,90	2,08	0,18
Ce/Ce*	16	0,77	0,12	0,99	0,56	2	1,09	0,10	1,16	1,02	6	0,61	0,13	0,84	0,43	3	0,77	0,17	0,97	0,63	4	0,64	0,08	0,72	0,57
Eu/Eu*	13	1,05	0,13	1,44	0,91	1	1,06				3	1,23	0,14	1,39	1,14	n.a.	_	_	0,00	0,00	1	1,24			
Lan/Ybn	26	0,49	0,28	1,70	0,21	2	0,73	0,19	0,86	0,59	6	1,21	1,33	3,76	0,10	3	0,61	0,17	0,80	0,46	4	1,22	1,38	3,23	0,22
Lan/Cen	25	1,29	0,23	1,80	0,93	2	1,44	0,74	1,96	0,92	6	1,71	0,51	2,64	1,14	3	1,30	0,26	1,48	1,00	4	1,30	0,11	1,42	1,17

	B Cherts noirs et gris					B Ba-cherts		B Cherts avec anomalie en P				
	n	M	Ecart type	Max	Min	n	VMSB-11	n	M	Ecart type	Max	Min
La	16	4,04	4,10	17,90	0,67	1	7,64	2	13,55	12,66	22,50	4,60
Ce	14	8,19	11,76	48,00	1,35	1	20,6	2	26,60	24,89	44,20	9,00
Pr	8	0,75	0,47	1,46	0,19	1	1,93	1	7,16			
Nd	9	5,46	7,19	24,00	0,92	1	9,91	2	23,25	25,81	41,50	5,00
Sm	16	1,07	1,12	4,90	0,19	1	3,15	2	8,00	8,49	14,00	2,00
Eu	15	0,32	0,33	1,40	0,05	1	< 0.005	2	2,55	2,76	4,50	0,60
Tb	9	0,24	0,18	0,60	0,03	1	0,49	2	2,96	3,33	5,31	0,60
Gd	8	1,07	0,68	2,27	0,21	1	3,4	1	27,00			
Dy	8	1,29	0,82	2,54	0,19	1	2,5	1	36,80			
Ho	8	0,30	0,21	0,62	0,04	1	0,41	1	8,38			
Er	8	1,02	0,79	2,52	0,15	1	0,98	1	25,10			
Yb	16	0,93	0,79	3,52	0,24	1	0,69	2	12,50	13,29	21,90	3,10
Lu	15	0,16	0,14	0,63	0,04	1	0,092	2	1,87	1,97	3,26	0,47
Ce/Ce*	8	0,78	0,14	0,93	0,50	1	1,317	2	0,89	0,06	0,93	0,85
Eu/Eu*	8	1,19	0,12	1,36	1,00	1	0,000	1	1,09			
Lan/Ybn	16	0,45	0,64	2,81	0,12	1	0,870	2	0,10	0,03	0,12	0,08
Lan/Cen	14	1,24	0,42	2,50	0,73	1	0,728	2	1,00	0,00	1,00	1,00

Tabl. II : Compositions en Terres Rares des cherts encaissant les minéralisations à variscite (A : Formation de Manzanal del Barco, Zamora, Espagne ; B : Formation de Rábano) ; n : nombre d'échantillons.

analyses chimiques en éléments majeurs et des analyses complémentaires en microscopie électronique à balayage (MEB) et microsonde électronique ont été réalisées.
Dans ces provinces, les formes stratiformes et filoniennes correspondent à un mélange de deux types de variscite, les types « Messbach » et « Lucin » (Moro *et al.*, 1995b). D´autres minéraux phosphatés sont signalés, certains appartenant à la série variscite-strengite, crandallite et turquoise (Zamora) et d'autres à la série variscite-strengite (Huelva) (fig. 6) (Moro *et al.*, 1992b, 1995a et b). De la turquoise est également présente dans la province de Pontevedra et dans la région de Tras-os-Montes au Portugal (Meireles *et al.*, 1987 ; Moro *et al.,* 1995c). À Gavá (province de Barcelone), les autres espèces minérales associées sont la montgomeryite, la phosphosidérite, la strengite, la tintice, la beraunite, la wardite, la crandallite, la turquoise et l'apatite (Fernández-Turiel *et al.*, 1990 ; Camprubi *et al.*, 2003).

Dans la région d'Ancenis (France), les minéralisations contiennent également de la wavelite et de la minyulite (Forestier *et al.*, 1973). Dans la région du Sarrabus, la variscite, qui est le minéral prédominant (Gimeno, 1988), pourrait correspondre au type « Messbach » selon Marini *et al.* (1989). Les autres phosphates sont l'apatite et la colophanite.
Les analyses faites par Querré *et al.* (2008) par analyses PIXE (fig. 7) montrent que la composition chimique des minéralisations est généralement très homogène dans un même affleurement, mais qu'elle

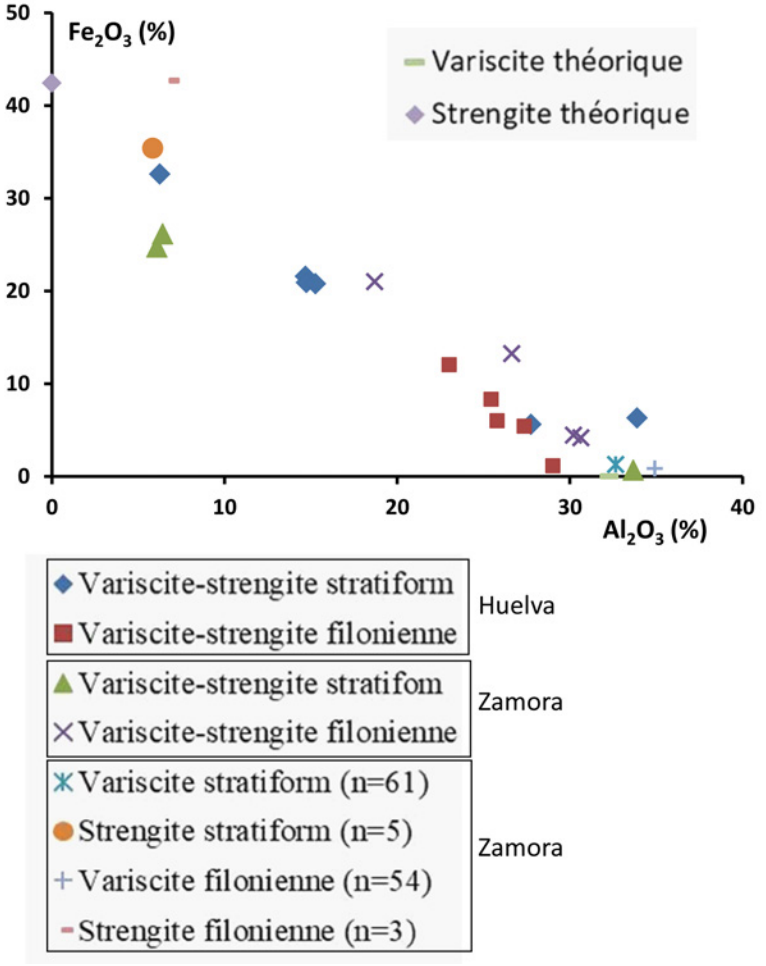


Fig. 6 : Répartition des minéraux de variscite et strengite des régions de Zamora et Huelva dans un diagramme Fe_2O_3 (%) en fonction d'Al_2O_3 (%) (analyse par microsonde électronique : Moro *et al.*, 1992b et 1995b).

peut varier d'un affleurement à un autre, particulièrement en ce qui concerne les teneurs en Fe, V, Cr. Les minéraux de variscite des provinces de Zamora et Huelva ont des concentrations en V et Cr assez élevées (fig. 7) comparativement avec celles de la région de Barcelone, moins riches en Cr et en V (environ 500 ppm). Elles se distinguent également des minéraux de variscite de la région d´Ancenis qui ont des teneurs en V élevées, supérieures à 2500 ppm. Le V significativement présent dans les minéralisations peut provenir des sédiments encaissants qui contiennent de la matière organique qui fixe certains métaux.

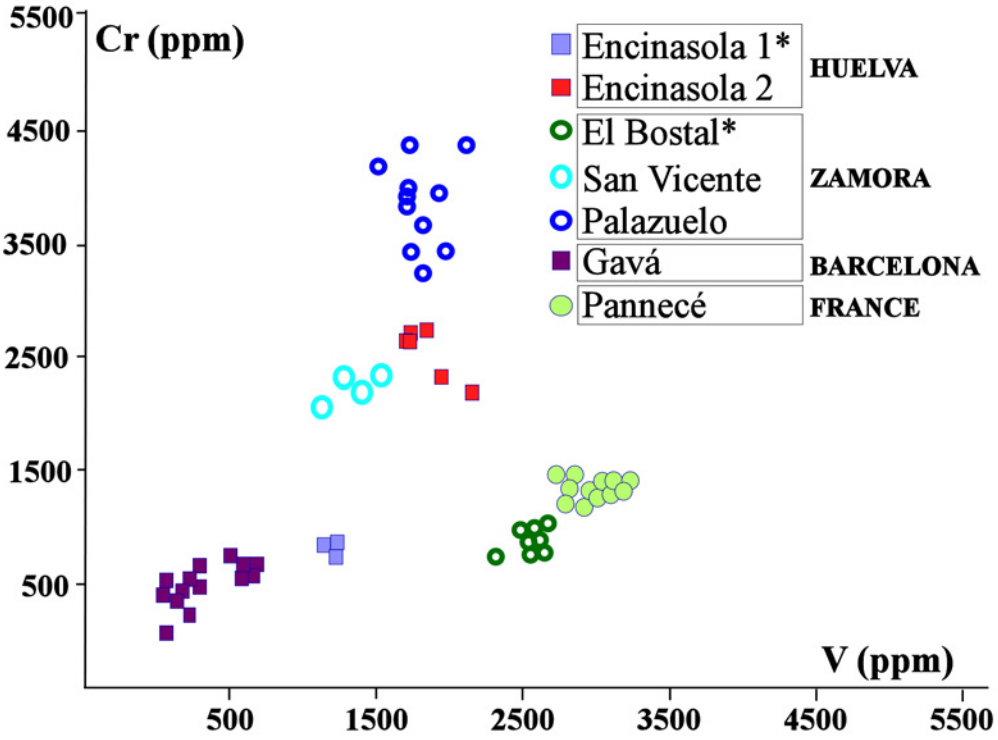


Fig. 7 : Teneur en Cr (ppm) et V (ppm) des minéralisations phosphatées de la péninsule Ibérique et de la région d´Ancenis (analyse par PIXE : Querré *et al*., 2008).

2.3 Considérations génétiques

Différentes interprétations ont été proposées pour expliquer l'origine de la variscite. Elles s´appuient sur les caractéristiques morphologiques et texturales des minéraux et sur les compositions géochimiques. Les travaux les plus importants sont ceux réalisés par Moro *et al.* (1991, 1992a, 1995a, 1995b) sur les minéralisations de la province de Zamora. Pour ces auteurs, la variscite stratiforme se forme à l´interphase eau-sédiment ou au cours de la diagenèse précoce. En revanche, la variscite filonienne est secondaire et provient de la remobilisation de la variscite stratiforme soit pendant la diagenèse tardive soit par des circulations de fluides hydrothermaux, éventuellement au cours de l'orogenèse varisque. L'influence de fluides exhalatifs et/ou hydrothermaux qui apportent le P est argumentée par deux observations principales :

(1) la richesse en P des roches siliceuses et des roches volcaniques interstratifiées auxquelles elles sont associées, ainsi que les faibles teneurs relatifs en TiO_2, Co, Ni et Cu et la distribution des Terres Rares des cherts (Fernández *et al*., 2007) ;

(2) la coexistence des minéralisations de variscite avec d´autres minéralisations, Ba, Fe, Mn, et avec des sulfures massifs décrits notamment dans la zone de Zamora par Moro *et al.* (1996) et qui ont été interprétés comme ayant une telle origine.

Pour les minéralisations de la région de Zamora, Moro *et al.* (1991, 1995b) proposent le scénario suivant. À l'interphase eau-sédiment ou durant les premiers stades de la diagenèse précoce, la décomposition partielle de la matière organique enrichit les eaux interstitielles en acides organiques et en phosphore précédemment fixé par les algues marines et entraîne une diminution du pH. Les conditions physico-chimiques deviennent alors stables vis-à-vis des minéraux de la série variscite-strengite (Stumm, Morgan, 1981). D'autres processus ont pu également induire la baisse du pH parfois jusqu'à 0,1, la circulation de fluides exhalatifs et/ou hydrothermaux (Vallette, 1977) ou l´oxydation des sulfures disséminés dans le sédiment. En conditions de pH acide, la lixiviation des sédiments par des fluides libère $Al^{3}+$ et $Fe^{3}+$. La variscite peut alors précipiter selon la réaction suivante, vérifiée expérimentalement (80ºC, 1 atm, pH=2,5) par Gómez-Morales et Rodríguez-Clemente (1990) :

$H_3PO_4 \leftrightarrow H_2PO_4- + H^+$

$H_2PO_4- + Al^3+ + 2H_2O \leftrightarrow AlPO_4 2H_2O$ (variscite) $+ 2H^+$

Les enrichissements en V et Cr de certains minéraux de variscite s'expliquent par l'oxydation de la matière organique des sédiments qui libére le V, celui-ci étant ensuite incorporé dans les phosphates (Moro *et al*., 1995b). Des processus semblables sont proposés pour les minéralisations des régions de Huelva (Moro *et al*., 1992b) et de Pontevedra (Moro *et al.*, 1995c).

Dans d'autres régions, l'hypothèse de la contribution directe ou indirecte d'émissions volcaniques est avancée. Ainsi selon Mata *et al.* (1983), le volcanisme jouerait un double rôle dans la genèse des minéralisations de variscite de Gavá (Barcelone), d'une part comme fournisseur direct du P, et d'autre part en contribuant à l'altération des ardoises et à la mobilisation de l'Al utilisée ensuite pour former la variscite. Plus récemment, Camprubi *et al.* (2003) suggèrent l'existence de dépôts primaires riches en apatite d'origine exhalative. Puis, des circulations de fluides d'origine hydrothermale ou météorique, contenant de l'aluminium et du fer provenant du lessivage des sédiments encaissants, auraient progressivement entraîné le remplacement des couches enrichies en apatite par des phosphates d'Al et de Fe. Des remobilisations secondaires par des fluides hydrothermaux ou météoriques seraient à l'origine des minéralisations filoniennes. En Sardaigne, la présence d'une activité hydrothermale contemporaine des minéralisations suggère que les phosphates ont une origine sédimentaire exhalative et sont le produit d´un seul épisode métallogénique synsédimentaire de type Sedex (Gimeno, 1988 ; Marini *et al.*, 1989).

Pour d'autres auteurs, le P provient directement des sédiments encaissants. Ainsi selon Meireles *et al*. (1987), les phosphates (variscite et turquoise) présents dans la région de Tras-os-Montes (Portugal) ont une origine épigénique. Le P serait issu de la lixiviation des ardoises noires, des calc-schistes et des nodules phosphatés contenus dans les cherts, ces concrétions ayant agi comme un piège pour les solutions phosphatées. Pour les minéralisations de la région d´Ancenis (France), Forestier *et al.* (1973) considèrent que l´origine des phosphates est liée à l´abondance de matière organique et de pyrite dans les roches siliceuses encaissantes, les conditions acides induites par ce dernier minéral favorisant leur conservation.

Conclusion

Dans le sud-ouest de l'Europe, les minéralisations de variscite sont peu abondantes et se distribuent surtout dans la péninsule Ibérique (Espagne et Portugal) où elles ont été exploitées pendant le Néolithique. Les autres gisements connus se situent dans le Massif armoricain (France) et en Sardaigne (Italie). Les minéralisations de variscite sont contenues dans des séries sédimentaires d'âge Paléozoïque inférieur, essentiellement Silurien, constituées de sédiments fins siliceux et/ou argileux riches en matière organique. Deux types de gisements coexistent, l'un stratiforme, et l'autre filonien. L'origine de la variscite stratiforme est encore discutée. L'hypothèse la plus fréquemment avancée est qu'elle s'est formée à l´interphase eau-sédiment ou au cours de la diagenèse précoce à partir du P amené dans le bassin sédimentaire par des fluides exhalatifs-hydrothermaux puis fixé par les algues marines et ensuite libéré pendant leur décomposition. L'Al et le Fe sont lessivés des sédiments, dans des conditions de pH acide dues à la décomposition de la matière organique, aux fluides exhalatifs et/ou hydrothermaux et/ou

à l´oxydation des sulfures disséminés dans le sédiment. D'autres hypothèses considèrent que la variscite stratiforme est le résultat du remplacement d'un dépôt d´apatite primaire par circulations de fluides hydrothermaux ou météoriques, contenant Al et Fe provenant du lessivage des sédiments encaissants.

Bibliographie

Adachi, M., Yamamoto, K. and Sugisaki, R. 1986. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the northern Pacific, their geological significance as indication of ocean ridge activity. *Sedimentary Geology* 47 : 125-148.

Árias Ferrero, F. y Jiménez Martínez, R. 2012. *La perla del Bierzo : variscitas del Parque Cultural de «Las Médulas»* : [URL : http://www.santoestevo.com/LA%20VARISCITA%20BERCIANA.pdf]

Arribas, A., García, E., Martín Pozas, J.M., Nicolau, J. y Salvador, P. 1971. Estudio mineralógico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). *Studia Geologica Salmanticiense* 11 : 115-132.

Ballèvre, M., Martínez Catalán, J.R., López Carmona, A., Pitra, P., Abati, J., Díez Fernández, R., Ducassou, C., Arenas, R., Bosse, V., Castiñeiras, P., Fernández-Suárez, J., Gómez Barreiro, J., Paquette, J.L., Peucat, J.J., Poujol, M., Ruffet, G. and Sánchez Martínez, S. 2014. *Correlation of the nappe stack in the Ibero-Armorican arc across the Bay of Biscay: a joint French–Spanish project.* London, Geological Society (Special Publications Online First).

Bonatti, E., Kraemer, T. and Rydell, H. 1972. Classification and genesis of submarine iron-manganese deposits. In D. Horn (ed.), *Ferromanganese deposits on the ocean floor* : 149-165. Washington D.C., National Science Foundation.

Camprubi, A., Melgarejo, J.C., Proenza, J.A., Costa, F., Bosch, J., Estrada, A., Borell, F., Yushkin, N.P. and Andreichev, V.L. 2003. Mining and geological knowledge during the Neolitic: a geological study on the variscite mines at Gavà. *Catalonia. Episodes* 26(4) : 295-301.

Cembranos, M.L., Fernández, A. y Moro, M.C. 2008. Elementos de tierras raras como indicadores de origen de los cherts Silúrico-Devónicos de Zamora (España). *Macla Revista de la Sociedad Española de Mineralogía* 9 : 95-96.

Chen, D., Qing, H., Yan, X. and Li, H. 2006. Hydrothermal venting and basin evolution (Devonian, South China): constraints from rare earth element geochemistry of chert. *Sedimentary Geology* 183 : 203-216.

Costa, F., Camprubi, A., Salvany, M.C., Sáez, G., Arcas, A. and Melgarejo, J.C. 1993. The phosphate mineralizations from Gàva, Catalonia, Spain. In F. Gervilla, P. Fenoll and J. Torres (eds), *Current Research in Geology Applied to Ore Deposits* : 715-718. Grenade, Université de Grenade (tome 1).

Dabard, M.P. and Loi, A. 2012. Environmental control on concretion-forming processes: Examples from Paleozoic terrigenous sediments of the North Gondwana margin, Armorican Massif (Middle Ordovician and Middle Devonian) and S-W Sardinia (Late Ordovician). *Sedimentary Geology* 267-268 : 93-103.

Fernández Turiel, J.L., Gimeno, D., Plana, F., Blanco, A., Edo, M. y Villalba Gordo, J. 1990. Estudio de las mineralizaciones fosfáticas del complejo minero neolítico de Can Tintorer (Gava, Barcelona) y comparación con las cuentas procedentes de ajuares arqueológicos. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 13(1) : 86-87.

Fernández, A., Moro, M.C. y Cembranos, M.L. 2007. Geoquímica de los cherts silúrico-devónicos de Zamora (España): origen y ambiente de depósito. In E. Preto Gomes y A.M. Alencoao (coords), *Livro de Resumos del VI Congreso Ibérico de Geoquímica* : 158-161. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Forestier, F.H., Lasnier, B. et L´Helgouach, J. 1973. Découverte de minyulite en échantillons spectaculaires, de wavellite et de variscite dans des phtanites siluriens près de Pannecé (Loire-Atlantique). *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie* 96 : 67-71.

Gimeno, D. 1988. Contribución al conocimiento mineralógico y textural de rocas silíceo-fosfatadas paleozoicas. El ejemplo de Sarrabus (Sudeste de la isla de Cerdeña, Italia). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 11(1) : 191-201.

Gómez Morales, J. y Rodríguez Clemente, R. 1990. Síntesis de fosfatos de aluminio en soluciones acuosas diluídas. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 13 : 1-10.

González Clavijo, E. J. 1998. *La geología del Sinforme de Alcañices, oeste de Zamora.* Thèse de doctorat, Universidad de Salamanca.

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Marini, C., Gimeno, D. et Sistu, D. 1989. Le mineralizzazioni a variscite del Sarrabus. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 108 : 357-367.

Martínez Catalán, J.R., Arenas, R., Abati, J. and Lopez-Carmona, A. 2009. A rootless suture and the loss of the roots of a mountain chain: The Variscan Belt of NW Iberia. *Comptes Rendus Geoscience* 341 : 114-126.

Massé, R. 1971. Découverte de minyulite, wavellite et variscite dans les phtanites de Pannecé. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles Ouest de la France* 69 : 12-15.

Mata, J.M., Plana, F. y Traveira, A. 1983. Estudio mineralógico del yacimiento de fosfatos de Gavá. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* : 257-258.

Meireles, C., Ferreira, N. and Lourdes Reis, M. 1987. Variscite occurrences in Silurian Formations from Northen Portugal. *Comunicaçoes dos Serviços Geologicos de Portugal* 73(1/2): 21-27.

Moro, M.C. 1988. Las mineralizaciones de variscita de la provincia de Zamora. *Boletín Informativo de la Diputación de Zamora* 34 : 33-36.

Moro, M.C., Cembranos, M.L. and Pérez del Villar, L., 1991. Genetic significance of variscite oncoids in Paleozoic aluminophosphatites of Zamora (western Spain). In M. Pagel and J.L. Leroy (eds), *Source, Transport and Deposition of Metal* : 569-572. Rotterdam, Balkema.

Moro, M.C., Gil, M., Cembranos, M.L, Pérez del Villar, L., Montero, J.M., Fernández, A. y Hernández, E. 1992a. Aluminofosfatitas silúricas de la Península Ibérica: Síntesis preliminar. In M.C. Moro, M.P. Fenoll y J.M. Pozas (eds), *Actas de las Sesiones Científicas III Congreso Geológico de España* : 212-217. Salamanca, Congreso Geológico de España (tomo 3).

Moro, M.C., Gil, M., Montero, J.M., Cembranos, M.L., Pérez del Villar, L., Fernández, A. y Hernández, E. 1992b. Características de las mineralizaciones de variscita asociadas a los materiales silúricos del Sinforme de Terena, Encinasola (Provincia de Huelva). Comparación con las de la provincia de Zamora. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 15 : 79-89.

Moro, M.C., Cembranos, M.L., Fernández, A. and Pérez del Villar, L. 1995a. Mineralogical and chemical characteristics of the Silurian Al (Fe-Ca) phosphates in the NW Iberian Peninsula. In J. Pasava, B. Kríbek et K. Zák (eds), *Mineral deposits: from their origin to their environmental impacts* : 605-608. Rotterdam, Balkema..

Moro, M.C., Gil, M., Pérez del Villar, L., Cembranos, M.L. y Fernández, A. 1995b. Las mineralizaciones estratiformes de variscita silúricas de los Sinformes de Alcañices (Zamora) y Terena (Huelva). *Boletín Geológico y Minero* 106 : 233-249.

Moro, M.C., Cembranos, M.L. y Fernández, A. 1995c. Estudio mineralógico de las variscitas y turquesas silúricas de Punta Corveiro (Pontevedra, España). *Geogaceta* 18 : 176-179.

Moro, M.C., Cembranos, M.L., Fernández, A. y Pérez del Villar, L. 1996. Mineralizaciones exhalativas-sedimentarias (SEDEX) de Fe, Mn, P y Ba silúricas del NO de España (Provincia de Zamora). In B. Baldis y F.G. Aceñolaza (eds), *El Paleozoico Inferior en el Noroeste de Gondwana* : 293-294. Instituto Superior de Correlación Geológica-CONICET, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucuman.

Moro, M.C., Fernández, A. y Cembranos, M.L. 1998. Mineralogía y geoquímica de los cherts silúrico-devónicos del Sinforme de Alcañices (Zamora, España). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 21(A) : 158-159.

Murray, R.W. 1994. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology* 90 : 213-232.

Murray, R.W., Buchholtz Ten Brink, M.R., Gerlach, D.C., Russ, G.P. and Jones, D.L. 1991. Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: assessing REE sources to fine-grained marine sediments. *Geochimica Cosmochimica Acta* 55 : 1875-1895.

Murray, R.W., Buchholtz Ten Brink, M.R., Gerlach, D.C., Russ, G.P. and Jones, D.L. 1992. Interoceanic variation in the rare earth, major and trace element depositional chemistry of chert: Perspectives gained from the DSDP and ODP record. *Geochimica Cosmochimica Acta* 56 : 1897-1913.

Pelloux, A. 1912. Variscite del Sarrabus (Sardegna). *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* III(5-45) : 470-472.

Querré, G., Herbaut, F. and Calligaro, T. 2008. Transport of Neolithic variscites demonstrated by PIXE analysis. *X-Ray Spectrometry* 37 : 116-120.

Shimizu, H. and Masuda, A. 1977. Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation. *Nature* 266 : 346-348.

Stumm, W. and Morgan, J.S. 1981. *Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural water.* New York, Ed. Jonn Wiley and Sons.

Sugisaki, R. 1984. Relation between chemical composition and sedimentation rate of Pacific ocean-floor sediments deposited since the Middle Cretaceous: basic evidence for chemical constraints on depositional environments of ancient sediments. *Journal of Geology* 92 : 235-259.

Tetard, M., Danelian, T., Ghienne, J.F. and Dabard, M.P. 2014. A Lower Silurian (Aeronian) radiolarian assemblage from phtanites of the Armorican Massif (France). *Comptes Rendus Palévol* 13(6) : 483-488.

Valette, J.M. 1977. *Étude des processus sédimentaires en milieu volcanique marin : le modèle de Vulcano (Italie)*. Thèse de doctorat, Université de Perpignan.

Yamamoto, K. 1983. Geochemical study of Triassic beeded cherts from Kamiaso Gufu Prefecture. *Journal of the Geological Society of Japan* 89 : 143-162.

Gemmology of gem phosphates: a review with particular attention to variscite

Emmanuel Fritsch, Benjamin Rondeau, Yves Lulzac, Blanca Mocquet

Abstract. Phosphates are not the best known gems, probably because of a relatively modest index of refraction (1.55 to 1.62 – they are not very brilliant), and a moderate hardness and toughness. Yet, a fine polycrystalline texture may improve toughness and some ions can impart a vivid color. Thus, the relatively widespread massive copper phosphate turquoise has been a major gem since antiquity at least. Much lesser known to the general public is variscite, yet its presence in jewelry of the megalithic period makes it one of the oldest gem materials of humanity. With much less occurrences than turquoise, it is also massive, and may have a saturated green color due to the Cr^{3+} ion. It is rarely mounted in designer jewelry. Beside turquoise, high jewelry admits only one other phosphate, apatite, as colored faceted single crystals, and that is fairly recent. It is again a vivid color, a "royal blue". Other massive phosphates are rarities such as odontolite or phosphosiderite. Many colored phosphate single crystals grow mostly in a pegmatite environment, but are uncommon in gem quality, and belong to “collector stones”.
Keywords: gems, phosphates, variscite, turquoise.

Résumé. Les phosphates ne sont pas les gemmes les plus connues, sans doute parce que leur indice de réfraction est faible (1.55 à 1.62, ils brillent peu) combiné à une dureté et résistance mécanique modestes. Cependant, une texture finement polycristalline améliore leur résistance et leur poli, et ils peuvent avoir une couleur vive. Ainsi la turquoise, phosphate de cuivre massif assez répandu, est une gemme appréciée depuis au moins l’Antiquité. La variscite est bien moins connue du grand public, mais sa présence dans les monuments du mégalithique en fait une des plus vieilles gemmes de l’humanité. Bien moins courante que la turquoise, elle est aussi massive, et peut prendre une belle teinte verte grâce au Cr^{3+}. Elle est peu utilisée en bijouterie, surtout pour des pièces uniques. En plus de la turquoise, seule l’apatite – en monocristaux facettés – apparaît en Haute Joaillerie. Ceci est un phénomène récent, que l’apatite doit à une découverte de pierres d’un bleu profond et saturé. Les autres phosphates massifs sont des raretés comme l’odontolite ou la phosphosidérite. Des cristaux colorés de phosphates se forment surtout dans les pegmatites, mais ils sont rarement gemmes, et restent des « pierres de collection ».
Mots-clés : gemmes, phosphates, variscite, turquoise.

Introduction

Why did phosphates get fashioned into gems? It is certainly not their luster which made them noticed, as their index of refraction is rather mediocre, from 1.55 to 1.62, nothing brilliant compared to ruby and sapphire (1.76-1.77), even less diamond (2.41). Some massive microcrystalline phosphates, such as turquoise and variscite, offer nevertheless a notable tenacity, even if they are not really hard (4 to 6 on a scale of 1 to 10). They are thus easy to work for sculpture and engraving. If in addition they have an attractive color, or at least an unusual one, then they will be much sought after.

Turquoise was one of the earliest translation of the term “Callais”, used by Pliny the Elder in his Natural History. Historically, turquoise is the best known phosphate, and its use in tradition and jewelry can be traced back more than 70 centuries, to ancient Egypt (Branson, 1975). Today less present in occidental Europe, it remains extremely popular in some Muslim countries for its symbolic or religious value, notably in Iran. Turquoise history in adornment has been much discussed elsewhere (Branson, 1975), and it is not our purpose to provide an historical perspective of this very old gem material. We intend to restrict

our comments to gemological identification issues, as well as structural and chemical details on this very varied material.

Variscite is by far less documented than turquoise and remains little known from the public at large. Generally green, sometimes vivid, this hydrated aluminum phosphate may nevertheless give an outstanding polish. This material is essentially found today in the southwestern US (especially Utah) and in Australia, as far as gems are concerned. Since its correct identification as “callais” in place of turquoise, it is known that it has a long history of mining and jewelry in the Neolithic period (elsewhere in this journal issue).

Besides turquoise and variscite, there are a number of massive phosphates, but also less-known species, such as faustite, “coeruleolactite”, odontolite and phosphosiderite.

Apart from these massive phosphates, discriminating collectors got interested, much more recently, in single-crystal, transparent gem phosphates. Indeed often breakable, they are the turf of “collectors on paper” because they usually are too fragile to be set in jewelry. Apatite is definitely the best known of these species, which a “high” index of refraction for a phosphate (1.61-1.66). Only recently has it been set in high jewelry by Dior, Paris (fig. 1). Most other species are pegmatite phosphates, some relatively well-known of mineral collectors (e.g. brazilianite, amblygonite-montebrasite) while others are true “exotics” (e.g. triplite or even väyrynenite).

Table 1 provides a synoptic summary of the chemical formula and gemological properties of all gem phosphates mentioned in this paper. The species listed are those that have been verified to be found fashioned (faceted or cabbed) on the gem and collector markets. This table is based on four gemological references, two as books (Webster, 1994 ; Lulzac, 2013), and two from Internet (mindat.org and gemmo.eu). Furthermore, in the rare case the data was not found satisfactory, it was measured on samples available to the authors.



Fig. 1: Earrings in white gold, blue apatites (center stones), diamonds, rubies, blue sapphires, Paraiba tourmalines and amethyst. This piece marks the entrance of apatite in the realm of High Jewelry. Photo courtesy Dior.

(1) Webster,1994 ; (2) Lulzac, 2016 ; (3) www.mindat.org ; (4) www.gemmo.eu;* measured by the authors

Species Group	Index of refraction	Specific gravity Measured/Theoretical	hardness	Chemical formula (3)	Notes
« Amblygonite » see montebrasite Amblygonite group	1.611-1.637 (1) 1.578-1.612 (2) 1.577-1.613 (3) 1.577-1.613 (4)	3.01-3.03/ 3.05-3.10/ 3.04-3.11/3.11 2.96-3.11/		$LiAl(PO_4)F$	There is no gem of the amblygonite species
Apatite (Fluor-apatite) Apatite group	1.630-1.640 (1) 1.629-1.651 (2)* 1.627-1.650 (3) 1.625-1.657 (4)	3.17-3.23/ ~ 3.20*/ 3.1-3.25/3.18 3.17-3.27/	5 - 5 5	$Ca_5(PO_4)_3F$ simplified	
Augelite	1.574-1.588 (1) 1.572-1.587 (2) 1.574-1.588 (3) 1.568-1.593 (4)	2.70/ 2.50-2.75/ 2.696/2.704 2.60-2.75/	5 - 4.5-5 4.5-5	$Al_2(PO_4)(OH)_3$	
Berlinite	1.524-1.532 (3) 1.518-1.532 (4)	2.64-2.66/2.618 2.60-2.66/	6.5 6.5	$Al\ PO_4$	
Berlinite (synthetic)	1.518-1.530 (2)* 1.524-1.532 (3) 1.518-1.532 (4)	2.61-2.64*/ 2.56/ 2.60-2.66/	- 6.5 6.5	$Al\ PO_4$	Hydrothermal synthesis
Beryllonite	1.553-1.562 (1) 1.550-1.561 (2)* 1.552-1.561 (3) 1.549-1.563 (4)	2.80-2.85/ 2.78-2.85*/ 2.77-2.85/2.805 2.76-2.84/	5.5-6 - 5.5-6 5.5-6	$Na\ Be\ PO_4$	
Brazilianite	1.603-1.623 (1) 1.600-1.623 (2)* 1.602-1.623 (3) 1.600-1.625 (4)	2.98-2.995/ 2.98*/ 2.98/2.998 2.96-3.0/	5.5 - 5.5 5.5	$NaAl_3(PO_4)_2(OH)_4$	
«Coeruleolactite»	1.580-1.588 (3)	2.55-2.70/	5	$(Ca,Cu)Al_6(PO_4)_4(OH)_8$ $4\text{-}5H_2O$	Massive. Discredited 2006 (mixture of minerals)
Eosphorite	1.640-1.680 (1) 1.629-1.685(2)* 1.628-1.679 (3) 1.628-1.685 (4)	3.10/ 3.10-3.25*/ 3.0-3.08/3.04 3.05-3.20/	4.5 - 5 4.5-5	$MnAl(PO_4)(OH)_2H_2O$	
Faustite Turquoise group	- (3) 1.600-1.630 (4)	2.92/2.99 2.90-2.95/	5.5 5-6	$(Zn,Cu)Al_6(PO_4)_4(OH)_8 4H_2O$	massive
Herderite Herderite group	1.61 (1) 1.575-1.620 (2)* 1.556-1.620 (3) 1.555-1.617 (4)	3.0/ 3.0*/ 3.02/ 2.94-3.05	5 - 5-5.5 5-5.5	$CaBePO_4(F,OH)$	
Hydroxyl-herderite Herderite group	1.590-1.639 (2)* 1.589-1.643 (3) 1.585-1.645 (4)	2.90-3.05*/ 2.95/3.0 2.94-3.05/	- 5-5.5 5-5.5	$CaBe\ PO_4(OH)F$	
Lithiophilite Groupe Triphylite	1.663-1.691 (3) 1.662-1.703 (4)	3.29-3.50/3.433 3.34-3.50/	4 4-5	$LiMn\ PO_4$	
Lazulite Lazulite group	1.615-1.645 (1) 1.603-1.655 (2)* 1.604-1.663 (3) 1.602-1.664 (4)	3.10/ 3.0-3.12*/ 3.122-3.24/3.144 3.0-3.25/	5.5 - 5.5-6 5.5-6	$(Mg,Fe)Al_2(PO_4)_2(OH)_2$	
Ludlamite	1.650-1.693 (1) 1.650-1.697 (2) 1.650-1.697 (3) 1.649-1.698 (4)	3.19/ 3.10-3.20/ 3.12-3.19/3.176 3.11-3.20/	3-4 - 3.5 3.5	$(Fe,Mn,Mg)_3(PO_4)_2 4H_2O$	
Metavariscite Metavariscite group	1.551-1.582 (3)	2.51-2.54/2.53	3.5	$Al\ PO_4\ 2H_2O$	

Monazite Monazite group	1.785-1.845 (1) 1.785-1.840 (2)* 1.773-1.850 (4)	5.20/ 5.10*/ 4.60-5.60/	6 - 5-5.5	(Ce, Nd,Y, Dy,Sm,Nd,Th) (PO_4)	
Montebrasite Amblygonite group	1.590-1.650 (2)* 1.594-1.645 (3) 1.593-1.647 (4)	3.0-3.05*/ 2.98-3.04/3.03 2.96-3.11/	- 5.5-6 5.5-6	$LiAl(PO_4)(OH)$	
« Odontolite »	1.57-1.63 (1) ~ 1.55 (2) 1.57-1.63 (4)	3.0-3.10/ 2.2-2.5/ 2.95-3.05/	5 2-3 4 .5-5	$Ca_5(PO_4)_3F$	massive
Phosphophyllite	1.595-1.616 (1) 1.595-1.616 (2)* 1.595-1.620 (3) 1.594-1.621(4)	3.10/ 3.10-3.13*/ 3.0-3.13/3.12 3.07-3.14/	3.5 3-3.5 3-3.5 3-3.5	$Zn_2Fe(PO_4)_24H_2O$	
Phosphosiderite Metavariscite group	1.692-1.738 (2) 1.692-1.738 (3) 1.690-1.740 (4)	2.76/ 2.74-2.76/2.76 2.72-2.78/	- 3.5-4 3.5-4	$FePO_4\ 2H_2O$	massive
Planerite Turquoise group	No data (3)	2.68/2.71	5	$Al_6(PO_4)_2(HPO_4)_2(OH)_8 \cdot 4\ H_2O$	Massive Not considered a gem
Pyromorphite Apatite group	2.048-2.059 (2) 2.048-2.058 (3) 2.045-2.060 (4)	7.14/ 7.0/7.109 6.75-7.15/	- 3.5-4 3.5-4	$Pb_5(PO_4)_3Cl$	
Scorzalite Lazulite group	1.639-1.680 (2) 1.626-1.680 (3) 1.625-1.681 (4)	3.31/ 3.32/3.33 3.28-3.34/	- 6 5.5-6	$FeAl_2(PO_4)_2\ (OH)_2$	
Strengite Variscite group	1.697-1.722 (2) 1.697-1.745 (3) 1.696-1.745 (4)	2.87/ 2.84-2.87/2.84 2.83-2.89/	- 3.5-4 3.5-4	$FePO_42H_2O$	
Triphylite Triphylite group	1.689-1.702(1) [1]1.663-1.698 (2)* 1.685-1.720 (3) 1.674-1.701 (4)	3.42-3.52/ 3.40-3.51*/ 3.42-3.58/3.562 3.40-3.60	4-5 - 4 4-5	$LiFePO_4$	[1]manganese pole
Triplite Triplite group	1.658-1.680 (2)* 1.650-1.680 (3) 1.642-1.704 (4)	3.87* 3.5-3.9/3.94 3.60-3.95	- 5-5.5 5-5.5	$(Mn,Fe)_2(PO_4)(F,OH)$	
Trolleite	1.619-1.643 (3)	3.08/3.10	5.5-6	$Al_4(PO_4)_3(OH)_3$	
Turquoise Turquoise group	1.610-1.650 (1) 1.602-1.620 (2)* 1.610-1.650 (3) 1.608-1.652 (4)	2.60-2.85/ 2.20-2.85*/ 2.60-2.80/2.91 2.30-2.85/	5.5-6 - 5-6 5-6	$Cu(Al,Fe)_6(PO_4)_4(OH)_84H_2O$	massive
Variscite Variscite group	1.56 (1) 1.550-1.590 (2)* 1.563-1.594 (3) 1.550-1.595 (4)	2.40-2.60/ 2.40-2.50/ 2.57-2.61/2.59 2.20-2.62/	5 - 3.5-4.5 3.5-4.5	$Al\ PO_4\ 2H_2O$	massive
Väyrynenite	1.639-1.667 (1) 1.639-1.667 (2) 1.638-1.667 (3) 1.637-1.666 (4)	3.23/ 3.23/ 3.22/3.23 3.18-3.25/	5 - 5 5	$MnBe(PO_4)(OH,F)$	
Vivianite Vivianite group	1.580-1.627 (1) 1.570-1.636 (2)* 1.579-1.675 (3) 1.578-1.676 (4)	2.60/ 2.71*/ 2.67-2.69/2.696 2.66-2.71/	2 - 1.5-2 1.5-2	$Fe_3(PO_4)_2\ 8H_2O$	(2) Anloua, Cameroon,
Wardite Wardite group	1.595 (1) 1.586-1.604 (2) 1.586-1.604 (3) 1.585-1.605 (4)	2.81/ 2.80-2.87/ 2.81-2.87/2.805 2.79-2.88/	5 - 5 5	$NaAl_3(PO_4)_2(OH)_4\ 2H_2O$	

Tabl. I: Synoptic summary of the chemical formula and gemological properties of all gem phosphates mentioned in this paper. For ludlamite, Dana et Ford (1963) et Winchell et Winchell (1967) give specific gravities of 3,70 et 3,72 respectively, instead of 3,12, possibly a printing mistake. The value was verified in Berman (1925) and on two of the author's samples.

1. Turquoise

1.1 Untreated, natural turquoise

We will begin our review with turquoise, as it is the most commonly encountered gem phosphate. Usually the layperson considers that if a gem (generally a cabochon) is turquoise blue, then it probably is turquoise. Yet, turquoise is probably one of the most imitated gem material, and that started early on. In addition, turquoise is very often treated, in a number of different ways, mostly to decrease its porosity, and improve its polish and toughness.

True natural turquoise is not that simple a gem. With a nominal formula of $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8.4H_2O$, it gives its name to a small but complex group of 6 minerals. In a very thorough study of many samples structure and composition it appears that what is currently sold as "turquoise" is either cation-deficient or cuprian planerite (Foord, Taggart, 1998). Planerite forms a complete solution with turquoise, in its structure the copper site is left vacant, and some oxygen is replaced by OH groups. Thus many turquoise specimens around the world contains less copper than they should to be truthfully called turquoise. Foord and Taggart nevertheless state "However, the name turquoise should be retained for gemological and historical uses". In addition the mineral contains often trace amounts of calcium, fluorine, calcium, potassium, iron (as Fe^{3+}) and zinc. Typical turquoise is composed of randomly-intergrown polycrystalline masses of micron-size crystals. It often occurs in nodules, typically from 1 to 5 cm. Their texture may vary from oolithic, pisolithic, to botryoidal or brecciated. Those often present the "spiderweb" aspect, in which several nodules or masses appear to coalesce with others, segregating inclusions and foreign material in between the nodules (fig. 2). This results in a polygonal network of black veinlets. Certain markets or individuals prefer this variety to a visually homogeneous gem. Its index of refraction is roughly 1.61 to 1.65 [tabl. I] but because of porosity it is advised not to measure the index of refraction with a optical contact liquid, which may penetrate and discolor the gem. Turquoise fluoresces a whitish color, from blue to yellow to green, depending on the deposit, this emission is of unknown origin (Gemmes, 2013). Its toughness is good enough for carving, even engraving, as in 18th century Islamic art (Bariand and Poirot, 1985).

The intrinsically blue color of pure turquoise is due to the Cu^{2+} ion, a major component of the gem. But the color may vary some, as Cu^{2+} is substituted by Fe^{3+} (Wang, 1986). The resulting color tends towards green, reaching sometimes almost "emerald green". Because it is rare, green turquoise has attracted collectors as a special bonus. It is found in virtually all turquoise deposits, but few produce significant amounts of attractive color. They are located mostly in the southwestern United States (http://turquoisenews.com/green- turquoise/) (fig. 3). Although chromium may be found in turquoise, the green color of some turquoises has never been proved to relate to the Cr^{3+} ion.

If turquoise is a well-known gem present throughout history, it is in part because it is extremely abundant. Possibly this is because much gem turquoise comes out of the deeply oxidized zone of "porphyry copper" deposits, that is copper-rich porphyritic eruptive rocks (e.g. trachyte or monzonite) which are prospected and very actively mined for copper, and sometimes gold, silver and molybdenum. There are many such deposits around the world. Thus turquoise is mostly a by-product of very important raw materials and precious metals. More generally, turquoise is formed by the action of surface waters (meteoritic water) on aluminum and phosphorus-rich

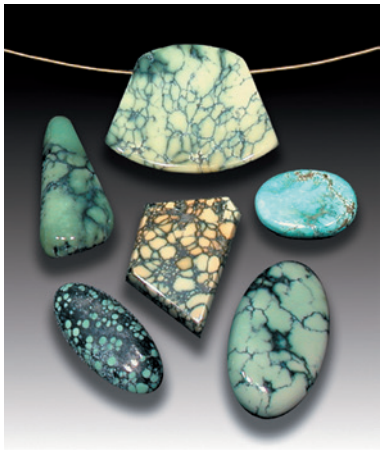


Fig. 2: These turquoise and variscite cabochons from Nevada illustrate the spiderweb variety, caused by dark veinlets between nodules. The top piece is 36 mm in longest dimension. Photo courtesy Out of Our Mines.



Fig. 3: The green color of this natural Nevada turquoise from the Northern Light mine is similar to the expected green color of variscite. Samples are from about 8 to 40 mm in longest dimension. Photo by E. Fritsch.

rocks in the presence of Cu-minerals, generally in an arid climate (Bernard, Hyrsl, 2004). Iran produced excellent specimens since Antiquity in a trachyte breccia near Maden, in the Neyshapur region of the Khorasan province. These mines are still active today, although offering perhaps not as good a quality. A new mine has been opened in 2005 in the Kerman province, also in a porphyritic trachyte (Douman and Fritz, 2008). Turquoise mines of Egypt started in the pharaonean times in Wadi Maghara, Sinai. There are many deposits as well in central Asia, some mined for thousands of years, for example near Samarkand in Uzbekistan, but also in Kazakhstan, Tajikistan or Afghanistan (Bariand, Poirot, 1985). Over 30 deposits are active in the southwestern United States, the largest and best-known for gems being the Sleeping Beauty mine in Arizona, which closed in 2012. This turquoise producing region extends south to Mexico, which is a source of this gem in very varied quality. In the USA, a special mention is often made of the Bishop mine, Lynch station, Campbell county, Virginia: it is one of the few places in the world where eye-visible but millimeter-size turquoise crystals can be harvested. Several Chinese provinces were the source of turquoise over history, the gem has been known there for over 3000 years, Tibet being often cited. Currently the Hubei province in China produces important gem quantities, including large masses up to 100 kg. These deposits formed in Cambrian shales or silicified limestones, mostly in tension fractures (Wang, 1986). There are several deposits in Europe, but generally of poor quality, for example in Montebras, Creuse, France. Small deposits are mentioned also in Africa and Australia (Bernard, Hyrsl, 2004), or Peru (Bariand, Poirot, 1985)

It is often reported in older literature that turquoise can turn a drab green over time, then called “dead turquoise” (Webster, 1975). It is reportedly brought back by treatment with solvents. We have never read an article precisely documenting this phenomenon, even less seen it ourselves. It may be that the current impregnation treatments prevent this from happening.

1.2 Natural turquoise look-alikes

Turquoise possesses a number of natural look-alikes, also of "turquoise-blue" color. Several natural massive phosphates may resemble turquoise. It is sometimes associated with variscite, discussed below. Blue massive wardite cabochons have been reported to imitate turquoise. Coeruleolactite is one mentioned in older literature, the supposed Ca-dominant member of the turquoise group. It was discredited in 2006, as a mixture of minerals (Foord and Taggart, 1996). The "turquoise" presently coming out of Kazakhstan, colored nearly white to dark blue in the same nodule, is such a material. Odontolite, or "bone turquoise", "ivory turquoise" or "French turquoise" (as it was found in the Gers department of France) is fossillized mammoth ivory (dentine), that is mineralogically fluorapatite. Its attractive blue color stems from manganese (Mn^{5+} in a distorted oxygen tetrahedron, a charge transfer process; Reiche *et al.*, 2001) and not iron phosphates as was often stated in the past. This gem was essentially used in the Middle Ages (Bariand, Poirot, 1985), but occasional pieces popped up in recent times (Krzemnicki *et al.,* 2011).
Faustite is a zinc and copper member of the turquoise group, generally massive green known in the southwestern US, in particular Nevada, and Germany. In the Blue Boy Mine (Nevada) specimens, we observed a continuous passage from variscite to faustite using Raman spectrometry and X-ray fluorescence. Local miners indicate that faustite is generally slightly yellower.
There are also non-phosphate look-alikes. In copper deposits, chrysocolla has a very similar color. This fragile hydrosilicate of variable formula $(Cu^{2+},Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4,nH_2O$ is often mixed with silica which improves its toughness and sometimes provides a very superior polish to turquoise. Larimar, a blue variety of fibrous pectolite occurring in Dominican Republic, is quite abundant today on the market. It is much tougher than turquoise, has a refractive index of about 1.60, and a sometimes excellent polish (Woodruff, Fritsch, 1989). Ceruleite, a very rare hydrated aluminum and copper arsenate, presents a very similar appearance but a possibly slightly darker blue color. Blue alunite, a potassium aluminum sulfate, was mostly used in Iran (Bariand, Poirot, 1985). Blue common opal from the Acari region of Peru is also turquoise color, but more fragile than turquoise and of lower refractive index. It is nevertheless rather common on the market in the last two decades. Amazonite, a potassium feldspar, is colored turquoise blue by a color center containing lead and water, but its texture is quite different from that of turquoise. The zinc carbonate smithsonite might also be turquoise blue.

1.3 Synthetic, treated and imitation turquoise

In 1972, French entrepreneur Pierre Gilson revealed the one and only synthetic turquoise turquoise documented. This material is now very rare on the market. It is identified thanks to its precipitate texture, called "cream of wheat" effect in gemology (Schmetzer, Bank, 1981; Prostacz *et al*., 2015).
One of the most common products sold on the market today is "impregnated", "pressed", "bonded" or "reconstructed" turquoise. Because turquoise is somewhat porous, to give it a good polish, pores are filled with a very fluid liquid, which is then solidified, for example polymerized. Early on it was only oil or wax. Such a material will be called impregnated. At the other end of possibilities, turquoise can occur in some deposits, for example in Mexico, as a fine gray powder, unattractive and inadequate for jewelry purposes. It is then mixed with a vivid blue polymer. The resulting blend has a very convincing turquoise appearance. This is undoubtedly a "reconstructed" turquoise, that is a material which contains a true (potentially) gem mineral, but it needs some kind of glue to keep it together. Between a simply impregnated turquoise and a fully reconstructed one, there is a full spectrum of possibilities. Such mixed materials have specific gravity lower than that of turquoise. Sometimes copper foils are added between turquoise chunks and the compound is pressed together and sliced. The result is a pseudo "spiderweb" turquoise, in which brassy copper replaces the black boundaries. Such a block has no natural equivalent, but is nevertheless very popular in the southwestern US. A newcomer to treated turquoise is the "Zachery treatment". Although its exact nature is unknown, it makes the gem



Fig. 4: Turquoise (beads at the bottom) is often imitated by a variety of materials. Just above the beads , in the center, a cabochon of Zaxchery-treated turquoise, on the right an homogenous oval cabochons of glass, above it a tumbled piece of dyed rock (granite in which the feldspar takes the dye) and on top left and middle the most common imitation, dyed magnesite. Samples University of Nantes, the largest turquoise bead is approximately 1 cm diameter. Photo by B. Rondeau.

less porous, with a better luster, without the addition of organic material (Fritsch *et al.,* 1999). It is identified by an excess of potassium.

Many artificial products have been made throughout history to simulate turquoise, which is arguably one of the most and longest imitated gemstones (fig. 4). As it was so highly prized by the people of ancient Egypt, a specific imitation was produced, known as “Egyptian blue”, more correctly cuprorivaite $CaCuSi_4O_{10}$ (Garcia Fernandez *et al.,* 2014). In the nineteenth century, “Viennese turquoise” was made by pressing together a precipitate of aluminum phosphate colored by copper oleate (Webster, 1978). Ceramics, enamels and glasses, are a frequent imitator as well. Their turquoise color, is, unsurprisingly, provided by copper, and the very dark spiderweb texture can be achieved quite convincingly. Often, in particular 19th century jewelry, such imitations are lead glasses, which should be transparent and are made opaque but some yet unidentified process. Enamels and glasses may be unmasked when bubbles are observed (sometimes flattened or busted) together with flow structures (Salanne, 2009). A large number of turquoise substitutes are based on gibbsite (also known as hydrargillite; index of refraction 1.58 to 1.59 when massive), less commonly bayerite, which are polymorphs of $Al(OH)_3$. Being intrinsically colorless, it is dyed blue, even sometimes sold as “synthetic turquoise”. When powdery, it is in addition impregnated with resin, which may itself be colored. Such agglomerates were called “neolithe”. Although this appellation is long forgotten, such material is present in the market, for example at auctions. More rarely other minerals such as pyrite can be added to imitate natural inclusions in turquoise. Gibbsite is also a common matrix for other materials, in particular grains of turquoise, the mix being cemented with some type of resin (Salanne, 2009; and references therein).

By far turquoise is most often simulated with dyed materials. It is often possible to detect the dye by using a solvent, such as alcohol or acetone on a cloth or cotton pad, and rubbing the suspected stone. If it is tinted, the dyestuff will remain on the cloth or pad. The most common such imitation today is dyed magnesite (a magnesium carbonate), simply because its texture is similar to that of turquoise, and it is produced in very large quantities in poorly documented ultrabasic deposits (Rock Currier, pers. comm., 2014). It can even form nodules with dark veinlets, very similar to the appearance of "spiderweb turquoise". In addition to magnesite ($MgCO_3$), other carbonates are dyed, even if their texture is much more homogeneous, such as calcite ($CaCO_3$) and dolomite ($(Ca,Mg)\ CO_3$), aragonite (a polymorph of calcite) being occasionally cited as well. Even dyed marble beads have been reported. These imitations have a refractive index of about 1.60 when massive. They react to diluted (10% volume) hydrochloric acid, unlike natural turquoise. Another classic imitation, almost totally disappeared from the market but mentioned in many references, is dyed howlite. Howlite is a borate ($Ca_2\ B_5\ Si\ O_9\ (OH)_5$), that, like magnesite, may form nodules with black veinlets. Its index of refraction (1.59) is only slightly lower than that of turquoise. Among less common dyed materials, various varieties of silica or silicates have been listed: chalcedony or jasper (index of refraction about 1.54),one of them called "Swiss lapis", with curiously Prussian blue as the pigment, and even various sorts of feldspars (index of about 1.52), despite a poorly convincing appearance (inclusions of quartz and biotite; Salanne, 2009). Bone (index of refraction 1.54) may resemble turquoise when dyed blue, but remains easy to identify with its low density of about 2. Dyed bone is probably more aptly described as an imitation of odontolite (see below). Turquoise, natural, synthetic, or treated, and its imitations can easily be separated using either Raman scattering or infrared reflection spectroscopy (Arnould, Poirot, 1975).

2. Variscite

With a chemical formula $AlPO_4.2H_2O$, this mineral is orthorhombic, intrinsically colorless, and belongs to the larger scorodite group. It forms a series with strengite $Fe^{3+}PO_4.\ 2H_2O$. Variscite occurs mostly as polycrystalline masses. As all phosphates, its index of refraction is modest (1.555 to 1.595, about 1.56 when massive, see tabl. I). With a nominal hardness of 3 ½ to 4 ½ only, it may seem too soft for carving. However, its polycrystalline texture confers it increased tenacity and isotropy, and it may reach an effective

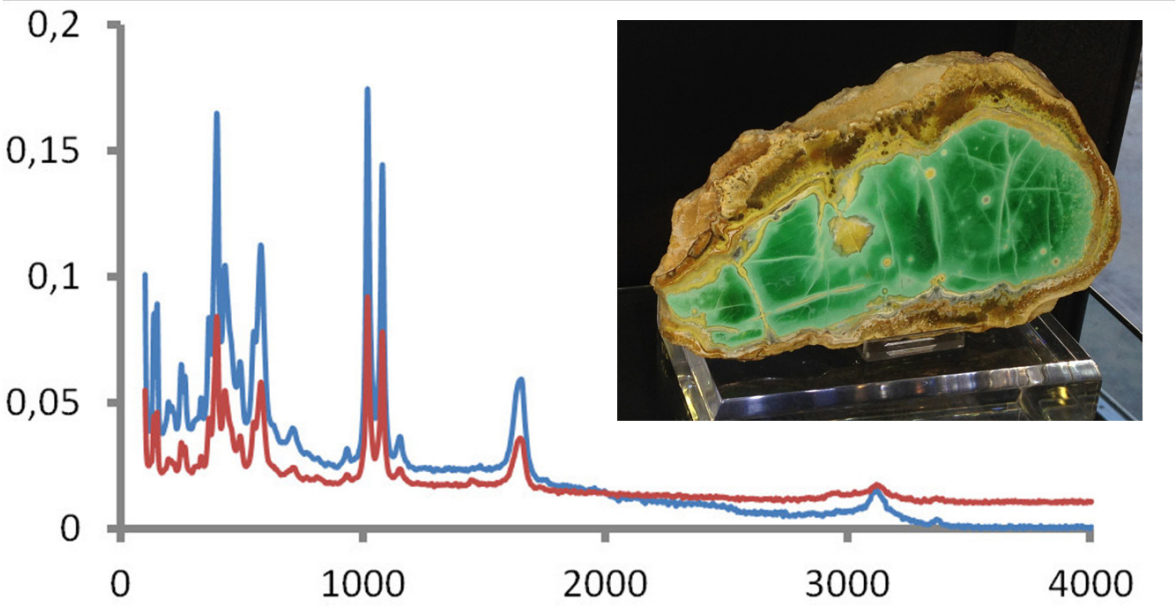


Fig. 5: Nearly "emerald green" gem material in the center of the green nodules from Fairfield, Utah (insert) have been said to be metavariscite. The Raman spectrum (here in Raman units as a function of wavenumbers; red trace) of this visually different material is virtually superposable to that of normal green rim material (blue trace). Photo by E. Fritsch.

hardness of up to 5 when fashioned, giving off an excellent polish. Furthermore, as discussed below, it may gain an attractive, saturated green color when Al^{3+} is substituted by Cr^{3+} or V^{3+} (fig. 5). Thus it is attractive as polished objects and gems. Outside of the potentially color-causing elements (Fe, Cr, V, and Ni and Cu, trace elements) found in variscite may be quite varied, because of the possible solid solutions and substitutions: Mg, Ca, Na, K, As, Zn, Zr, Sr and S, even Ti, Mo and U. A crystal chemistry approach is necessary to understand the sites occupied by these impurities. For example, arsenate, vanadate or sulfate groups are likely to substitute for phosphate groups.

Under ultraviolet radiation variscite is often inert but may emit a weak, whitish bluish green (Gemmes, 2013) to greenish yellow. Unlike turquoise, pyrite and quartz are never found as inclusions (Bariand, Poirot, 1985).

Well-individualized single crystals of variscite are rare, at most millimeter-size. They occur as bright green groups a few millimeters across in Canarana, in the state of Matto Grosso, Brazil. Red crystals are mentioned in the Boa Vista pegmatite, state of Minas Gerais also in Brazil, in Iron Monarch deposit of Middle Back range of South Australia, and pinkish crystals come out of the Wood mine, Tennessee (http://jewelrybycncsa.blogspot.fr/2009/06/variscite-yes-it-comes-in-red.html). None of these occurrences provided pieces large enough for faceting, but they offer pieces adequate for single crystal studies.

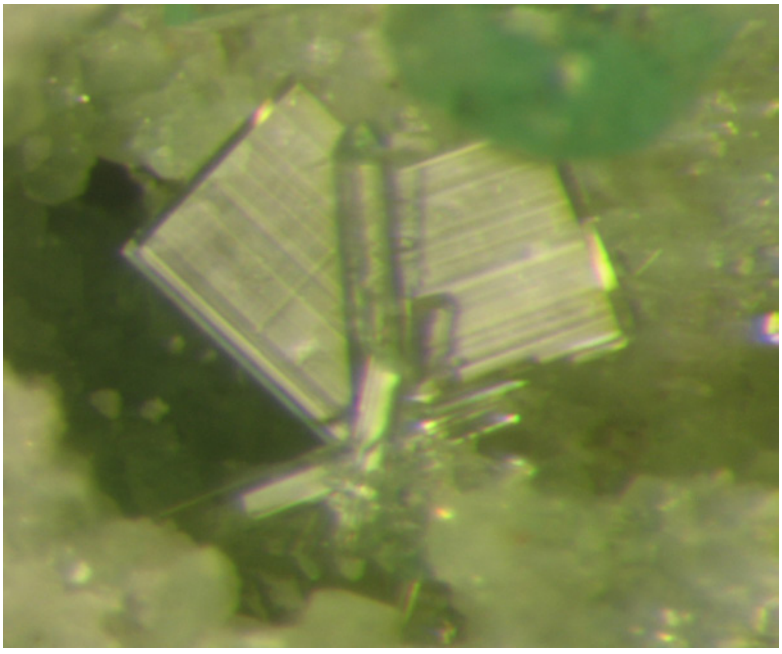


Fig. 6: This metavariscite twin grew in a cavity of massive whitish variscite from near Lucin, Utah, USA. Field of view approximately 0.6 mm. Photo E. Fritsch.

It is dimorphous with metavariscite, which is monoclinic. Metavariscite is not known to occur in colored masses or large single crystals, and therefore has not been used as a gem material. Its crystals are typically less than a millimeter, and may twin (fig. 6). It is very light green in color, presumably because of trace amounts of Cr^{3+}, as its dimorph. It comes almost exclusively from cavities in massive variscite near Lucin, Utah, and Candelaria, Nevada (Bernard, Hyrsl, 2004).

Historically, there has been much controversy about the origin of the green beads found in the Neolithic monuments of Brittany, near Carnac. First named “callais”, then properly identified as variscite by prominent French mineralogist Lacroix, their source was long a subject of controversy (Forestier *et al.,* 1973; Querré *et al.,* 2007).

Variscite is much less common than turquoise, not being directly related to the fairly common porphyry copper geological setting. Like turquoise it occurs under surface conditions. Meteoritic waters enriched in phosphate interact with aluminum-rich rocks (but in the absence of copper). This is not a generic environment found many places in the world. It is rather more of a coincidental geological occurrence. Thus, deposits are much less numerous. The mineral occurs more commonly as crusts, coating or even veinlets, but rarely as masses which can be fashioned into cabochons. The name stems from Variscia, the ancient name of the Vogtland province in Saxony, Germany, in which bright green variscite colloform crusts were first discovered in Messbach in Silurian lydites, a local name for black sedimentary rocks (cherts) made from radiolarian fossils. There are a few other deposits as crusts in Germany. Only a small

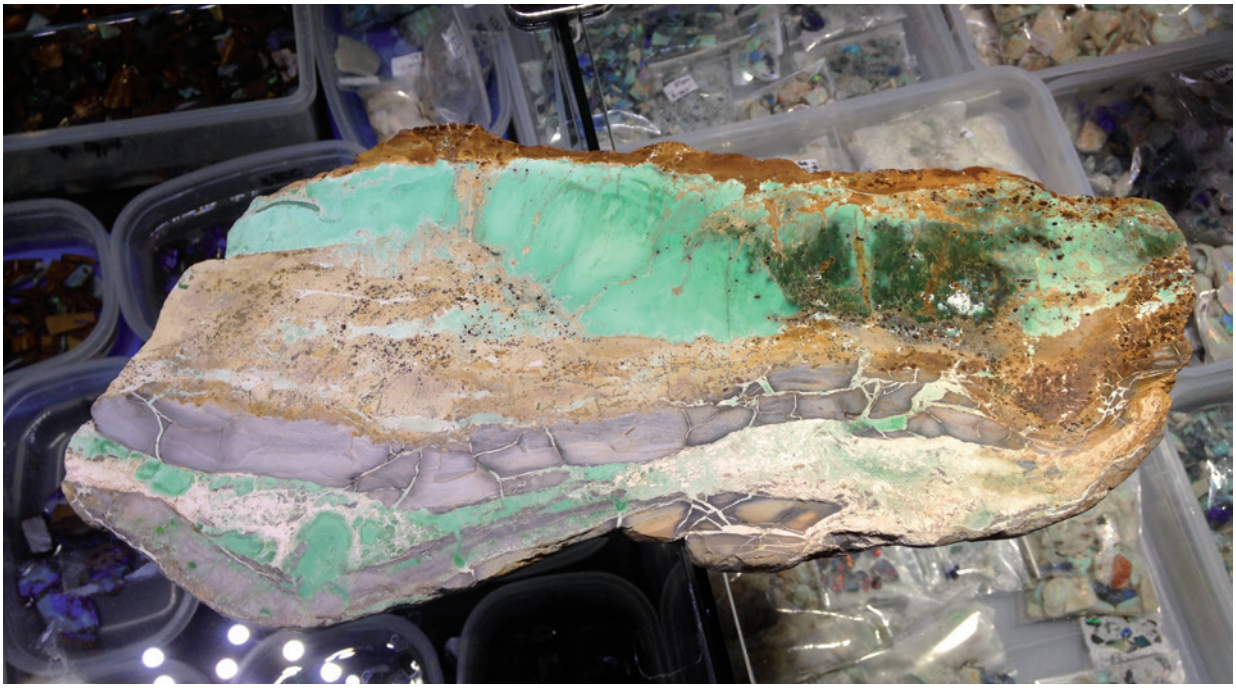


Fig. 7: A variscite seam from Woodlands cattle station, in the Gascoygne region of Western Australia. This fairly recent source provides high quality gems. 24 cm length. Photo E. Fritsch.

number of deposits produce gems. The best known are those near Fairfield, Utah, in a brecciated zone of phosphatic sediments. 10 to 30 cm nodules are found at Clay Canyon, and are often sliced and cabbed. The material is bright green, with brownish fissures filled with other compounds (often phosphates). In the center of the green variscite sectors, the less divided material reaches an almost translucent quality with a deep emerald-green color. This nodular variety was named "utahlite". The banded variety was named "sabalite" or "trainite". The other major deposit producing today is near the Woodlands cattle station, about 100 km east of Mt Augustus, Gascoygne region, Western Australia (fig. 7). The mineral is found as veins in a phosphatic shale (Laurs, Fritz, Koivula, 2007). As an added bonus it contains native gold inclusions. A lesser known source of small quantities of gem-quality variscite is the southwestern USA, associated to the turquoise deposits, in particular Arizona (in the large Bisbee copper deposit) and in small mines in Nevada. In the Blue Boy and Prince mine (fig. 8) it is found as centimeter-thick



Fig. 8: The Prince Mine variscite deposit in Nevada is typical of the many occurrences of this mineral in the arid southwestern USA. Photo courtesy Out of Our Mines.

veinlets and nodules, ranging from bluish-green to somewhat dark yellowish green. This last variety presents a "spider web" aspect created by a polygonal network of thin black veinlets, well-known for turquoise (again, see fig. 2). In the late 1970s, gem variscite containing other phosphates was unearthed in Central Tajikistan (Litvinenko *et al.,* 2016). The material ranges from light blue to green. Curiously, the occurrences of northwestern Spain described elsewhere in this issue are not noted in the mineral collector or gemological literature, or simply in passing.

A small number of non-gem variscite deposits are known around the world (besides those mentioned above in Germany), for example in the tin ore mines in Bolivia (Potosi and Oruro departments). It forms white radial aggregates in fissures inside phosphatic rocks in Bohemia, Czeck Republic. In the Caribbean Sea, there are several occurrences where variscite is the reaction product between Al-rich volcanic rocks and phosphatic waters originating from the leaching of guano. Thin crusts occupy quartzite fissures at two Arkansas localities (USA). There has been also an anecdotic discovery in France in the Pannecé phosphate quarry, Loire Atlantique, not far from the Brittany megalithic sites where variscite beads were found (Forestier *et al.,* 1973), but as crusts and not as a massive, potentially gem material.

One of the simplest and least destructive way to indentify variscite gem material (particularly of archaeologic artefacts) is to obtain its Raman scattering spectrum. It is a better Raman scatterer than turquoise, that is, when comparing the features obtained for turquoise and variscite cabochons in the same conditions, the variscite signal is approximately two to three times stronger. The separation of variscite from metavariscite may be done by comparing the RRUFF Raman mineralogical database (http://rruff.info/), and the recent review of the variscite group Raman features by Frost and collaborators (2004). One major difference is the inversion of the intensity of the two main phosphate peaks at 1020 and 1080 cm^{-1} between the two species, the later being stronger in metavariscite (fig. 9). There is also a more intense band around 400 for metavariscite. However, both sources have worked apparently on crystals or quite crystalline crusts, and not massive gem material, and provide little or no crystallographically-

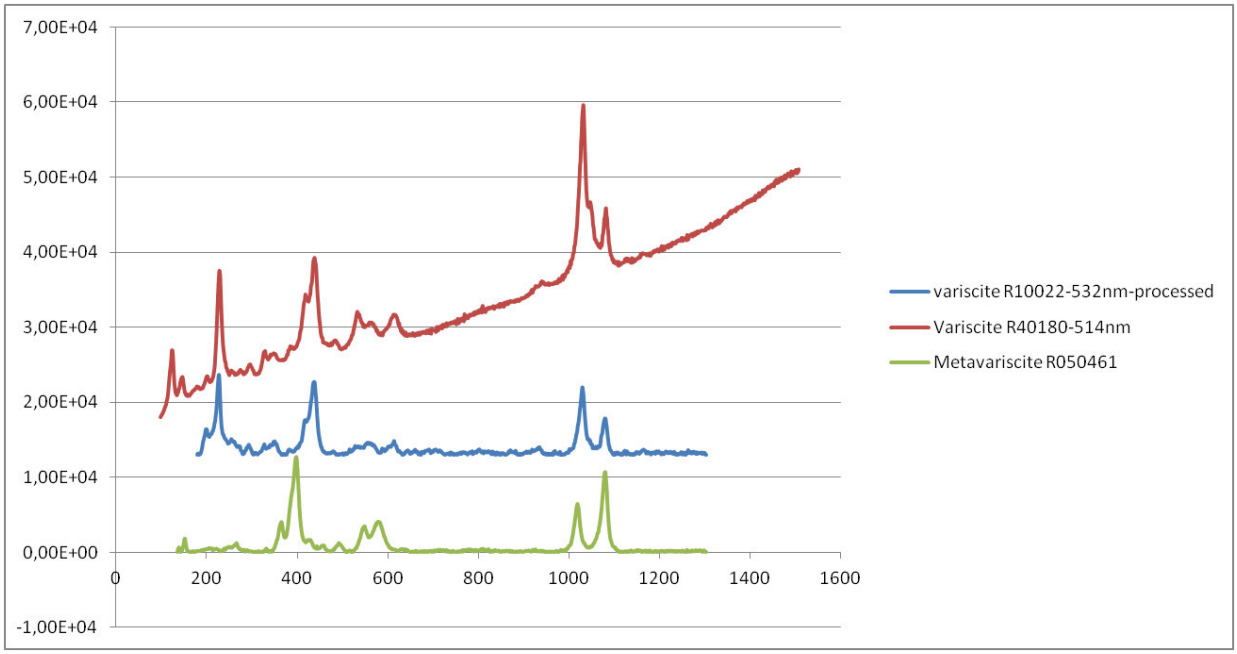


Fig. 9: Reference Raman spectra for variscite (here in Raman units as a function of wavenumbers, top two traces) and metavariscite (bottom trace) from the RRUFF database. Note the difference in the relative proportion of the phosphate peaks around 1020 & 1080 cm^{-1} and the existence of a more pronounced feature around 400 cm^{-1} for metavariscite.

oriented information on these non-isotropic species. So further studies based on the orientation of single crystal and massive varieties are needed. It was rumored, but never published, that the deep green center of Utah variscite nodules was metavariscite. We tested three such specimens and could find no difference between the center and the rim of this material. The different color appearance may result from a more finely divided variscite on the rim, with light scattering inducing a whitish component to the color, without change in the mineralogical nature of the material.
As can be seen from its chemical formula, variscite contains nominally no coloring agent, and thus should be colorless to white. Its more or less vivid green is always essentially related to chromium (Calas *et al*., 2005). When chromium is present the forbidden transition of Cr^{3+} are easily visible around 642 and 689 nm. However, Calas and coworkers did not investigate gem variscite from Fairfield, Utah. Green gem material from this most famous locality shows a different spectrum, with no sharp bands and only one broad band centered around 620 nm, attributed to vanadium as V^{3+} (Rossman, 2016). This proves that the "emerald green" color of variscite can be due to either Cr^{3+} or V^{3+}. Fe^{3+} and V^{4+} (vanadyl ion) may have played a minor role in the color. The blue color of some specimens, which really look like turquoise (Fritz, Rockwell, 2006) is not elucidated. In Kazhakstan greenish blue material (Litvinenko *et al.,* 2016) only differs from green variscite by a decrease of the continuum of absorption rising towards the UV. This could be due to a more intense $O^{2-} \rightarrow Fe^{3+}$ charge transfer in the green gem (Fritsch, Rossman, 1988), as there is more Fe in that variety, in the absence of quantifiable vanadium. Greenish Kazakhstan material is also found with no detectable vanadium or chromium, indicating that this color may be due to Fe^{2+}, although no spectrum is provided to support this conjecture.

3. Phosphosiderite

Phosphosiderite is another, rarer massive phosphate sometimes found as cabochons said to come from Chile, with occasional thin yellow veins. This purple iron phosphate is common as a secondary mineral in pegmatites (Bernard, Hyrsl, 2004). It is dimorphous with strengite, and forms a series with variscite. Its purple to red color is probably due to Fe^{3+}.

4. Single crystal or non-massive phosphates

In this category, apatite has long been the best known, even if little used in jewelry. The apatite mineralogical group is quite large, but in gemology apatite refers to the fluorapatite species, which is the most abundant of all phosphates. Other phosphates of the group are extremely rare as gems. It crystallizes in the hexagonal system, and relatively large (up to 10 cm) prismatic gem crystals are described in many different geological environments and geographical localities (Bernard, Hyrsl, 2004). Despite its relatively moderate hardness of 5, and poor mechanical toughness, its often gem quality and sometimes vibrant colors make it attractive to collectors, or jewelry not exposed to mechanical shocks (such as certain necklaces or ear studs).

4.1 Fluorapatite

Apatite offers different shades of purple, blue, green, yellow and pink. The bright, saturated, "electric" blue variety, originally from Madagascar, is reputed to be colored by uranium. It is now realized that its is the result of the heat treatment of a rather drab green variety found in many occurrences, in particular in India. The color mechanism is however not understood. The light blue variety, for example from Siberia or Mogok, Myanmar, is colored by a SO_3 - color center. The darker blue, often from Brazil, is colored by MnO_4^{3-}, that is by the $O^{2-} \rightarrow Mn^{5+}$ charge transfer process in a distorted oxygen tetrahedron already mentioned above for odontolite. Yellow apatite often present rare earth absorptions, related to neodymium and praseodymium (Nd^{3+} and Pr^{3+}), but also broad absorption bands of unknown origin. All these causes might superpose to provide other colors, some of which are very dichroic: they may change considerably – for example from

blue to pale yellow for Mogok blue stones – with crystallographic orientation. The pink color has so far not been attributed to a specific defect or impurity. In addition, gem apatite is often brightly fluorescent under ultraviolet radiation, often yellow to orange, occasionally pink or bright green (Gemmes, 2013), violet and blue (Bariand, Poirot, 1985). The larger gems may reach over 30 ct. Apatite offer also chatoyant stones in Sri Lanka, and a unique yellow star apatite has been documented (Steinbach, Bruder, 2009). It gained very recently high jewelry status with a spectacular Dior piece featuring two vivid blue gems over 20 ct in ear pendants of the Dear Dior collection (again, see fig. 1).

4.2 Other gem phosphates – collector's gems

Most collector gem phosphates come from pegmatites. In such a geological environment, phosphorus may concentrate in late fluids, and large crystals can grow in cavities, including those of rarer gem phosphates. Rare pieces of exceptional gem quality are occasionally faceted for collectors. Like other phosphates, they are quite fragile and rather soft, preventing them from being mounted in jewelry. Again, refer to table I for detailed formula and gemological details.

Many gems have been described as "amblygonite". They are colorless to yellow and often come from the Linopolis, Minas Gerais area in Brazil. In a systematic study based on a vast selection of museum and private specimens (Rondeau *et al.,* 2006) it was proven that gem quality amblygonite (the species) does not exist. All gems studied were indeed montebrasite, its OH analog. An ambiguity remains as montebrasite is part of the amblygonite group. Augelite is an aluminum phosphate and can be found gem colorless yellow or green. Fine crystals occur in the Yukon territory of Canada. Berlinite, an aluminum phosphate, is a structural analog of quartz. It is not found as gem crystals in nature, but synthetic berlinite is relatively easy to grow by the hydrothermal method (like quartz; Koivula, Kammerling, 1989). The colorless gem synthetic crystals can be faceted for collectors. Between crossed polarizers, in the optic axis, they show a gemological oddity always associated with quartz, the bull's eye figure. Beryllonite may form large crystals, but they are often translucent. Mines in the Paprok area, Kunar province of Afghanistan, provide however large gemmy crystals, and so do finds in northern Pakistan. Some of the stones display a spectacular green luminescence in shortwave ultraviolet. Brazilianite is a phosphate found almost exclusively as a gem in pegmatites near Corrego Frio, Linopolis, Minas Gerais, Brazil, hence its name. Its bright greenish yellow color is due to Fe^{2+}, an impurity. Herderite is a typical pegmatite gem, almost exclusively from Brazil. Generally it is the hydroxylherderite species that is faceted. Rarely near-colorless, it comes in different colors, mostly light to medium grayish-green, light yellow, purple and a very desirable violetish blue.

Monazite is a rare-earth phosphate, which is quite common as a mineral, in many deposits, of which none is particularly known for gems. It is probably better known as an inclusion. It occurs mostly as Ce-monazite. As many rare earth minerals, its color ranges from yellow to orange to brown, pushing to reddish brown. These hues are induced mostly by Ce^{4+}, but other chromophores may play some role in the color. Color-change from reddish orange in daylight to pinkish brown in incandescent light is rare, and probably stems from strong absorption of Pr^{3+} and Nd^{3+}, as in zircon and some artificial glasses. Gems might even be slightly radioactive because of small amounts of Th and U.

Generally very small bright green to yellow gems are faceted in pyromorphite, in a chlorophosphate, Most gems are translucent, rarely totally transparent. Some near-gem, very bright color crystals come currently out of China, but there has been many deposits producing beautiful colored crystals around the world, as it is a common oxidation product of lead mines.

Blue trolleite, a phosphate so far unknown to gemology, was found around 2010 associated to purple to blue lazulite in a near-colorless quartzite, giving it an attractive color. This rare phosphate is forming inclusions grouped in clouds and patches, found only in Januaria, Minas Gerais, Brazil.

Wardite is a truly rare phosphate, near-colorless to yellow, more often cut as cabochons than faceted. Somewhat gem samples appear to come from Brazil. Blue cabochons have been reported to imitate turquoise.

Triplite, lithiophilite, eosphorite and väyrinenite are manganese phosphates, all sharing a bright orange to pinkish orange color, originating from Mn^{2+} absorption. They are classic pegmatites minerals, but rarely found in large gem crystals. Lithiophillite is mostly known in gemology as inclusions in quartz cabochons, making them orange.

Iron phosphates are more numerous and their color will depend on the valence state of iron. The lazulite – scorzalite series of iron-containing phosphates offers bright to dark blue gems. The blue color has been traced back to an Fe^{2+}-Fe^{3+} charge transfer, which provide lazulite with a spectacular colorless to deep blue pleochroism (Fritsch and Rossman, 1988). Such gems come mostly from the rapid Creek area of the Yukon Territory, Canada. Lazulite inclusions may color colorless quartzites blue, in particular in Mount Bity, Madgascar, and more recently, Januaria, Minas Gerais, Brazil. Scorzalite, containing more iron, is very dark, almost too dark to facet. Phosphophyllite is faceted as bright green gems, mostly from late hydrothermal veins in the Potosi and Oruro department in Bolivia. The green color is intrinsic, due to Fe^{2+}, a constituent. Ludlamite is an iron and manganese mineral cut as small, dark green gems from Idaho, but large gemmy crystals have been found in Bolivia and Mexico. The color is intrinsically due to Fe^{2+} but Mn^{2+} can modify it. Vivianite occurs as large dark green crystals in many places around the world. Gem material comes mostly from Bolivia (Oruro and Potosi), and small gem can be cut from large Cameroon crystals. This Fe^{2+} green mineral turns a much darker color (and more elevated index of refraction) when it oxidizes in the air. This is due to the formation of Fe^{2+}-Fe^{3+} charge transfer, which also increases its pleochroism. It is however very soft and breakable.

Conclusion

Two phosphates dominate in the world of gemstones: turquoise, an historical gemstone with many deposits, and apatite, the brilliant newcomer, just promoted to High Jewelry status. Turquoise became in a sense victim of its success over time: it is arguably one of the gem material with the most treatments and imitations, even a commercial synthetic. Variscite is probably one of the earliest germs of humanity, but remains little known at present, probably because of its limited supply. Some additional Raman inquiries are necessary to find out if metavariscite does exist in the massive form. It is nevertheless an attractive material. Most other gem phosphates are rarities, generally poorly documented for their gemological properties. Thus, much remains to be done in terms of measuring some gemological properties (such as luminescence), locality of origin, or trace element chemistry. Even the origin of color is not always well established, as exemplified by blue and green variscite.

References

Berman 1925. The identity of lehnerite and ludlamite. *American Mineralogist* 10 : 428.

Arnould, H. and Poirot, J.P. 1975. Infra-red reflection spectra of turquoise (natural and synthetic) and its substitutes. *Journal of Gemmology* 14 : 375-377.

Banerjee, A. 1972. Ein Beitrag zum Thema Türkis. *Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft* 21 : 86-102.

Bariand, P. and Poirot, J.-P. 1985. *Larousse des pierres précieuses*. Paris, Larousse.

Bernard, J.H. and Hyrsl, J. 2004. *Minerals and their localities*. Praha, Granit.

Branson, O. 1975. *Turquoise, the Gem of the Centuries*. Santa Fe, Treasure Chest Publications.

Calas, G., Galoisy, L. and Kiratisin, A. 2005. The origin of the green color of variscite. *American Mineralogist* 90 : 984-990.

Dana, E.S. and Ford, W.E. 1963 (4th ed.). *A text-book of mineralogy*. New York, J. Wiley & Sons.

Douman, M. and Fritz, E.A. 2008. A new source or Persian turquoise, Kerman, Iran. *Gems & Gemology* 44(2) : 183-184.

Foord, E.E. and Taggart, J.E. Jr. 1998. A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined) and coeruleolactite. *Mineralogical Magazine* 62(1) : 93-111.

Forestier, F.-H., Lasnier, B. et L'Helgouach, J. 1973. À propos de la « Callais », découverte d'un gisement de variscite à Pannecé (Loire Atlantique). Analyse de quelques « perles vertes » néolithiques. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 70(6) : 173-180.

Fritsch, E., McClure, S.F., Ostrooumov, M., Andres, Y., Moses, T., Koivula, J.I. and Kammerling, R.C. 1999. The identification of Zachery-treated turquoise. *Gems & Gemology* 35(1) : 4-16.

Fritsch, E. and Rossman, G.R. 1988. An Update on Color in Gems. Part 2 : Colors involving multiple atoms and color centers. *Gems & Gemology* 24(1) : 3-15.

Fritz, E.A. and Rockwell, K. 2006. Variscite, resembling turquoise. *Gems & Gemology* 42(1) : 61.

Frost, R.L., Weier, M.L., Erickson, K.L., Carmody, O. and Mills S.J. 2004. Raman spectroscopy of phosphates of the variscite mineral group. *Journal of Raman Spectroscopy* 35 : 1047-1055.

Gemmes. 2013. *French Gemmological Association*. Paris.

http://turquoisenews.com/green- turquoise/ consulted 04/2015

http://jewelrybycncsa.blogspot.fr/2009/06/variscite-yes-it-comes-in-red.html consulted 04/2015

http://rruff.info/ consulted 04/2015 à 04/2016

http://www.mindat.org/ consulted 04/2016

https://www.gemmo.eu/fr/ consulted 04/2016

Koivula, J.I. and Kamerling, R.C. 1989. Gem News: Bull's eye optic figure in synthetic berlinite. *Gems & Gemology* 25(2) : 116.

Krzemnicki, M.S., Herzog, F. and Zhou, W. 2011. A historic turquoise jewelry set containing fossilized dentine (odontolite) and glass. *Gems & Gemology* 47(4) : 296-301.

Laurs, B.M., Fritz, E.A. and Koivula, J.I. 2007. New variscite production from Western Australia. *Gems & Gemology* 43(1) : 63-64.

Litvinenko, A.K., Sorokina, E.S., Karampelas, S., Krivoschekov, N.N. and Serov, R. 2016. Variscite from Central Tajikistan: preliminary results. *Gems & Gemology* 52(1) : Online version.

Lulzac, Y. 2013. *Manuel de détermination des pierres taillées de joaillerie ou de collection*. Nantes, Lulzac éditions.

Prostacz, H., Kogure, T., Hammer, V.M.F., Giester, G., Wildner, M., Libowitzky, E. and Nasdala, L. 2015. A review of synthetic turquoise. *Proceedings 34th International Gemological Conference 2015* : 143-144. Vilnius.

Reiche, I., Vignaud, C., Champagnon, B., Panczer, G., Brouder, C., Morin, G., Solé, V.A., Charlet, L. and Menu, M. 2001. From Masiodon ivory to gemstone: the origin of the turquoise color in odontolite. *American Mineralogist* 86(11) : 1519-1524.

Rondeau, B., Fritsch, E., Lefevre, P., Guiraud, M., Fransolet, A.-M. and Lulzac Y. 2006. Raman investigation of the amblygonite-montebrasite series. *Canadian Mineralogist* 44 : 1109-1117.

Rossman, G. 2015. *Variscite visible spectrum (300-1000 nm)*. http://minerals.gps.caltech.edu/FILES/Visible/Variscite/Index.htm. Consulted 15/01/2015.

Salanne, C. 2009. *Étude de la turquoise, de ses traitements et imitations*. Mémoire de Diplôme d'Université de Gemmologie (DUG), Université de Nantes.

Schmetzer, K. and Bank, H. 1981. An investigation of synthetic turquoise and the turquoise substitute of Gilson. *Journal of Gemmology* 17 : 386-389.

Steinbach, M.P. and Bruder, B. 2009. Star apatite: first occurrence in the gem world. *Gems & Gemology* 45(2) : 143.

Wang, F. 1986. A gemological study of turquoise in China. *Gems & Gemology* 22 : 35-37.

Webster, R. 1975 (4th ed.). *Gems: their sources, description and identification*. Hamden, Archon Books.

Webster, R. 1994 (5th ed.). *Gems: their sources, description and identification*. London, Butterworth.

Winchell, A.N. and Winchell, N.H. 1967 (4th ed.). *Elements of mineralogy*. New York, J. Wiley & Sons.

Woodruff, R.E. and Fritsch, E. 1989. Blue pectolite from the Dominican Republic. *Gems & Gemology* 25(4) : 216-225.

CHAPITRE II : EXPLOITATION DE LA VARISCITE EN EUROPE OCCIDENTALE



Gavà (Barcelone), mine et atelier au Néolithique

Josep Bosch Argilagós

Résumé. Les vestiges d'une exploitation minière de *callaïs* (variscite principalement) de production d'éléments de colliers ou de bracelets ont été découverts vers 1975 à Gavà (centre du littoral catalan). L'exploitation commencerait au Néolithique ancien (vers le début du Ve millénaire av. J.-C.) pour se terminer au Néolithique final (vers le début du IIIe millénaire av. J.-C.), avec un pic de production durant le Néolithique moyen (première moitié du IVe millénaire av. J.-C.), ce qui coïncide avec la culture des *Sepulcres de fossa*. Les outils d'extraction, en pierre et en os, ainsi que les structures souterraines creusées en réseau dans des schistes sont les témoignages de la mine de Gavà. Le colmatage très rapide de ces structures, pour les besoins de sécurisation du travail minier, a parfois conduit à les reconvertir en lieux d'ensevelissement funéraire. La mise au jour de nombreuses ébauches et préformes polies cassées accidentellement lors du perçage, mais aussi des polissoirs et perçoirs à bijoutier démontrent que Gavà était également un atelier de transformation de la variscite. L'extraction de la *callaïs* et la fabrication de bijoux à Gavà étaient liées à l'échange extérieur, très important pendant le Néolithique moyen et pour la culture des *Sepulcres de fossa*. Nous pouvons dire que les mines de Gavà, foyer de rayonnement et pôle d'attraction, furent stratégiques pour cette culture.
Mots-clés : travail des mines, bijouterie, Néolithique, *callaïs*, variscite, échange

Summary. Gavà is located at the midpoint of the Catalan coastline. Towards 1975, the remains of a mining of *callaïs* (mainly variscite), to produce necklaces or bracelets, were discovered. The explotation could begin during Early Neolithic (towards the beginning of the Vth millennium BC) and finish at Final Neolithic (around the beginning of IIIrd mill.), but the peak of activity was Middle Neolithic (during the first half of the IVth millennium), coinciding with *Sepulcres de fossa* culture. Gavà was a mine, so we have found stone and bone mining tools and a network of mining structures dug in shale, with a work process that would involve a very fast filling of these structures, so that some of them were reused as burial places. Gavà was also a workshop, so we found rough drafts and polished preforms accidentally broken during drilling, and also polishers and drills. The mining and jewellery of *callaïs* in Gavà was linked to outside trade, very important during Middle Neolithic and *Sepulcres de fossa* culture. One can say that the mines of Gavà, as irradiation focus and attraction pole, were strategic for this culture.
Keywords: work in the mines, jewelry, Neolithic, *callaïs*, variscite, exchange.

1. Localisation du site et premiers exploitants de la variscite de Gavà

Gavà est située au centre du littoral catalan, sur la rive droite de l'embouchure du fleuve Llobregat, connu durant l'Antiquité sous le nom de fleuve *Rubricatum* (« fleuve rouge ») qui relie du nord au sud les Pyrénées à la mer Méditerranée (fig. 1). Gavà se trouve au pied d'un alignement de basses montagnes (600 m au-dessus du niveau de la mer en moyenne) au profil doux et ondulé, bien visible depuis l'actuel Delta du fleuve Llobregat – delta encore inexistant au Néolithique puisqu'il était envahi par la mer. Cet alignement correspond à une partie de l'ancien front maritime d'un complexe de montagnes bien connues en Catalogne, constitué par le massif de Garraf et les chaînes de montagnes d'Ordal, derrière lesquels se démarque la montagne de Montserrat avec son profil acéré très caractéristique (1224 m d'altitude, elle est plus élevée et est séparée du massif ainsi que des chaînes de montagnes).
Différents sites en grotte existent dans ces montagnes, du Néolithique ancien Cardial et Épicardial ainsi que du Néolithique moyen initial Postcardial, parmi lesquels on peut distinguer ceux de la Cova de Can Sadurní à Begues (Blasco, Edo et Villalba, 2011) et de la Cova Bonica à Vallirana (Baldelou, 1979) dans le complexe Garraf-Ordal, comme ceux de la Cova Gran et de la Cova Freda à Collbató (Colominas

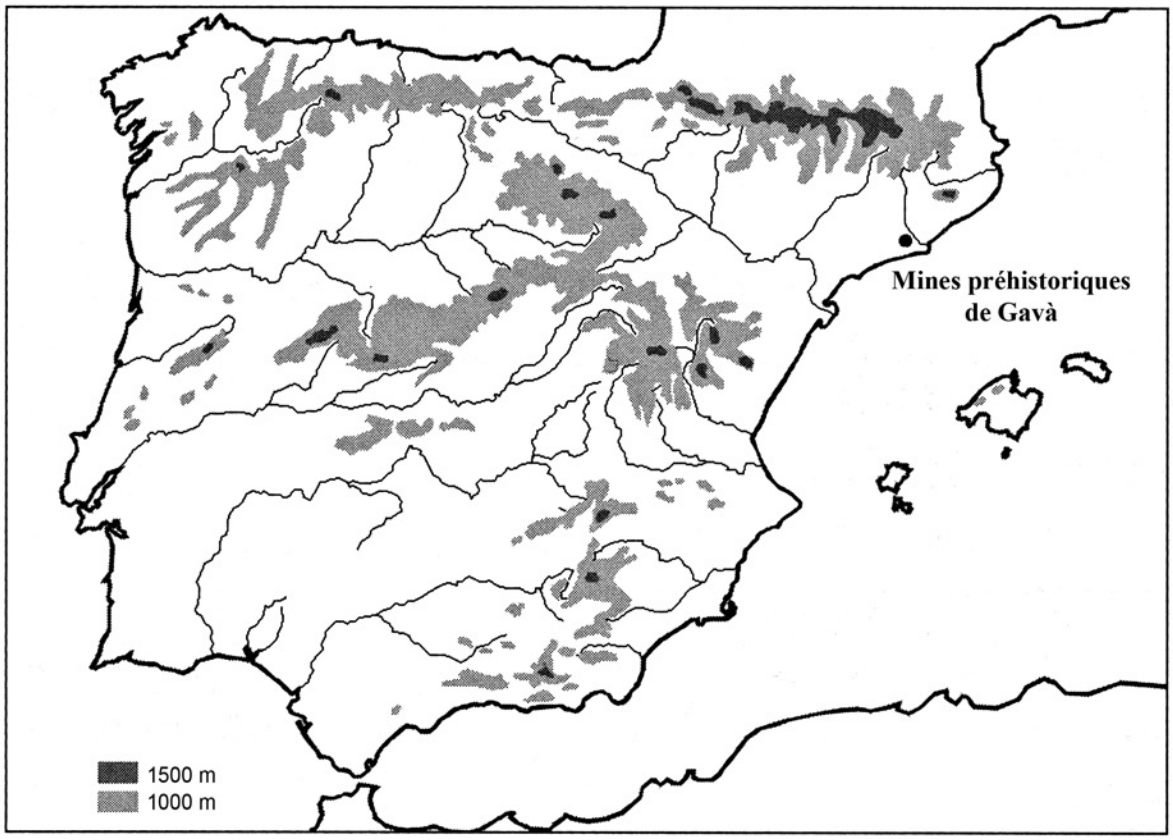


Fig. 1 : Carte de localisation des Mines de Gavà au nord-est de la péninsule Ibérique.

et Espona, 1925) dans la montagne de Montserrat. Il est probable que les habitants de ces grottes aient été les premiers à extraire la *callaïs* du sous-sol de Gavà et que, au fil du temps et notamment durant le Néolithique moyen (4100-3400 cal. av. J.-C.), ils se soient établis au plus près de ces mines pour y travailler, voire pour mieux les contrôler. Il est en effet fortement possible que les échanges de biens matériels aient atteint une telle importance pendant le développement de la culture des *Sepulcre de fossa*, que la *callaïs* soit devenue l'objet de convoitise et d'enjeux stratégiques. Les mines de Gavà ont ainsi pu être désirées et disputées par d'autres groupes que celui qui les exploitait. Cette affirmation est basée sur quelques signes de violence, comme des traumatismes crâniens qui ne découlent probablement pas d'accidents (Casas et Majó, 2009), la spoliation de sépultures, ou encore la cachette d'éléments précieux (Bosch et Borrell, 2009). Ceux qui exploitaient les mines de Gavà devaient non seulement être de bons mineurs, mais devaient également être capables de les défendre et de conserver leur domaine.

Les mines de Gavà se situent sur l'alignement de montagne (cf. *supra*) exactement à la rencontre de trois principales formations lithologiques : des calcaires du Crétacé, des grès du Trias et des ardoises ou schistes du Silurien qui sont couramment désignées par une terminologie moins technique – mais peut-être plus illustrative –, respectivement : « Garraf blanche », « Garraf rouge » et « Garraf noire ». Imaginons des navigateurs et commerçants du Néolithique, à la recherche de *callaïs*… Pour localiser les mines de Gavà, outre la couleur rouge des eaux du fleuve de Llobregat (cf. *supra*), ils pouvaient se guider *via* un repère trichromique conjuguant le blanc, le rouge et le noir, particulièrement remarquable dans ce défilé de montagnes. Enfin, nous pouvons préciser que les mines de Gavà s'élèvent entre 40 et 150 m d'altitude au-dessus du niveau marin, principalement constituées de schistes du Silurien, roche qui contenait la *callaïs*, exploitée durant le Néolithique.



Fig. 2 : Entrée du bâtiment du Parc Archéologique Mines de Gavà, édifié sur le site et entouré par des bâtiments modernes. Photo : Museu de Gavà - Mihail Moldoveanu.



Fig. 3 : Intérieur de la nef du Parc Archéologique Mines de Gavà. On peut observer des modules d'exposition autour des restes des mines 5 et 11, deux des mines les plus connues du site. Photo : Museu de Gavà – Josep Casanova.

2. Découverte du site et synthèse des résultats de recherche

Le site des Mines de Gavà a été découvert vers 1975, près de la maison d'une ancienne ferme appelée « Can Tintorer », qui lui a donné son premier nom. Très rapidement, des prospections et des fouilles révélèrent :
– La chronologie néolithique ;
– La nature minière axée sur l'obtention d'un minéral de couleur verte présent dans les schistes, la *callaïs* ou variscite, avec laquelle ont été réalisées de nombreuses parures trouvées jusqu'alors dans des sépultures néolithiques en Catalogne ;
– La production sur place d'éléments de collier ou de bracelet à partir du minéral extrait ;
– La singularité du site et son intérêt à l'échelle européenne : si des mines néolithiques étaient déjà bien connues, aucune d'entre elles ne témoignait d'une telle complexité structurelle et aucune n'avait été dédiée – comme cela semblait être le cas à Gavà – à l'extraction d'un minéral en vue d'une utilisation seulement ornementale ;
– L'amplitude du site, entre 200 et 250 hectares, selon les données géologiques et l'existence des traces des travaux miniers ;
– La distinction de quatre grands secteurs dans cette grande étendue : trois secteurs miniers (Can Tintorer, Les Ferreres et Rocabruna) et un quatrième (Can Palmer) sans exploitation minière, mais qui aurait pu procurer la roche utilisée dans la fabrication des pics de mineurs (Villalba *et al*., 1986).
Les recherches ultérieures ont finalement écarté ce quatrième secteur, puisque la roche qui s'y trouve n'est pas la cornéenne utilisée pour confectionner la majorité des pics de mineurs de Gavà (Álvarez et Clop, 1998). Cette roche devait être apportée de plus loin, au stade de la préforme, et par la suite façonnée et fixée à un manche court, afin d'obtenir un pic ou une masse de taille réduite, appropriés au travail dans des espaces confinés, comme dans les mines de *callaïs* de Gavà.

Nous ne savons pas actuellement si subsistent, dans un secteur du site, les restes d'un habitat contemporain de l'exploitation minière préhistorique. À ce jour, nous ne disposons que d'indicateurs indirects de l'existence d'un habitat (cf. *infra*) et la question restera donc ouverte tant que nous n'aurons pas de témoignages directs. Les recherches depuis la découverte du site ont par contre révélé des structures minières, toujours souterraines, avec différents degrés de complexité, depuis les simples puits ou galeries isolés, jusqu'aux réseaux connectant les puits, chambres et galeries. À mesure que ces structures minières se développaient, les cavités antérieures étaient remplies avec les déchets produits. Cela permettait d'épargner ou d'économiser les efforts, de réduire les risques d'effondrement, ainsi

que d'éviter l'accumulation de déchets en surface qui auraient rendu difficile l'ouverture de nouveaux puits ou l'installation de champs agricoles qui – selon la palynologie – pouvaient exister à proximité des ouvertures des puits miniers (Riera, 2000).

Les cavités minières creusées à Gavà n'ont pas toujours été comblées, certaines ayant été réutilisées comme sépultures, suivant deux types de pratiques funéraires différentes :
– Inhumation individuelle, dans les parties profondes de la mine, scellée avec des dalles ou des blocs de pierre, et accompagnée d'un matériel représentatif de l'horizon ou culture des *Sepulcre de Fossa* (Bosch et Borrell, 2009) ;
– Inhumation collective et successive en puits miniers, près de la surface, sans aucun arrangement ou division de l'espace, et avec un accompagnement de mobilier peu caractéristique (Villalba, Bañolas et Arenas, 1992).
Ces deux pratiques, d'après les données disponibles, ne sont probablement pas contemporaines. La première – avec des dates radiocarbones centrées sur 3800 cal. av. J.-C. – est antérieure à la seconde pratique, ayant des dates regroupées autour de 3500 av. J.-C. Le mobilier funéraire a révélé que la variscite a été échangée durant le Néolithique moyen avec des haches polies en éclogite provenant du mont Viso dans le Piémont italien, du silex blond issu des affleurements de la Provence occidentale ou encore de l'obsidienne du mont Arci en Sardaigne, entre autres éléments matériels et immatériels découverts à Gavà. Ces mines étaient donc à la fois un foyer de rayonnement et un pôle d'attraction pour cette période (Borrell et Bosch, 2012).

3. Chronologie

Pour ce qui concerne la chronologie des Mines de Gavà, nous disposons actuellement d'environ 30 datations radiocarbones [tabl. I] réalisées par radiométrie ou par AMS, majoritairement sur des charbons – seules deux proviennent d'ossements humains et une seule de faune. Ces datations se situent sur une fourchette allant de 5350 à 4310 BP, à savoir entre 4200/4100 et 2900/2800 av. J.-C. en dates calibrées. La date la plus ancienne correspond à la fin du Néolithique Post-Cardial – ainsi dénommé en Catalogne – qui présente à Gavà des affinités matérielles avec le groupe régional Molinot. La datation la plus récente correspond quant à elle au plein Néolithique final. Mais la plus grande fréquence de ces dates coïncide avec la première moitié du IVe mill. cal. av. J.-C., durant le développement de la culture des *Sepulcres de Fossa*, dont le mobilier abonde dans les remblais miniers ainsi que dans l'accompagnement funéraire des sépultures en mines les plus anciennes.

Il faut cependant signaler que cette chronologie absolue initiale du site ne coïncide pas avec la chronologie relative que l'on peut établir à partir de quelques poteries découvertes à Gavà, qui sont caractéristiques du Néolithique Post-Cardial ou encore de l'Épicardial. C'est le cas des céramiques à surface peignée, à surface polie et décoration à moustache, avec incisions et impressions. La chronologie absolue initiale du site de Gavà ne concorde pas non plus avec celle de certains sites du nord-est de la péninsule Ibérique qui ont délivré des parures en variscite provenant des mines de Gavà, comme l'ont démontré des analyses (Edo, Blasco et Villalba, 1990). Ces sites peuvent remonter au Néolithique Épicardial ou même Cardial, comme le site de la Cova dels Lladres (Vacarisses) avec ses différentes inhumations accompagnées de céramiques, parmi lesquelles deux vases des cols ornés de compositions d'incisions et d'impressions à style épicardial. L'un de ces vases contenait 1856 perles discoïdes de *cardium*, 25 de type « amande » également en coquillage et 139 perles en variscite en forme de « larme » (Ten, 1989). C'est aussi le cas du site de la Cueva de Chaves (Bastarás, Casbas) dans le Haut Aragón, où ont été découvertes – dans un niveau du Néolithique Cardial – des parures en variscite (Baldellou, Utrilla et García-Gazólaz, 2012). Il faut donc considérer que l'extraction de la variscite a pu commencer au Néolithique ancien, peut-être vers le début du Ve millénaire av. J.-C.

Mine/niveau	Référence laboratoire	Datations radiocarbone BP	Type d'échantillon	Bibliographie
Mine 5	Beta 268.775	5160±40	charbon	inédite
Mine 6	I-11.786	5070±100	charbon	Villalba et al., 1986
Mine 7 puit	CSIC-488	4710±50	charbon	Villalba et al., 1986
Mine 7 salle B	CSIC-489	4940±50	charbon	Villalba et al., 1986
Mine 8 galerie A	I-12.158	4880±100	charbon	Villalba et al., 1986
Mine 8 salle F niveau sépulcral	I-12.730	4310±150	charbon	Villalba et al., 1986
Mine 8 salle F1	I-12.731	5350±190	charbon	Villalba et al., 1986
Mine 16 niveau 2	Beta 268.776	5190±40	charbon	Bosch, 2010
Mine 16 niveau 3	Beta 268.777	5030±40	charbon	Bosch, 2010
Mine 16 niveau 6	Beta 268.778	5090±40	charbon	Bosch, 2010
Mine 16 niveau 7	Beta 268.779	5080±40	charbon	Bosch, 2010
Mine 16 niveau 8	Beta 268.780	5160±40	charbon	Bosch, 2010
Mine 16 niveau 9	Beta 268.781	5110±40	charbon	Bosch, 2010
Mine 28 niveau sépulcral	I-13.099	4820±100	charbon	Buxó, Català et Villalba, 1991
Mine 28 niveau sépulcral	UBAR-30	4710±130	charbon	Buxó, Català et Villalba, 1991
Mines 28 niveau sépulcral	UBAR-47	4610±90	charbon	Buxó, Català et Villalba, 1991
Mine 28	UBAR-48	4690±100	charbon	Buxó, Català et Villalba, 1991
Mine 28	UBAR-49	4740±90	charbon	Buxó, Català et Villalba, 1991
Mine 41	UBAR-42	4820±100	charbon	Villalba, 2002
Mine 49	UBAR-41	4970±110	charbon	Villalba, 2002
Mine 70 niveau 2	Beta 61.491	4660±110	os faune	Bosch et Estrada dir., 1994
Mine 70 niveau 5	Beta 72.551	4930±70	charbon	Bosch et Estrada dir., 1994
Mine 70 niveau 6	Beta 72.552	5000±60	charbon	Bosch et Estrada dir., 1994
Mine 70 niveau 6	Beta 72.553	5100±60	charbon	Bosch et Estrada dir., 1994
Mine 83 sépulture et galerie 1	Beta 155.686	5220±110	charbon	Bosch et Borrell coor., 2009
Mine 84 galerie 3a niveau 5	Beta 250.402	4960±40	charbon	Bosch et Borrell coor., 2009
Mine 84 galerie 3b niveau 2	Beta 250.403	4980±40	charbon	Bosch et Borrell coor., 2009
Mine 84 sépulture individu 1	Beta 250.405	4880±40	os humain	Bosch et Borrell coor., 2009
Mine 84 sepulture individu 2	Beta 250.406	4910±40	os humain	Bosch et Borrell coor., 2009
Mine 90 galerie 1 niveau 3	Beta 250.404	5000±40	charbon	Bosch et Borrell coor., 2009

Tableau 1. Datations radiocarbone du site des Mines néolithiques de Gavà.

4. Gavà : mine

4.1 Outils miniers

Les travaux de recherche menés sur le site des Mines de Gavà ont permis de connaître des outils miniers en pierre. Ainsi, la plupart ont été réalisés en cornéenne, une roche d'origine métamorphique présente dans les Pyrénées et dans quelques montagnes littorales de la Catalogne. Cette roche se rencontre également dans des alluvions et sur les terrasses de quelques fleuves (Ter et Segre). Mais la cornéenne

n'existe pas à Gavà même et l'origine précise de la cornéenne des outils de mineurs retrouvés dans la mine n'est pas encore connue (Álvarez et Clop, 1998). Ces outils sont, en règle générale, allongés et de section transversale elliptique. Leurs dimensions varient entre 9 et 11 cm de longueur, 5 et 6 cm de large et 3,5 à 4 cm d'épaisseur. Ces outils à extrémité en général pointue, mais parfois arrondie ou plate, sont dénommés « pics » ou « maillets de mineur » (fig. 4). Ces outils ont été façonnés à Gavà à l'aide de percuteurs sphériques en quartzite, à partir d'ébauches ou préformes en roche cornéenne transportées depuis leur(s) source(s). Ils devaient posséder – pour la plupart – un manche, comme l'indiquent le piquetage plus profond ou les enlèvements d'une partie du talon qui devaient favoriser leur fixation, ainsi que les polissages de surface ou encore les encoches d'usure, attribuables à la ligature d'une manche (Donoso, 1998).



Fig. 4 : Instruments miniers : pic en roche cornéenne, ciseau en os de bœuf et percuteur en quartz, provenant de différentes mines. Longueur du pic : 12,1 cm. Photo : Museu de Gavà - Josep Casanova.



Fig. 5 : Restes de veine de variscite et traces d'impacts des outils miniers sur l'une des parois de la mine 5. Photo : Museu de Gavà - Benet Solina.

D'autres outils miniers ont pu être identifiés : des ciseaux ou burins en os, fabriqués à partir de métapodes de *Bos taurus* (fig. 4). Les fracturations transverses et les traces de percussion sur l'extrémité non affûtée révèlent une utilisation couplée à des percuteurs en matière dure. Les exemplaires en quartzite employés pour façonner les pics ou maillets en cornéenne ont pu également servir dans le cadre de cette percussion indirecte. Les ciseaux ont aussi pu être utilisés pour séparer la variscite de l'ardoise, sur des blocs préalablement détachés de la paroi à coups de pics ou de maillets de pierre (Estrada et Nadal, 1999).

Les traces d'impacts de ces outils sont observables à Gavà sur les parois de quelques mines (fig. 5). Ces pics et ces ciseaux constituent une panoplie mixte (respectivement en pierre et en os) bien adaptée à la résistance variable des ardoises ou des schistes dans lesquels ont été creusées les mines : la friabilité est insuffisante pour n'employer que des instruments légers, comme les ciseaux en os de bœuf ou les bois de cerfs (aucun n'a été découvert à Gavà, mais ils sont fréquents sur d'autres sites miniers contemporains) ; la dureté est également insuffisante et ne nécessite pas de recourir à des outils lourds, comme ceux découverts sur quelques exploitations de cuivre plus récentes – par exemple en Catalogne, les grands maillets en granite du site de la Solana del Bepo (Ulldemolins, Priorat), d'une longueur majoritairement comprise entre 17 et 20 cm, mais pouvant atteindre 38 cm (Vilaseca, 1973) ; une résistance qui n'exige pas l'abattage par le feu, c'est-à-dire un martelage des parois préalablement soumises à l'action de la chaleur puis de l'eau, dans le but de produire un choc thermique facilitant la fracture de la roche – technique utilisée durant la Préhistoire, comme dans le district cuprifère de Cabrières, dans l'Hérault (Ambert, 2002). Tout indique que sur le site de Gavà, le travail minier a été réalisé au Néolithique par

martelage direct des parois. En effet, il n'existe aucune trace de roches rubéfiées ni d'accumulation de charbons. Les schistes, naturellement altérés et facilement clivables, n'imposaient pas le recours à une technique employée pour des roches dures.



Fig. 6 : Puits de la mine 4, avec une descente inclinée et échelonnée. Photo : Museu de Gavà - Josep Casanova.



Fig. 7 : Vue intérieure de la mine 8, avec un couloir d'accès à la chambre principale et une galerie élevée. Photo : Museu de Gavà - Martín García.

4.2 Structures minières

L'exploitation minière s'est développée dans des schistes du Silurien (cf. *supra*). Ils ont un pendage quasi vertical et présentent parfois une couverture du Quaternaire ancien, formée par une croûte calcaire et par des argiles. La variscite est distribuée principalement en filons subverticaux, suivant autant l'inclinaison que la direction des nappes de schistes (à tendance NO-SE). On note toutefois quelques veines mineures, transversales à la schistosité, qui occupent des fractures de la roche (Melgarejo *et al*., ce volume). Étant donné les conditions géologiques, l'exploitation de la variscite par les mineurs du Néolithique a donné lieu à des excavations de morphologie et de dimensions variables (fig. 6 et 7) :
– Des puits presque verticaux d'environ 190 cm de diamètre, une dimension rendue nécessaire par les travaux d'approche, lorsque le recouvrement des schistes – par des argiles et par une croûte calcaire – interdisait l'attaque directe de la roche encaissante du minéral ;
– Des grandes chambres allongées et profondes, qui suivent la direction des schistes et des principaux filons de variscite (à tendance NO-SE), pouvant atteindre près de 10 m de long sur 5 m de profondeur ;
– Enfin, des galeries horizontales plus petites d'environ 90 cm de diamètre et perpendiculaires aux structures précédentes, destinées à suivre des veines secondaires elles aussi plus petites, ou bien utilisées comme galeries de prospection pour localiser de nouveaux filons de minéral vert.
Cet ensemble de structures souterraines, situées sur différents niveaux, forme ainsi un réseau à tendance orthogonale, qui arrive à 15/16m de profondeur depuis le sol actuel. Il y a probablement 109 entrées de mines qui ont pu être détectées à ce jour sur une superficie proche de 200 hectares. Cependant, nous ne pouvons pas préciser combien sont assurément néolithiques ni combien correspondent à des travaux plus récents (romains, voire contemporains), et cette question restera en suspens tant que leurs remplissages n'auront pas été fouillés. Il faut noter que les fouilles n'ont porté que sur une proportion très faible du total des entrées de mines identifiées.

4.3 Le travail dans les mines et leurs remplissages

Dans plusieurs publications antérieures, nous avons proposé qu'à Gavà durant le Néolithique, certaines structures minières aient pu être le résultat de travaux réalisés de manière ascendante, effectués en

remontant de bas en haut (Bosch, Bordas et Estrada, 2005). De cette façon, la séquence des travaux a pu être la suivante (fig. 8) :
– Excavation en surface d'un puits dans les argiles et la croûte calcaire, jusqu'à atteindre les schistes encaissants de la variscite. Quand cela s'avérait nécessaire, il y avait l'ouverture d'une galerie horizontale de prospection, destinée à localiser un ou plusieurs filons de minéral, dont les mineurs pressentaient la disposition verticale (fig. 8, n° 1) ;
– Excavation d'un second puits souterrain à partir de cette galerie, à côté du ou des filons, jusqu'à leur base (fig. 8, n° 2) ;
– Exploitation ascendante du ou des filons localisés, ne laissant que de minces restes de variscite inutilisables pour produire des éléments de collier ou de bracelet. Simultanément, les cavités inférieures étaient remplies avec les déchets générés depuis les zones plus hautes (fig. 8, n° 3, 4 et 5) ;
– Lorsqu'on arrivait au niveau de la galerie de prospection ou au fond du premier puits, la séquence de travail était terminée (fig. 8, n° 6).

Cette manière de procéder expliquerait le comblement des cavités minières observées et présentait, comme évoquée précédemment, plusieurs avantages : une économie d'efforts considérable (en contournant le problème de l'évacuation des sédiments stériles) ; une exploitation minière plus sûre en renforçant la stabilité des cavités exploitées, tout en évitant une accumulation de déchets en surface, qui aurait rendu difficile l'ouverture de nouveaux puits.

Le type de remplissage décrit ici correspondait aux parties profondes des mines. Les puits d'accès ont été comblés avec les terres environnantes, où l'on a trouvé des matériaux multiples et variés, parmi lesquels :
– Des tessons de céramiques de nombreux vases différents ;
– Divers types d'industrie lithique (outils en silex, haches en roches polies, outils de mineurs en roche ou en os, polissoir en roche abrasive…) ;
– Des perles en variscite cassées en cours de fabrication et rejetées, un fait qui indique que Gavà a été à la fois une mine et un atelier ;
– Des matériaux de construction en terre, qui démontrent indirectement l'existence d'un habitat proche ;
– Des restes de faune appartenant à des espèces autant domestiques que sauvages, et autant terrestres qu'aquatiques ;
– Enfin, des restes botaniques (charbons, graines et pollens) provenant d'espèces végétales sylvestres ou cultivées.

Un remplissage comme celui-ci ressemble à une accumulation volontaire de résidus dans des puits miniers, c'est-à-dire à leur réutilisation comme dépotoir d'ordures. Nous n'excluons pas, cependant, un sens magique pour ce comblement, lié à la croyance que remplir les mines en leur totalité restituerait les sous-sols exploités dans leur état originel et faciliterait ainsi une régénération spontanée du minéral dans la terre.

Nous avons déjà souligné que les cavités minières pratiquées à Gavà durant le Néolithique n'ont pas toujours été comblées. Certaines, après leur exploitation, ont été reconverties en lieux funéraires. L'étude anthropologique des restes des personnes inhumées a apporté un lot d'informations sur leur vie et leurs activités quotidiennes. Nous avons pu observer de manière générale une robustesse considérablement plus élevée des membres supérieurs par rapport aux membres inférieurs. Le développement marqué des insertions musculaires sur les humérus a été mis en évidence, et relié à des gestes répétitifs de percussions de la roche de la mine. Le développement des insertions musculaires sur les fémurs est quant à lui à mettre en relation avec la flexion du tronc corporel : une posture contrainte par les dimensions réduites des cavités minières. Tous ces éléments constituent de possibles marqueurs osseux compatibles avec les travaux miniers, marqueurs qui ont par ailleurs été observés autant sur des ossements d'individus

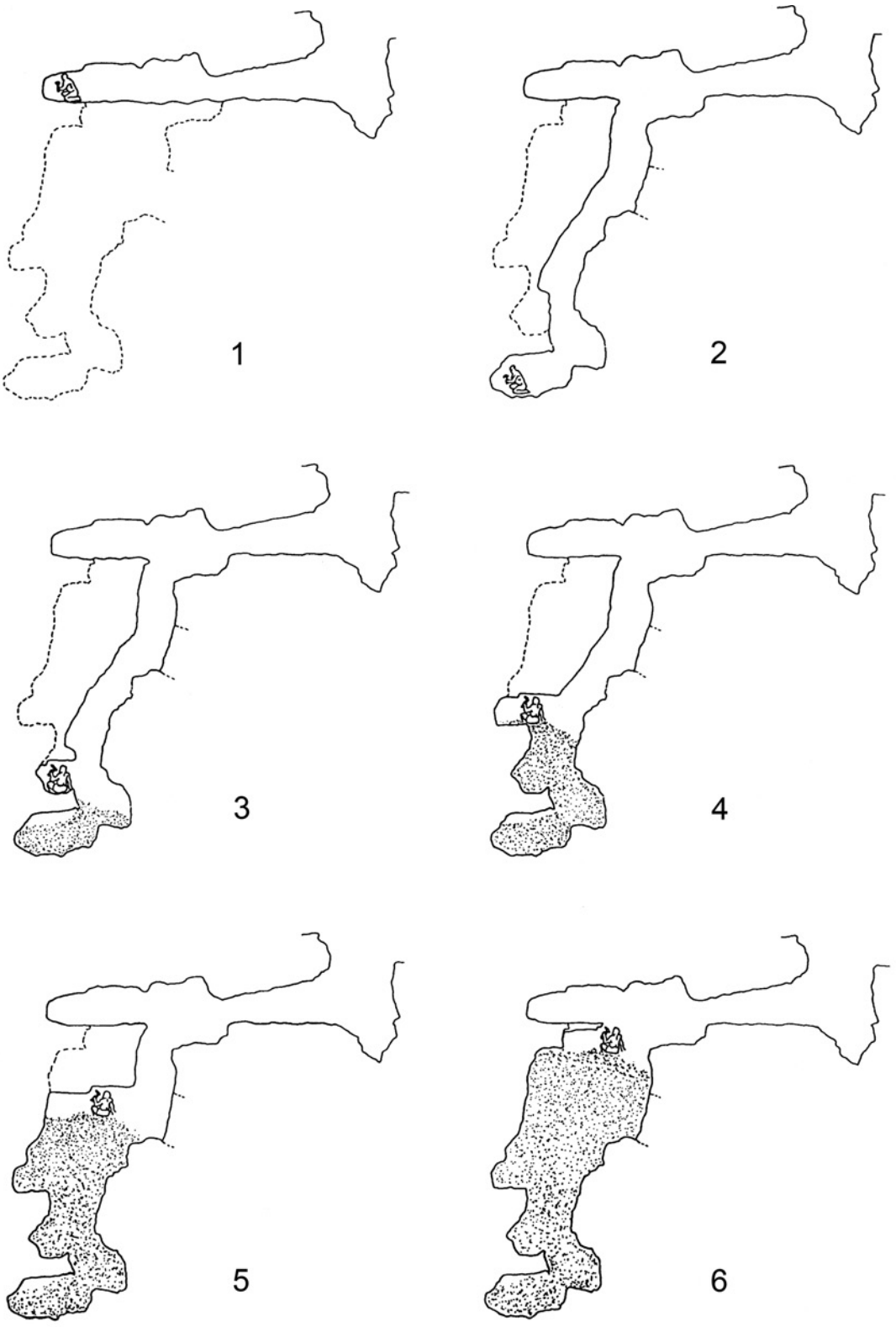


Fig. 8 : Séquence d'exploitation minière de bas en haut proposée pour la mine 11 : 1) excavation d'un premier puits et d'une galerie pour localiser le filon de variscite ; 2) excavation d'un second puits suivant le filon jusqu'à sa base ; 3, 4 et 5) exploitation ascendante du filon et comblement simultané de la cavité obtenue ; 6) fin de l'exploitation au niveau de la première galerie. Réal. J. Bosch.

masculins que féminins. Sur la question de la division sexuelle du travail, nous pouvons ainsi dire que les hommes comme les femmes ont pu travailler dans les Mines de Gavà au Néolithique (Casas et Majó, 2009 ; Borrell, Bosch et Majó 2015).



Fig. 9 : Bijoux en variscite cassés ou rejetés lors de leur élaboration, issus de différentes mines de Gavà. Longueur de la pièce la plus grande : 27 mm. Photo : Museu de Gavà - Josep Casanova.

5. Gavà : atelier

Le mobilier archéologique, abondant et de nature variée, découvert au cours des fouilles à l'intérieur des puits de Gavà a révélé qu'une communauté vivait autour des mines au Néolithique moyen et que le façonnage des bijoux se faisait au sein de celle-ci. La présence de perles de variscite cassées ou rejetées lors de la chaîne opératoire de fabrication – ébauches, préformes polies ou bien pièces cassées accidentellement durant le perçage (fig. 9) – témoigne de cette confection sur place.

Les phases principales du procédé d'élaboration des perles en variscite ont pu être établies :
– Dans un premier temps, le dégrossissage, la régularisation et la mise en forme des fragments de variscite par la taille ;
– Puis leur polissage avec des polissoirs en grès, une roche sablonneuse et abrasive de couleur rouge que l'on trouve à Gavà même, à proximité des mines (fig. 10) ;
– Ensuite, la phase de perforation depuis les deux faces des éléments de bijoux, avec un trépan à disque pourvu d'un perçoir-foret en silex à une extrémité ;
– Enfin, les éléments de colliers devaient être lustrés, probablement avec des peaux ou du cuir.

La perforation devait être le moment le plus critique du processus de façonnage des bijoux en variscite. En effet, l'analyse des perles rejetées en cours de la fabrication indique que la majorité d'entre elles étaient fracturées au moment de la perforation : sur environ 150 pièces de colliers ou bracelets, presque



Fig. 10 : Polissoir en grès utilisé pour fabriquer des pièces de bijoux en variscite. Au-dessus : pièce en forme de petit tonneau en cours d'élaboration. On aperçoit les sillons laissés par le frottement. Provenance : mine 1 de Gavà. Longueur du polissoir : 15 cm. Photo : Museu de Gavà - Josep Casanova.

une centaine avait été brisée.

Les perçoirs en silex étaient façonnés à partir de lamelles à dos double, à retouches abruptes et d'une épaisseur de deux millimètres (fig. 11). Un polissage longitudinal a permis de régulariser les arêtes (d'après les observations à la loupe binoculaire). Ce type de mèche devient cylindrique avec l'usure due à leur utilisation. Les perforations qui en résultent étaient biconiques ou cylindriques et elles étaient réalisées à partir des deux faces des perles, dont la finesse et la régularité impliquaient l'usage de dispositifs de calage des pièces ainsi que l'emploi d'un perçoir à axe rotatif, du genre drille ou chignole à va-et-vient activé par un archet (Arenas, Bañoles et Edo, 1992 ; Bosch, Estrada et Noaín, 1996 ; Noaín, 1999).

Différents types de perles en variscite ont été



Fig. 11 : Perçoirs ou mèches en silex. Provenances : mine 16 de Gavà. Longueur du perçoir le plus long : 14 mm. Photo : Museu de Gavà - Josep Casanova.

documentés à Gavà : les morphologies discoïdales, ou « en petit baril » ou « tonneau » sont les plus nombreuses, mais il existe également des typologies plus rares (aplaties elliptiques, rectangulaires et triangulaires, ou plus grosses et « en équerre ») (fig. 12).

Nous terminerons cette section par la question de l'identité des producteurs de parures en variscite. L'étude des sépultures en mine indique que les personnes qui extrayaient le minéral étaient aussi les fabricants de perles en variscite. Ainsi, dans le mobilier funéraire d'un sujet adulte inhumé dans la mine 83 de Gavà (fig. 13), on trouve un outil de mineur (un ciseau en os) ainsi que des fragments de variscite bruts et travaillés, réserve de préformes de perles signifiant son statut de joaillier. Le travail minier et le travail de bijoutier semblaient donc concerner les mêmes personnes. Le reste du mobilier de cette inhumation comportait des objets précieux, notamment 61 perles en variscite, 241 perles en corail rouge, une lamelle en obsidienne provenant du Monte Arci en Sardaigne, trois



Fig. 12 : Perles en variscite avec différentes morphologies : discoïdale, en tonneau, aplatie triangulaire et rectangulaire. Provenance : mine 85 de Gavà. Longueur de la pièce triangulaire : 30 mm. Photo : Museu de Gavà - Benet Solina.

haches polies en éclogite tirant leur origine du mont Viso dans le Piémont italien, ainsi que des nucléus, des lames et des armatures de projectiles en silex blond qui pourrait provenir de Provence occidentale. Il s'agissait d'un individu dont on a voulu souligner la richesse et l'ampleur des relations avec le monde méditerranéen de son époque. C'était apparemment un mineur et un artisan qui avait joué un rôle actif dans la diffusion de la variscite et qui faisait étalage des richesses obtenues en contrepartie (Bosch et Borrell, 2009).

6. Les Mines de Gavà et la culture néolithique catalane des *Sepulcres de fossa*

Comme évoqué précédemment, l'exploitation des Mines des Gavà était surtout motivée par l'échange extérieur : des roches alpines, du silex de Provence et de l'obsidienne de Sardaigne arrivaient ainsi en contrepartie de la variscite, tout comme de nombreux autres éléments matériels et immatériels tels que le poids de métier à tisser de type Lagozza, les résidus de cinabre imprégnés dans une coquille, ou encore la forme, la décoration et la technique de quelques céramiques (bouche carrée, finition soignée avec une cuisson réductrice, voire même à l'*almagra* – ocre rouge – ou des incisions, etc.). Selon nous, les Mines de Gavà ont été stratégiques pour la formation et le développement de la culture néolithique catalane des *Sepulcres de Fossa*. Celle-ci a une existence située entre, approximativement, 4100 et 3400 cal. av. J.-C. et s'enracine localement, comme en témoignent les sépultures du Néolithique Post-Cardial antérieur, même si la présence d'éléments exogènes est très importante. Nous pensons que les Mines de variscite de Gavà ont constitué à la fois un foyer de rayonnement et un pôle d'attraction stratégiques pour la culture des *Sepulcres de Fossa*.

Nous terminerons cet article avec la *Venus de Gavà* que nous percevons comme une allégorie de la culture des *Sepulcres de Fossa*. Elle correspond à une partie d'un récipient en céramique, avec une représentation anthropomorphe féminine sur laquelle nous distinguons des yeux en forme de soleil, un long nez, des bras repliés à angle droit, des seins, des mains en repos sur un ventre qui semble être celui d'une femme enceinte, une femme ornée de bracelets à chaque bras et d'un collier en forme de peigne. En raison de ses caractères indubitablement féminins, de son attitude expressive maternelle et





Fig. 13.2



Fig. 13.3

Fig. 13 : Objets qui composaient le mobilier de la sépulture de la mine 83 de Gavà : céramique, nucleus, lames et pointes de flèche en silex, lame en obsidienne, outils en os, (ciseau de minier cassé notamment), haches en pierre, fragments de variscite et perles en variscite et corail rouge. Longueur de la hache la plus grande : 16,1 cm. Longueur de la perle en variscite la plus grande : 35 mm. Fig. 13.2 et 13.3 ,longueur des perles en corail : entre 3,8 et 5,5 mm. Photo : Museu de Gavà - Josep Casanova.

protectrice, nous pouvons l'interpréter comme un symbole de fécondité et de création de la vie.
De notre point de vue, cette œuvre est issue de la fusion de deux courants : d'un côté, une tradition de représentations anthropomorphes sur céramique bien connue sur le littoral méditerranéen de la péninsule Ibérique depuis le Néolithique Cardial ; de l'autre, un style chasséen arrivé depuis le nord des Pyrénées.
Récemment, a été découvert sur le site de Costamar (Torre la Sal, Ribera de Cabanes) au nord du Pays valencien, un vase illustrant la tradition ibérique. Daté du premier quart du Ve mill. cal. av. J.-C., il a une hauteur de 36-40 cm et représente un anthropomorphe incisé qui occupe tout le champ décoratif, avec les jambes « en M » – position d'accouchement – (Sanfeliu et Flors, 2009, p. 292).
Des éléments remarquables sont cependant à rapprocher du Chasséen sur la *Venus de Gavà* : le finissage soigné de la surface, la coloration foncée, le motif solaire, la profusion décorative – à un moment où prédominait l'absence de décoration en Catalogne – et enfin, les fines incisions avec incrustation d'un colorant blanc.
C'est avec l'union d'éléments d'origines diverses, reconnus au nord et au sud des Pyrénées, que nous considérons la Venus de Gavà comme une allégorie de la culture des *Sepulcres de Fossa*.

Remerciements

Je termine cet article en remerciant les organisateurs du colloque international *Callaïs*, Emmanuelle Vigier (Musée de Préhistoire de Carnac), Serge Cassen (Université de Nantes) et Guirec Querré (Université de Rennes 1) pour m'avoir invité à participer. Je souhaite également finir avec un souvenir pour le Docteur Jean L'Helgouac'h, que j'ai rencontré à Santiago de Compostela, en 1996, lors du colloque international *O Neolítico atlántico a as orixes do megalitismo*, où il évoquait les possibles connexions entre la Méditerranée et l'Atlantique, relatives à l'art mégalithique, mais aussi à la *callaïs* ou variscite.
Cet article constitue un travail de synthèse, non l'ouvrage d'un seul auteur. Il est fondé sur les travaux de différentes équipes de fouilleurs et de chercheurs qui ont travaillé sur le site des Mines de Gavà depuis leur découverte.

Bibliographie

Álvarez, A. et Clop, X. 1998. Determinación de la materia prima del utillaje minero de las minas neolíticas de Gavà (Barcelona). In J. Bosch, X. Terradas et T. Orozco (ed.), *Actes de la 2a reunió de treball sobre aprovisionament de recursos lítics a la prehistòria* : 145-151. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 2).

Ambert, P. 2002. Utilisation préhistorique de la technique minière d'abattage au feu dans le district cuprifère de Cabrières (Hérault). *Palevol Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 1(8) : 711-717.

Arenas, J., Bañolas, L. et Edo, M. 1992. La callaïta. Transformació de la matèria primera a can Tintorer. In "*Centenaire de la naissance de P. Bosch Gimpera*", *Estat de la investigació sobre el neolític a Catalunya. 9è colloqui internacional d'arqueologia de Puigcerdà* : 209-212. Andorra, Institut d'Estudis Ceretans.

Baldellou, V. 1979. Los materiales arqueológicos de la "Cova Bonica" de Vallirana (Barcelona). *Ampurias, Revista de Arqueología, Prehistoria y Etnografía* 36-37: 1-20.

Baldellou, V., Utrilla, P. et García-Gazólaz, J. 2012. Variscita de can Tintorer en el Neolítico Antiguo del valle medio del Ebro. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 307-314. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Blasco, A., Edo, M. et Villalba, M.J. 2011. *La Cova de Can Sadurní i la Prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació*. Milano, Hugony Editore (EDAR Arqueología y Patrimonio).

Borrell, F. et Bosch, J. 2012. Las minas de variscita de Gavà (Barcelona) y las redes de circulación en el

Neolítico. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 315-322. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Borrell, F., Bosch, J. et Majó, T. 2015. Life and death in the Neolithic variscite mines at Gavà (Barcelona, Spain). *Antiquity* 89 : 72-90.

Bosch, J. et Estrada, A. (dir.) 1994. *El neolític postcardial a les Mines Prehistòriques de Gavà (Baix Llobregat)*. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 0).

Bosch, J., Estrada, A. et Noaín, M.J. 1996. Minería neolítica en Gavà (Baix Llobregat, Barcelona). *Trabajos de Prehistoria* 53(1) : 59-71.

Bosch, J., Bordas, A. et Estrada, A. 2005. Trabajos de excavación y restauración en las minas neolíticas de Gavà (Baix Llobregat, Barcelona): aproximación a su estructura y a su proceso de explotación. In P. Arias, R. Ontañon et C. García-Monco (ed.), *Actas del III congreso del Neolítico en la Península Ibérica, Santander 2003* : 271-276. Santander, Universidad de Cantabria.

Bosch, J. et Borrell, F. 2009. *Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998-2009. De la variscita al ferro : neolític i antiguitat*. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 4).

Bosch, J. 2010. Representaciones antropomorfas muebles del Neolítico en Cataluña: primeros ídolos oculado. In C. Cacho, R. Maicas, E. Galan et J. A. Martos (coord.), *Ojos que nunca se cierran. Ídolos en las primeras sociedades campesinas* : 13-37. Madrid, Museo Arqueológico Nacional.

Buxó, R., Catalá, M. et Villalba, M.J. 1991. Llavors i fruïts en un conjunt funerari situat en la galeria d'accés a la mina 28 del complex miner de Can Tintorer (Gavà). *Cypsela* 9 : 65-72.

Casas, A. et Majó, T. 2009. Estudi arqueoantropològic de les restes humanes neolítiques de les mines 84 i 90 de Gavà (Baix Llobregat). In J. Bosch et F. Borrell (coord.), *Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998-2009. De la variscita al ferro : neolític i antiguitat* : 209-223. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 4).

Colominas, J.M. et Espona, B. 1925. Prehistòria de Montserrat. *Analecta Montserratensia* 6 : 225-325.

Donoso, G. 1998. El estudio tipológico del utillaje fabricado sobre corneana en el yacimiento neolítico de las Minas Prehistóricas de Gavà-Can Tintore. In J. Bosch, X. Terradas et T. Orozco (ed.), *Actes de la 2a reunió de treball sobre aprovisionament de recursos lítics a la prehistòria* : 137-144. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 2).

Edo, M., Blasco, A. et Villalba, M.J. 1990. Approche de la carte de distribution de la variscite des mines de can Tintorer, Gavà (Catalogne). In M. Lenoir et M.R. Séronie-Vivien, *Le silex de sa genèse à l'outil, Actes du Ve colloque international sur le silex* : 287-298. Paris, Centre national de la recherche scientifique (Cahiers du Quaternaire 17).

Estrada, A. et Nadal, J. 1999. La industria ósea del yacimiento de las Minas Prehistóricas de Gavà. Baix Llobregat (Barcelona). In J. Bernabeu et T. Orozco (ed.), *Actes del II congrés del neolític a la península Ibèrica* : 179-185. Valencia, Universitat de València (Saguntum extra 2).

Melgarejo, J.C., Arqués, L., Villanova-de-Benavent, C., Jahwari, T., Torró, L., Bosch Argilagós, J., Castillo-Oliver, M., Campeny, M., Amores, S., Andreazini, A., Lehbib, S. et Camprubí, A. 2018. Use of Raman spectroscopy in the characterization of variscite provenance: the Gavà case. In G. Querré, S. Cassen et E. Vigier (dir.), *Callaïs. La parure en callaïs (variscite, turquoise) du Néolithique européen*. Oxford, Archaeopress.

Noaín, M.J. 1999. Las cuentas de collar en variscita de las Minas Prehistóricas de Gavà (Can Tintorer). Bases para un estudio experimental. In J. Bernabeu et T. Orozco (ed.), *Actes del II congrés del neolític a la península Ibèrica* : 171-178. Valencia, Universitat de València (Saguntum extra 2).

Riera, S. 2000. El paisatge del Garraf fa milers d'anys. La Sentiu. *Quadern de divulgació* 25-26 : 91-105.

Sanfeliu, D. et Flors, E. 2009. Estudio tipológico y estilístico de la cerámica neolítica de Costamar. In E. Flors (coord.), *Torre la Sal (Ribera de Cabanes, Castellón). Evolución del paisaje antrópico desde la prehistoria hasta el medioevo* : 271-299. Castellón de la Plana, Diputació de Castelló (Monografies de

Prehistòria i Arqueologia Castellonenques 8).
Ten, R. 1989. La cova sepulcral neolítica epicardial dels Lladres (Vacarisses, Vallès Occidental). *Empúries* 48-50(II) : 352-355.
Vilaseca, S. 1973. *Reus y su entorno en la Prehistoria*. Reus, Asociación de Estudios Reusenses.
Villalba, M.J., Bañolas, L., Arenas, J. et Alonso, M. 1986. *Les Mines neolítiques de Can Tintorer. Gavà. Excavacions 1978-1980*. Barcelona, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
Villalba, M.J., Bañolas, L. et Arenas, J. 1992. Evidències funeràries a l'interior de les mines de Can Tintorer. In " *Centenaire de la naissance de P. Bosch Gimpera*", *Estat de la investigació sobre el neolític a Catalunya. 9è colloqui internacional d'arqueologia de Puigcerdà* : 209-212. Andorra, Institut d'Estudis Ceretans.
Villalba, M.J. 2002. Le gîte de variscite de Can Tintorer : production, transformation et circulation du minéral vert. In J. Guilaine (dir.), *Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'Âge du Bronze* : 115-127. Paris, Errance.

Palazuelo de las Cuevas and the exploitation of variscite in the North-West of Iberia

Ramón Fábregas Valcarce, Carlos Rodríguez-Rellán

Abstract. Ever since the first mention was published in 1970, Palazuelo de las Cuevas (Zamora) became known as "the variscite source" for North-West Iberia. Later geological surveys and casual finds have shown this mineral to be much more widespread, including other localities in Zamora, Northern Portugal, (Tras-os-Montes), Western León (Bierzo) and Eastern and South-Western Galicia (Ourense and Pontevedra). Still, the evidence of prehistoric mining is little known, perhaps due to the small size of the veins that otherwise are widely scattered, both circumstances possibly having a strong influence on the nature of the quarrying works and their archaeological visibility. Even if the exploitation of variscite should not need to be a complex undertaking, we are not in a position to discard that the manufacture of beads and pendants could have been more centralized in later times (Copper Age), in a similar way as that suggested by the massive fabrication of arrowheads or other items in nearby areas.
Key words: geological constraints, prehistoric quarrying, variscite exploitation and circulation, vein identification.

Resumen. Desde que se dio a conocer en 1970, Palazuelo de las Cuevas (Zamora) se convirtió en «la fuente de variscita» para el Noroeste ibérico. Estudios geológicos posteriores y hallazgos casuales han demostrado que este mineral posee una distribución mucho más amplia, incluyendo otras localidades de Zamora, Norte de Portugal (Tras-os-Montes), el occidente de León (Bierzo) y del este y suroeste de Galicia (Ourense y Pontevedra). Sin embargo, nuestro conocimiento sobre la minería prehistórica es escaso todavía, tal vez debido al pequeño tamaño de las venas que además se encuentran ampliamente dispersas, lo que probablemente tuvo una fuerte influencia en la naturaleza de las labores de extracción y su visibilidad arqueológica. Si bien la explotación de la variscita no tendría que haber sido necesariamente una tarea compleja, no podemos descartar que la fabricación de abalorios y colgantes adquiriese un carácter más organizado y sistemático durante el Calcolítico, con pautas similares a las sugeridas por la fabricación masiva de puntas de flechas u otros artefactos en zonas próximas.
Palabras clave: minas prehistóricas, restricciones geológicas, explotación y circulación de variscita, identificación de filones.

1. Palazuelo and other variscite sources in the North-West of Iberia

Nearly half a century ago, a paper was published about the occurrences of variscite in the western reaches of the Zamora province (Castilla y León, Spain) (Arribas *et al.*, 1971). It provided a thorough geochemical approach to samples taken from two localities set to the South-West of Palazuelo de las Cuevas: the nearby hills of Las Cercas and Teso del Diablo. As a matter of fact, this initial work came to be unintentionally misleading, since most people afterwards tended to assume a rather localized distribution of the variscite sources in that area, which –as we shall see– is not the case at all.

Arriba's seminal paper makes –beyond the obvious interest of the first mineralogical identification of variscite in Spain– several noteworthy points. In the first place, a fact that has been often overlooked: the mineral surges along a geological formation that runs for nearly 30 km. from Pobladura de Aliste to Carbajales de Alba, amidst gray schist and slates of Ordovician age, near the boundary with Silurian materials (fig. 1). Such a widespread localization might be relevant with respect to the actual acquisition of the mineral and, more important from an archaeological perspective, the visibility of the quarries. As to these, the authors observed in the Las Cercas/Teso del Diablo area the existence of two large trenches

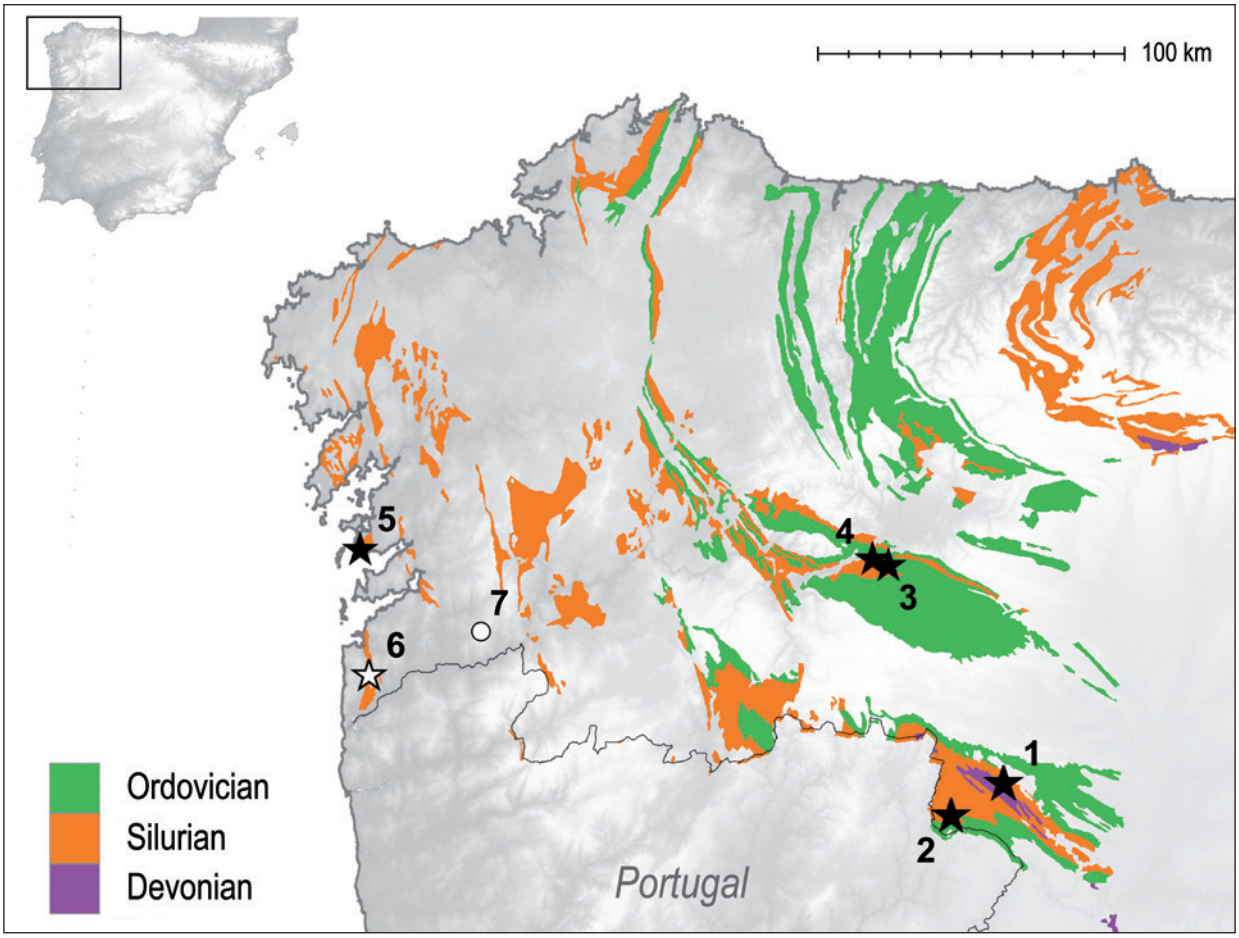


Fig. 1: Green stone sources in the North-West of Spain as related to the Ordovician, Silurian and Devonian formations. Confirmed variscite occurrences (black stars): 1. Palazuelo de las Cuevas (Zamora); 2. El Bostal (Zamora); 3. Yeres (León); 4. Pardollán (Ourense); 5. Punta Montalbo (Pontevedra). Unconfirmed variscite ocurrences (white star): 6. Vilachán do Monte (Pontevedra). Unconfirmed turquoise and moscovite occurrences (white circle): 7. A Franqueira (Pontevedra). Blank areas beyond the international border are due to the unavailability for Portugal of digital maps akin to those we have used here.

that they ascribe to Middle Age Islamic exploitations. Finally, they make a brief mention to a possible occurrence of variscite in Encantada (Pontevedra), a place over which there seems to be some confusion, for other authors locate it in Almería (South-East of Spain) (Vázquez Varela, 1975).
It is the more regrettable that the research about the variscite in that district of Zamora has not followed up such auspicious beginnings: nowadays, the area sampled in 1970 is covered in shrubs (fig. 2), while the patches cleared of vegetation are strewn with the evidence of the activity of stone collectors. Still, some heaps of dirt and accumulations of broken stones (fig. 3) – among which large pieces of variscite still can be found (fig. 4) – suggest the existence of older and more intensive extractive labours, hidden today by the thick overgrowth.

To have at least a general view of the works carried out in the Las Cercas/Teso del Diablo sector, we made use of the high-resolution LIDAR cartography, which allowed us to distinguish several features running along the crests for nearly three km (fig. 5). They consist of fairly narrow trenches (perhaps as many as 12 in the surveyed area) ranging from about 30 m to more than 200 m in length and an average width of approximately 20 m. Looking at the irregular shape of several of the largest features (fig. 6 and 7), it seems plausible that they are the result of two or more quarrying episodes being done successively. If we are to judge from the views furnished by the LIDAR, we could estimate the size of some individual

diggings: they would range from barely 10 m to 40 m long and as much as 4 m. deep, involving the removal of volumes of dirt ranging from 2000 to 17000 m^3, although these are only rough estimates, since the erosion has partially filled the trenches, making impossible to determine their exact depth. Whether these events took place more or less continuously or were more distant in time from one another is hard to decide without accomplishing a systematic fieldwork.



Fig. 2: A view of the Central Sector of the Palazuelo de las Cuevas quarrying works from Las Cercas hillfort.



Fig. 3: Large heap of dirt derived from the excavation of the trenches of the Central Sector and detail of the rubble-strewn surface nearby.



Fig. 4: Variscite from Teso del Diablo, showing the layered and the sphere-like appearance of the mineral.

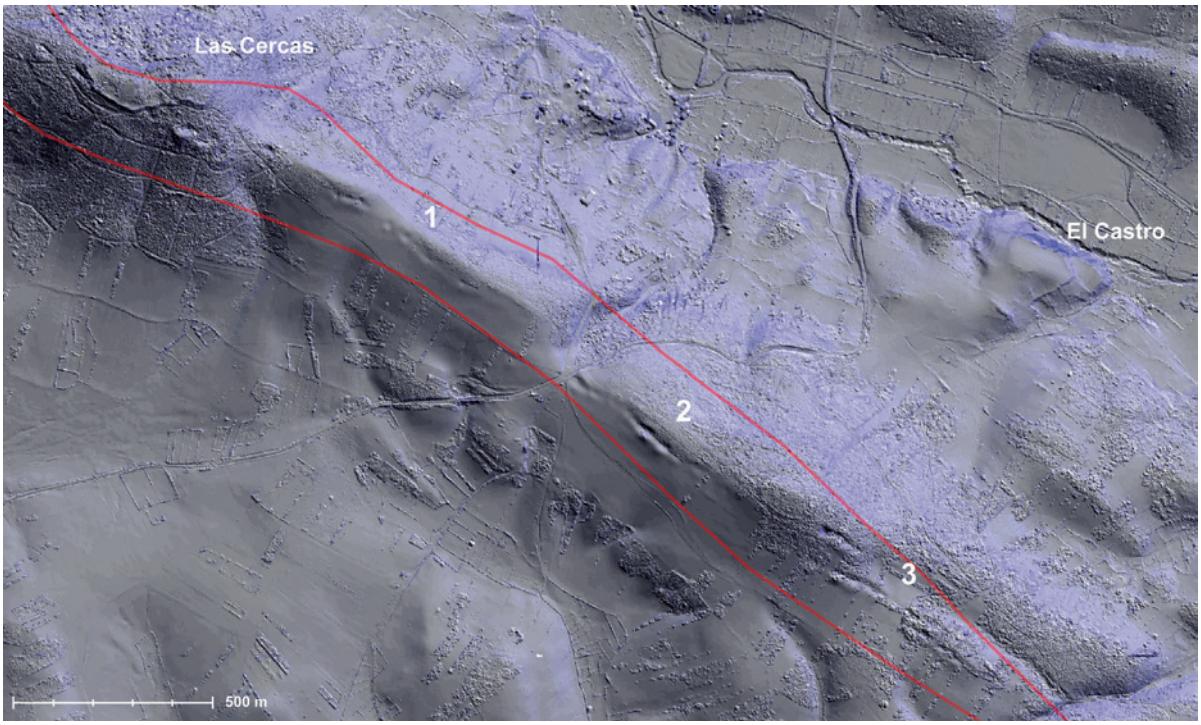


Fig. 5: Digging works documented so far in Palazuelo de las Cuevas. 1. North-west Sector; 2. Central Sector; 3. South-west Sector. The red lines show the limits of the deposits. Las Cercas and El Castro are Iron Age hillforts, the latter with evidences of variscite working (LiDAR 1 m. resol.).

As so often happens in the archaeological endeavour, the isolated variscite occurrence at Pobladura de Aliste / Carbajales de Alba was soon joined by similar finds in the same province (El Bostal), and across the political (if not geological) boundary: a series of analytical works starting in the 80' confirmed the existence of aluminum phosphates (variscite or turquoise) in several localities of Northern Portugal, ranging from Tras-os-Montes to Douro Litoral (Meireles *et al.*, 1987) (fig. 1). In the following decade, variscite was identified in Punta Montalbo (Sanxenxo, Pontevedra – wrongly identified as Punta Corveiro) (Comendador, 1995; Moro *et al.*, 1995), perhaps just one of several findspots along the geological formation Malpica-Tui. And we also have imprecise references about the presence of this mineral in the South-West of Galicia (Usoz, 2012).

Finally, a few years ago, a new source of variscite was identified in Yeres (León), associated with a strip of Silurian shale that stretches for at least five km into the Eastern part of Galicia, where –again– that mineral has been reported in Pardollán (Ourense) (Arias and Jiménez, 2012) (fig. 1). Still, most of the aforementioned spots seem to be minor occurrences whose exploitation in prehistoric times –if it really took place– was probably anecdotic.

In synthesis, several points are worth making about the variscite (or to be more precise, the aluminum phosphates) occurrence in the North-West of Iberia: in the first place, we are under the impression that the known locations are but the tip of an iceberg that, in all probability, will grow in size sooner than later. That widespread distribution, together with the seemingly extension of the variscite-bearing veins in the cases – at least – of León and Zamora, might have been able to meet the demand for this commodity in prehistoric times. That circumstance and the shallow depth at which the variscite was obtained could account for an exploitation pattern requiring no great energy or labor investment that, naturally, would leave little trace behind. We must bear in mind that, far to the South, the prehistoric works at Pico Centeno (Encinasola, Huelva) consist, as far as it has been published (Linares and Odriozola, 2011), of simple trenches in no way comparable in complexity to the tunneling carried through in Gavà (Barcelona) (Bosch and Estrada, 2002). To be sure, a couple of references exist to the presence of galleries dug near the variscite occurrences at El Sierro, less than

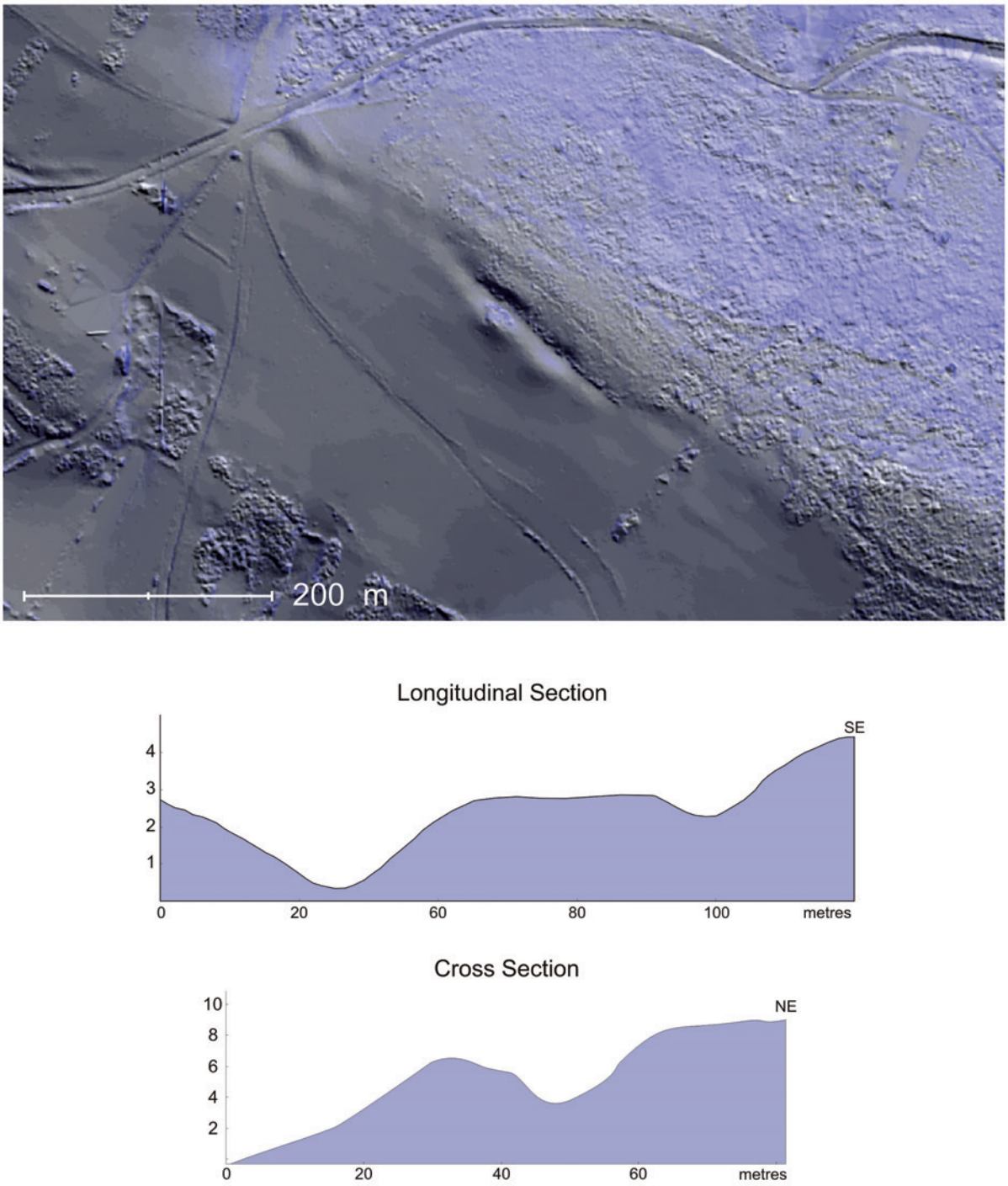


Fig. 6: Detail of the trenches documented in the Central Sector of Palazuelo de las Cuevas (LiDAR 1 m resol.).

one km South-East from the trenches of Las Cercas/Teso del Diablo, and El Bostal (Campano *et al.*, 1985) (fig. 1) but, without further information, it is not possible to ascertain if these works are, in the first place, related to the exploitation of that mineral or, for the matter, its prehistoric chronology.

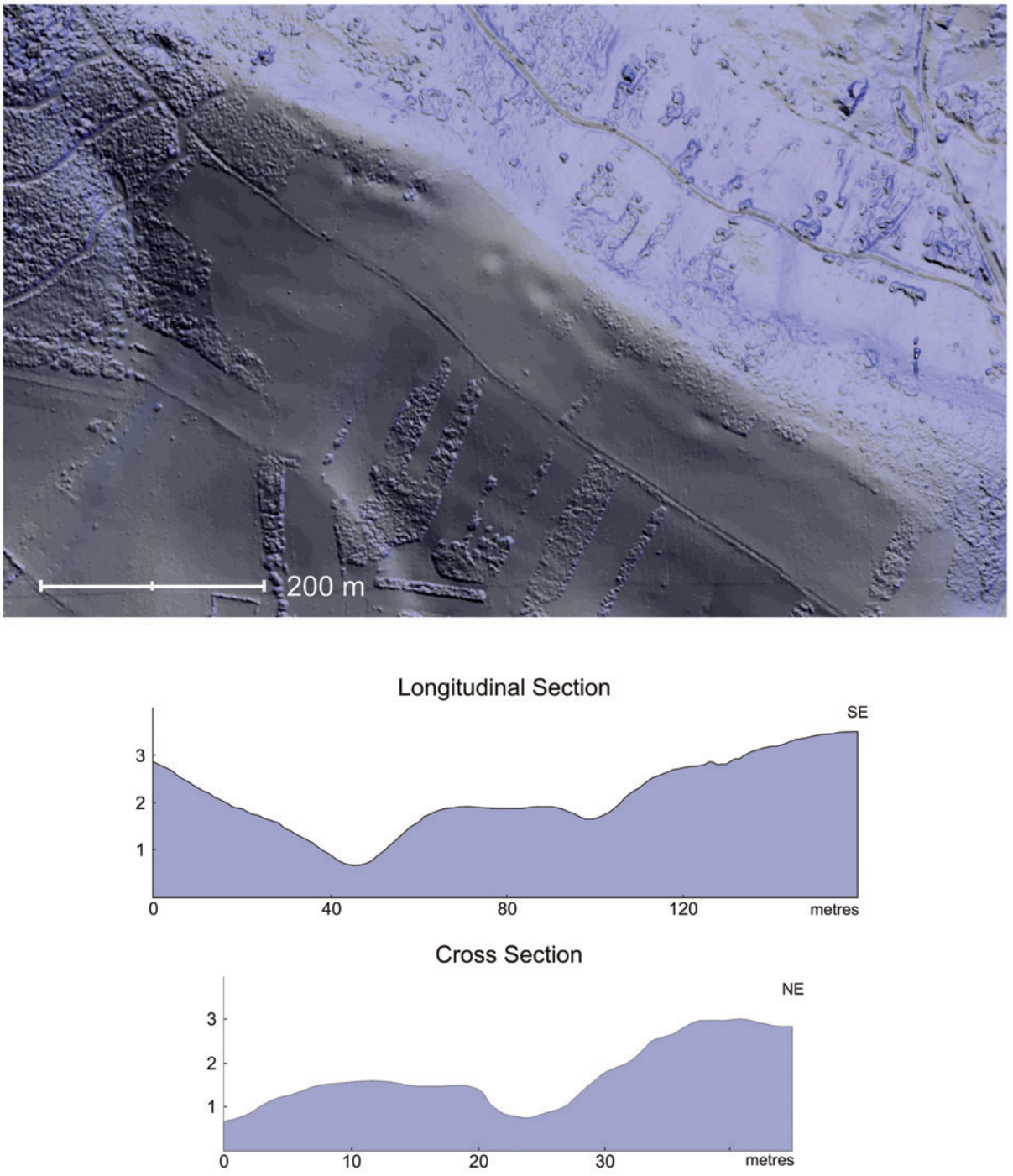


Fig. 7: Detail of the trenches documented in the North-West Sector of Palazuelo de las Cuevas. (LiDAR 1 m. resol.)

2. Prehistoric manufacture and use of the variscite

Our assessment on the nature of the production of ornaments in variscite is painfully impaired by the aforementioned lack of systematic fieldwork at Palazuelo and other source areas in the North-West of Iberia, so much so that we would be presently unable to demonstrate their prehistoric exploitation, were not by the chemically-provenanced artefacts recovered elsewhere from a number of prehistoric

sites. Actually, in spite of the courageous efforts of a few researchers (eg. Gonçalves, 1979; Gonçalves and Reis, 1982) there is still a limited number of analyzed green beads in the Northwest and, besides, most of those mineralogically identified as variscite have not been securely ascribed to a specific source. A further drawback in our study area comes from the little number of closed contexts yielding variscite beads that, also, have reliable radiometric dating.

If the variscite-yielding areas are not particularly informative, we are not better off with respect to the alleged workshops, which –with one exception– have not been the subject of systematic research. The site with more interest is Las Peñas (Zamora), 50 km to the North-East of Palazuelo as the crow flies (fig. 8): surface retrievals at this Copper Age settlement led to numerous finds of beads and chunks of a green material that DRX analysis revealed to be variscite-metavariscite in most cases (18), while trace elements pointed to a provenance from the Palazuelo area. Although no archaeological work has been done at Las Peñas, Blanco *et al.* (1995) propose, quite reasonably, that there is an *in-situ* manufacturing process of beads, judging by the number of unfinished items and unworked fragments of variscite recovered across the site (fig. 9).

Again, surface collection hints at the manufacturing of variscite beads at the Copper Age settlement of Fontanillas de Castro, placed further South in the Zamora province. At this place, a half-drilled bead of –it is presumed– variscite from Palazuelo was recovered (López and Piñel, 1978).

Unlike the other two places just mentioned, Buraco da Pala has been thoroughly researched and published for the last decades (Sanches, 1997). It is a huge rock-shelter, located in the North- East of Portugal, with a long occupation between the 5th and the 3rd millennia BC. While it was reportedly used as a seasonal habitat during the Neolithic, the place seems to acquire a special character during the Copper Age, associated to the competition between groups at a regional level (Sanches, 2015). This new role is substantiated by the occurrence, at this time, of large quantities of vegetable foodstuffs and also gold, copper and variscite items. As to the latter, Buraco has the largest assemblage in the North-West of Iberia: as many as 40 beads were XRD-identified as variscite or metavariscite (out of the 53 pieces analyzed) (fig. 9). Although they were not provenanced, it is thought the raw material was possibly brought from the Ervedosa source, 10/11 hours walking from the site (Sanches, 1997-2: 208). Moreover, two points are worth noting: two of the variscite pieces were halfway in the manufacturing process. Also, nearly all (39 out of 40) come from the level I, well dated in the first half of the 3rd millennium BC, while only one was recovered from the level IV-2, somehow less precisely set in the earlier part of the 4th millennium BC.

Looking at the map of fig. 8 some observations could be made: both sites in Zamora with evidences of manufacturing variscite beads are just beneath the one-day isochrone from Palazuelo; the latter was actually the source of the material worked at Las Peñas, as shown by chemical analysis. In the case of Buraco da Pala, the Ervedosa veins lie slightly beyond the one-day isochrone, although recent works in the area point to the possibility of closer-by ores[1]. In any case, we commented above on the presumably wide distribution of the aluminum phosphates in the North-West of Iberia, thus making the more probable a multiplicity of sources for local or episodic acquisition of this commodity.

Well within Palazuelo's one-day isochrone lies El Pedroso, a complex site located on a paramount position, reinforced with a series of fortifications at the hilltop, complemented with settlement evidence both there and along the slopes of the eponymous hill. There are several rock-shelters too, the largest of which (Cueva del Moro) was decorated with Schematic carvings. The excavations at the latter yielded a large array of artefacts both within and outside the cave (Delibes *et al.,* 1995; Bradley *et al.*, 2005; Alves *et al.*, 2013).

A remarkable feature of El Pedroso as a whole lies in the abundant evidence of manufacture activities, such as the elaboration of ground-stone tools or arrowheads – the latter at a massive scale – within a

1 The latter data come from the fieldwork carried through in recent times by Dr. Manuel Abrunhosa, to whom we want to express our gratitude.

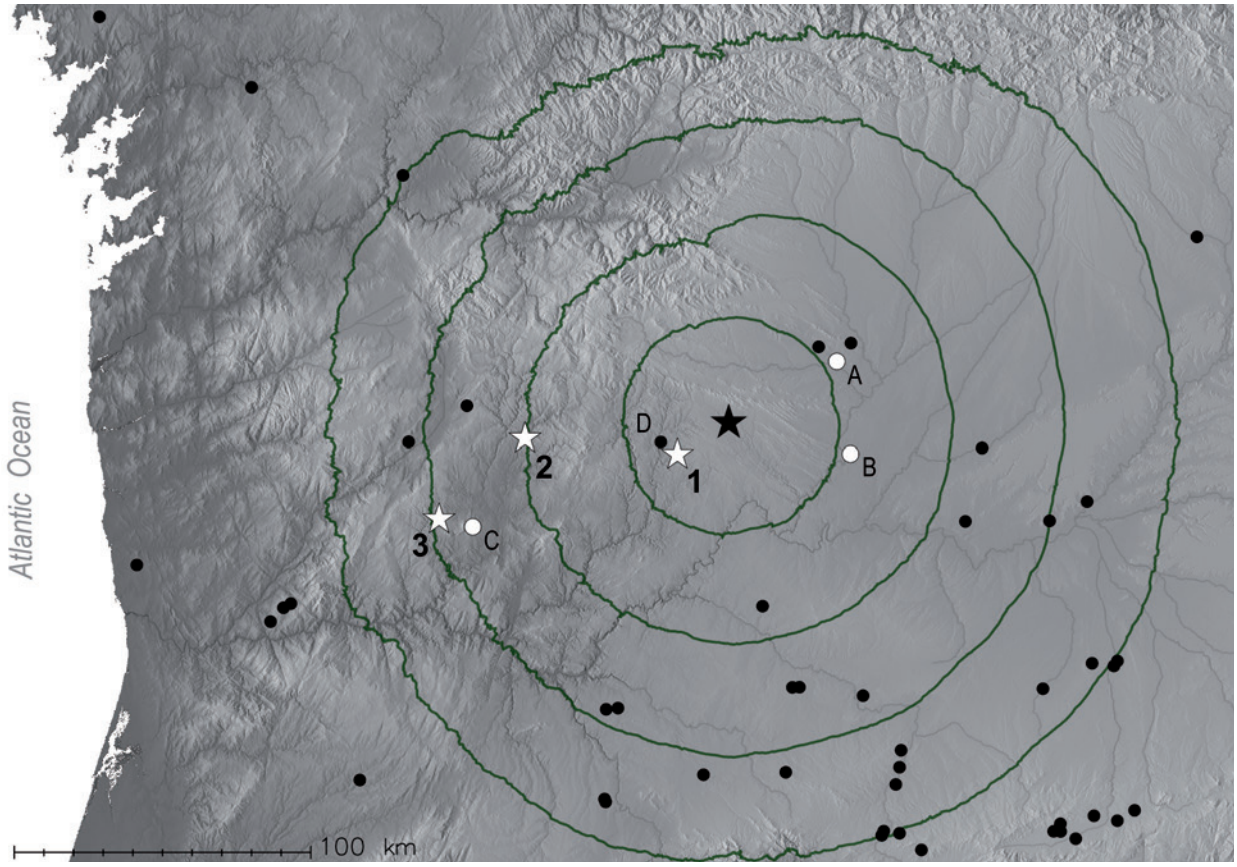


Fig. 8: Eight-hour isochrones from Palazuelo de las Cuevas (black star). Unconfirmed indications of variscite exploitation (white stars): 1. El Bostal; 2. Ervedosa; 3. Jou. Prehistoric sites with possible evidences of variscite transformation (white dots): A. Las Peñas; B. Fontanillas de Castro; C. Buraco da Pala. Prehistoric sites with variscite beads (black dots): D. El Pedroso.

chronological framework that basically spans the second half of the 3rd millennium BC. Thus, it comes as a little surprise the near-absence of variscite items (just two beads reported, fewer than copper finds, for instance) or, for the matter, processing of that material. Given the strategic position of El Pedroso, its defensive character and the reported presence of workshops and other allochtonous materials such as gold or copper, one might expect this polity played a certain role in the production/exchange of green adornments, not just mined in Palazuelo but also at El Bostal, the latter barely 7 km away of from this site. Certainly, that conspicuous absence could be simply due to the limited archaeological work done in such an extensive site as El Pedroso. Another reason might lie on other polity – or polities – taking over the variscite trade in the Zamora sector (Las Peñas, for instance). An alternative explanation, consistent with observations we have made above, could be that the acquisition and working of this material were a largely decentralized undertaking, particularly in its earlier stages (5th/4th millennia BC) when the volume of circulating material might not have been excessively large.

As a matter of fact, we feel that generally a "cash and carry" scheme could be the most feasible hypothesis as to the prehistoric access to the mineral in the North-West of Iberia, not unlike the C to E models proposed by M. de Grooth (1998: 354) in regard to the Rijckholt flint-mines, so that the acquisition and –perhaps– a succinct roughing-out of the blocks extracted at the pits or trenches would be done on site the spot, while the fabrication of the beads took place elsewhere. Of course, we cannot put aside the numerous trenches detected by the LIDAR at Las Cercas/Teso del Diablo or the galleries of El Sierro or El Bostal, which could speak out on a more systematic approach to the exploitation of those sources. Still, we are not in a position to chronologically ascribe those works, given the well-known Roman exploitation

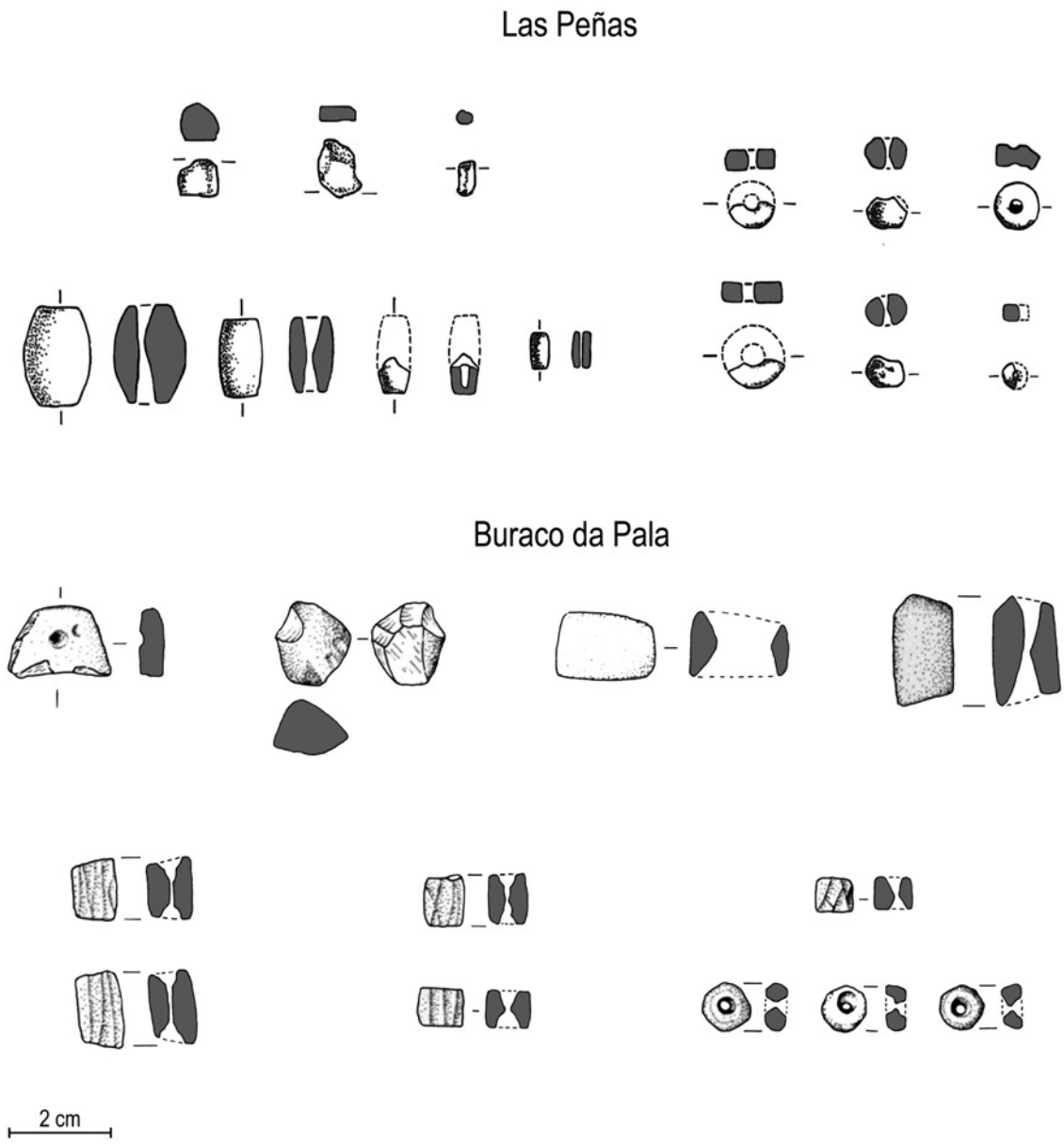


Fig. 9: Variscite beads from Las Peñas (after Blanco *et al*., 1996) and Buraco da Pala (after Sanches, 1997), some of them in process of manufacture.

of the variscite for ornamental purposes and *tesserae* manufacture, as attested repeatedly in Zamora (Campano *et al.*, 1985; Sanz *et al.*, 1990; Gutiérrez *et al*., 2015).

If, on the other hand, we move from the – rather opaque, to say the least – prehistoric contexts of production to those of use of the variscite, it would be possible to define two distinct patterns developing in time: in the 5th millennium and the earlier part of the 4th BC, variscite items occur in reduced numbers across the North-West of Iberia, mostly at funerary sites, while those of a different nature are practically devoid of these kind of finds. A significant shift seems to characterize the distribution in the late 4th / 3rd millennium BC, hinting at a growing importance of the variscite and also to a more directional pattern, by which areas quite far from the Zamora sources accumulate unheard-of numbers of beads with that provenance. Good examples of this trend are the Copper Age settlements of Vila Nova de São Pedro

or Leceia (Portuguese Extremadura) or the megalithic tombs of Matarrubilla (Sevilla) and Anta Grande de Zambujeiro (Évora) (fig. 10). It is the more remarkable that, while in sites hundreds of kilometers away from the mineral veins variscite ornaments appear by the dozens[2], they remain scarce or absent in Copper Age sites of Galicia and Northern Portugal.

Yet, we must bear in mind a few North-Western Iberian sites that seem to depart from the general trends we have just outlined: this is the case of the aforementioned level I at Buraco da Pala; also might be set in this category the mound of Chousa Nova (Pontevedra), where nothing less than 29 variscite beads (and six more of amber) were recovered from a presumably individual burial. Alas, we have no firm provenance for those ornaments neither there is a direct date for the inhumation, although some tiny charcoals underneath the mound yielded a result within the last third of the 5th millennium BC (Domínguez and Bóveda, 2011).
In any case, it is hardly a surprise that the variscite from the North-West of Iberia should travel so far and in such huge quantities during the 3rd millennium BC, for this is a time when we can observe a steady flow (northwards and southwards alike) of commodities and artefacts that portray a vast sphere of interaction spreading from South Portugal to Galicia and the Douro basin, no doubt reflecting a framework of competition –but also shared values– among the upcoming elites of Western Iberia.

3. Summing up

Presently, no hard evidence is available for prehistoric extraction of variscite at Palazuelo or other sources known in the North-West of Iberia. At places like Las Cercas/Teso del Diablo (Zamora), a palimpsest of works –going from (presumably) prehistoric to present times– is clearly visible nowadays.
Well-dated provenanced beads both in Western Iberia and France (Querré *et al*., 2012) point to the start of quarrying activities at the North-Western sources as early as the 5th millennium BC. Some intensification in the extraction/transformation of variscite must have taken place along the 3rd millennium BC.
Like at Pico Centeno and other neighbouring spots in Huelva, carving up the superficial veins and the cutting of trenches might have been sufficient to cover the demand. Nevertheless, we must not rule out more



Fig. 10: Some green beads from Anta Grande de Zambujeiro, stored at the Museo de Évora.

2 For instance, in Vilanova de São Pedro 75 variscite beads were analysed, most of them coming from the Palazuelo mineralizations (Odriozola *et al*., 2013) while a further 277 were examined in Anta Grande do Zambujeiro, nearly all of them traced down to the Palazuelo source (Odriozola *et al*., 2012). In neither case the authors give precise figures or percentages.

technically complex approaches such as the opening of underground galleries, that are well documented in copper mines of León or Asturias during the 3rd millennium BC (De Blas and Suárez, 2009).
While a "cash and carry" acquisition model might be consistent with the (lack of) evidence for Neolithic times, a more directional trade and a certain degree of specialization during Copper Age times seems feasible and the role of 'special places' such as El Pedroso remains to be ascertained.

References

Alves, L.B., Bradley, R. and Fábregas, R. 2013. Tunnel Visions: a Decorated Cave at "El Pedroso", Castile, in the Light of Fieldwork. *Proceedings of the Prehistoric Society* 79 : 1-32.

Arias Ferrero, F. y Jiménez Martínez, R. 2012. La perla del Bierzo : variscitas del Parque Cultural de "Las Médulas". *Estudios Bercianos* 37 : 191-198.

Arribas, A., Galán, E., Martín-Pozas, J.M., Nicolau, J. y Salvador, P. 1971. Estudio mineralógico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). *Studia Geologica* 2 : 115-132.

Blanco, J., López, M.A., Edo, M. y Fernández, J.I. 1996. Estudio analítico de determinación mineralógica y de composición química de las cuentas de collar de calaíta y otras materias del yacimiento de Las Peñas (Quiruelas de Vidriales, Zamora). In *Congrès del Neolític a la Península Ibèrica* : 227-237. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 1).

Bosch Argilagós, J. y Estrada Martín, A. 2002. Minería y producción de adornos de calaíta durante el neolítico en Gavá (Baix Llobregat, Barcelona). In I. Clemente Conte, R. Risch y J. F. Gibaja Bao (dir.), *Análisis funcional : su aplicación al estudio de sociedades prehistóricas* : 237-242. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series 1073).

Bradley, R., Fábregas, R., Alves, L. y Vilaseco, X.I. 2005. El Pedroso, A prehistoric cave sanctuary in Castile. *Journal of Iberian Archaeology* 7 : 125-156.

Campano, A., Rodríguez, J.A. y Sanz, C. 1985. Apuntes para una primera valoración de la explotación y comercio de la variscita en la Meseta Norte. *Anuario del Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo* 2 : 13-22.

Comendador Rey, B. 1995. Sobre la presencia de aluminofosfatos y otros minerales en la provincia de Pontevedra. *XXIIº Congreso Nacional de Arqueología (Vigo 1993)* : 63-68. Vigo (vol. 1).

De Blas Cortina, M.A. y Suarez Fernández, M. 2009. Utillaje faunístico inédito de las labores de cobre prehistóricas de La Profunda (León) y su datación C14 (AMS). *Zephyrus* 64 : 5-18.

De Grooth, M. 1998. The flint mines at Rijckholt-Sint Geertrud and their socioeconomic interpretation. In M. Edmonds and C. Richards (dir.), *Understanding the Neolithic of North-Western Europe* : 351-369. Glasgow, Cruithne Press.

Delibes, G., Herrán, J., Santiago, J. and Val, J. 1995. Evidence for social complexity in the Copper Age of the Northern Meseta. In K. Lilios (dir.), *The origins of complex societies in Late Prehistoric Iberia* : 44-63. Ann Arbor, International Monographs in Prehistory.

Domínguez-Bella, S. y Bóveda, M.J. 2011. Variscita y ámbar en el Neolítico gallego. Análisis arqueométrico del collar del túmulo 1 de Chousa Nova, Silleda (Pontevedra, España). *Trabajos de Prehistoria* 68 : 369-380.

Gonçalves, A.H.B. 1979. Elementos de adorno de cor verde provenientes de estaçôes arqueológicas portuguesas. Importância do seu estudo mineralógico. *Actas da 1ª Mesa Redonda sobre O Neolítico e o Calcolítico em Portugal* : 209-225. Porto, Trabalhos do Grupo de Estudos Arqueológicos do Porto (vol. 3).

Gonçalves, A.H.B and Reis, M. de L. 1982. *Estudo mineralógico de elementos de adorno de cor verde provenientes de estaçôes arqueológicas portuguesas*. Porto, Instituto de Antropologia Dr Mendes Corrêa (Trabalhos do Instituto de Antropologia 43).

Gutiérrez, J., Villalobos, R. and Odriozola, C.P. 2015. El uso de la variscita en Hispania durante la época romana. Análisis de composición de objetos de adorno y teselas de la zona noroccidental de la Meseta Norte. *SPAL* 24 : 165-181.

Linares Catela, J. A y Odriozola Lloret, C.P. 2011. Cuentas de collar de variscita y otras piedras verdes en tumbas megalíticas del Suroeste de la Península Ibérica. Cuestiones acerca de su producción, circulación y presencia en contextos funerarios. *MENGA, Revista de Prehistoria de Andalucía* Monográfico nº 1 : 335-369.

López Plaza, S. y Piñel, C. 1978. El poblado eneolítico de Fontanillas de Castro (Zamora) : Primera aportación a su estudio. *Zephyrus* 28-29 : 191-205.

Meireles, C., Ferreira, N. and Lourdes Reis, M. 1987. Variscite occurrences in Silurian Formations from Northern Portugal. *Comunicaçôes dos Serviços Geologicos de Portugal* 73(1-2) : 21-27.

Moro, M.C., Cembranos, M.L y Fernández, A. 1995. Estudio mineralógico de las variscitas y turquesas silúricas de Punta Corveiro (Pontevedra, España). *Geogaceta* 18 : 176-179.

Odriozola, C.P., Mataloto, R., Moreno, J., Villalobos, R. and Martínez, J.M. 2012. Producción y circulación de rocas verdes y sus productos en el SW peninsular : el caso de Anta Grande do Zambujeiro. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 19 : 125-142.

Odriozola, C.P., Sousa, A.C., Boaventura, R. and Villalobos, R. 2013. Componentes de adornos de pedra verde de Vila Nova de São Pedro (Azambuja) : Estudo de proveniências e redes de troca do 3º milénio A.N.E. no actual território portugués. In J. Morais, A. Martins and C. Neves (dir.), *Arqueologia em Portugal 150 anos* : 457-462. Lisboa, Associação dos Arqueólogos Portugueses.

Querré, G., Dominguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand et G. Querré (dir.), *Roches et Sociétés de la Préhistoire : Entre Massifs Cristallins et Bassins Sédimentaires* : 307-315. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Sanches, M. J. 1997. *Pré-história Recente de Trás-os-Montes e Alto Douro*. Porto, Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnologia.

Sanches, M. J. 2015. The paintings of "oculadas" figures in the Neolithic and Chalcolithic of Northern Portugal: the study case of Serra de Passos. In C. Rodrígueza and R. Fábregas (dir.), in press, *Public images, private readings: multi-perspective approaches to the post-Palaeolithic rock art.* Oxford, Archaeopress.

Sanz, C., Campano, A. y Rodríguez, J.A. 1990. Nuevos datos sobre la dispersión de la variscita en la Meseta Norte: Las explotaciones de época romana. *Actas del Primer Congreso de Historia de Zamora* : 747-764. Zamora, Diputación de Zamora (Prehistoria-Historia Antigua vol. 2).

Usoz, J. 2012. Vilachán Do Monte (Tomiño). Minerales Gallegos. From http://galiciamineral.blogspot.com.es/2012/04/vilachan-do-monte-tomino.html, consulted in January 2016.

Vázquez Varela, J.M. 1975. Cuentas de "calaíta" en la Península Ibérica: datos para la revisión del problema. *Gallaecia* 1 : 25-30.

Pico Centeno prehistoric variscite mines (Encinasola, Huelva, SW Spain)

Salvador Domínguez-Bella, José Ramos-Muñoz

Abstract. Variscite is a phosphate mineral scarce in nature, which had a great value in recent European Prehistory as a precious material with gemological or symbolic value. Prestige items produced with this material were found in the megalithic burials of the Atlantic coast of the Iberian peninsula and France.
In this work we overview one of the main geological deposits of this mineral in the Iberian Peninsula, which was exploited by prehistoric societies: the Pico Centeno mines in Encinasola (Huelva, south-west of Spain). The general geological features of the deposit are described, their mineralogy, the extractive mining techniques used, the geochemical characterization of the mineralization and the state of knowledge about the distribution of variscite objects extracted from this site during recent Prehistory.
Geochemical results on geological and archaeological samples, obtained in last years by different analytical techniques are discussed in relation to their possible source areas in Europe.
These phosphates appear whether as stratiform deposits in cherts and black lydites, intercalated in Silurian shale's and phyllites, whether in nodules and patinas that, by hydrothermal remobilization, have filled fractures with quartz.
Mineralogy is based in the priority presence of variscite (Zamora type). Geochemical data of these variscites indicate a relatively high content in As, particular for this outcrop that with other compositional features and after a statistical analysis can be discriminating for this mine.
The probable Neolithic chronology of the Encinasola mines must therefore be seen in a context of socioeconomic transfers and geographic relationships over very long distances, this is confirmed by the appearance in the area of exceptional objects as jadeitite-omphacitite polished axes and adzes of sillimanite (fibrolite type), rare materials in Europe and scarce in the Iberian peninsula.
These relationships among the Italian Alps (Mont Viso Massif for jadeitites-omphacitites) and the megalithic sites of the Atlantic coast as Carnac (Brittany), Galicia (north-west of Spain), Alentejo (south-west of Portugal) and Andalucía (south-west of Spain) (variscite finds), with the presence of these rare and precious materials suggest possible routes, terrestrial or maritime, for the distribution of these products, throughout thousands of kilometers, by the Neolithic societies in Southwest Europe.
Key words: archaeomineralogy, variscite, prehistoric mine, Neolithic, south-west of Spain.

Résumé. La variscite est un minéral phosphaté rare dans la nature, qui a eu une grande importance au cours de la Préhistoire récente de l'Europe en tant que matériau précieux de grande valeur gemmologique et symbolique.
Les objets prestigieux produits dans ce matériau se trouvent dans les tombes mégalithiques de la façade atlantique, en péninsule Ibérique et en France.
Dans ce travail, nous présentons l'un des plus importants gisements géologiques de ce minéral, dans la péninsule Ibérique, qui a été exploité par les sociétés préhistoriques : les mines de Pico Centeno sur la commune d'Encinasola (province de Huelva), dans le sud-ouest de l'Espagne. Seront décrits successivement les caractéristiques géologiques générales des formations, leur minéralogie, les techniques minières d'extraction utilisées, la caractérisation géochimique des minéralisations et l'état des connaissances quant à la distribution des objets en variscite extraite de ce site lors de la Préhistoire récente.
Les résultats géochimiques obtenus ces dernières années par différentes méthodes analytiques sur échantillons géologiques et sur d'autres objets archéologiques sont discutés par rapport à leurs possibles régions d´origine en Europe. Ces phosphates apparaissent aussi bien en dépôts stratiformes dans des cherts et lydiennes noires intercalés dans des schistes et phyllites d'âge Silurien, que sous la forme de nodules ou placages de variscite qui, par remobilisation hydrothermale, ont rempli les fractures avec également du quartz.

La minéralogie est basée sur la présence en priorité de variscite (type Zamora). Les données géochimiques de ces variscites indiquent une teneur relativement élevée en arsenic (As), notamment pour cet affleurement, qui avec d'autres caractéristiques de composition et après une analyse statistique, peut être discriminatoire pour cette mine.
La chronologie du Néolithique pour les mines d'Encinasola doit donc être envisagée dans un contexte de transferts socio-économiques et de relations géographiques sur de très longues distances, ce qui est confirmé par l'apparition, dans le domaine des objets exceptionnels, de lames et herminettes polies en jadéitite-omphacitite et en sillimanite (type fibrolite), matériaux rares en Europe, notamment dans la péninsule Ibérique (jadéitites).
Ces relations entre les Alpes italiennes (massif du Mont Viso pour les jadeitites-omphacitites) et les sites mégalithiques de la façade atlantique comme ceux de Carnac (Bretagne), de Galice (Nord-Ouest de l'Espagne), de l'Alentejo (Sud-Ouest du Portugal) et de l´Andalousie (Sud-Ouest de l'Espagne) où la variscite a été trouvée, avec la présence de ces matériaux rares et précieux, suggèrent des itinéraires possibles, terrestres ou maritimes, pour l´échange de ces produits sur des milliers de kilomètres, durant le Néolithique dans le Sud-Ouest de l'Europe.
Mots-clés : archéominéralogie, variscite, mines préhistoriques, Néolithique, sud-ouest de l'Espagne.

Introduction

Variscite, a green aluminium phosphate hydrate, is a mineral of the phosphate group, normally associated to other similar minerals such as turquoise. This gemological material appears with other greenish minerals such as turquoise, muscovite or talc in some megalithic burials of the Atlantic European coast. These objects were first found in tombs dating from the 5th millennium to the 3rd millennium BC, and cited by researchers of the 19th century as Damour (1864).
Variscite necklace beads and pendants are especially concentrated in Neolithic graves in the Iberian peninsula and in the south-west of France (Armorican peninsula), especially associated to the megalithism phenomenon of the Western Europe.
These green minerals were prestige goods, probably used as jewels or symbolic objects during the Recent Prehistory, with a distribution over long distancies (Cassen, 1998; Domínguez-Bella, 2004; Querré *et al*., 2014). Different materials as jadeitites-omphacitites, sillimanite-fibrolite, quartz, talc, muscovite, chlorite-clinochlore, fluorite, amber or cinnabar appear in most cases as prestige goods, present in the megaliths (Salvado Canëlhas, 1973; Huet, Gonçalves and Reis, 1982; Domínguez-Bella and Morata, 1995; Cardoso *et al.*, 2012; Cassen *et al*., 2012; Domínguez-Bella *et al.,* 2016).
The Iberian peninsula presents a relatively abundant presence of variscite and turquoise, generally associated with the geological contexts of Silurian age formations, whereas in the rest of Europe the outcrops of these phosphates are very scarce (Forestier *et al.*, 1973). These phosphates appear in aluminous shales, metamorphic rocks that usually appears associated with lydites and chert (Moro *et al.,* 1992, 1995) (fig. 1).
In this work we overview one of the main geological deposits of this mineral in the Iberian peninsula, which was exploited by prehistoric societies, the Pico Centeno mines in Encinasola (Huelva, south-west of Spain) (Nocete and Linares, 1999; Domínguez-Bella, 2004; Odriozola *et al.,* 2013; Odriozola and Villalobos-García, 2015).
The general geological features of the deposit are described, their mineralogy, the extractive mining techniques used, the geochemical characterization of the mineralization and the state of knowledge about the distribution of variscite objects extracted from this site during recent Prehistory.
In last years, geochemical results have been obtained especially by PIXE, ICP-MS-LA, WDXRF, µXRF techniques on these geological and other archaeological samples. These data are discussed in relation to their possible source areas in Europe (Domínguez-Bella and Morata-Céspedes, 1995; Nocete and Linares, 1999; Domínguez-Bella *et al*., 2002, 2003; Querré *et al*., 2014).

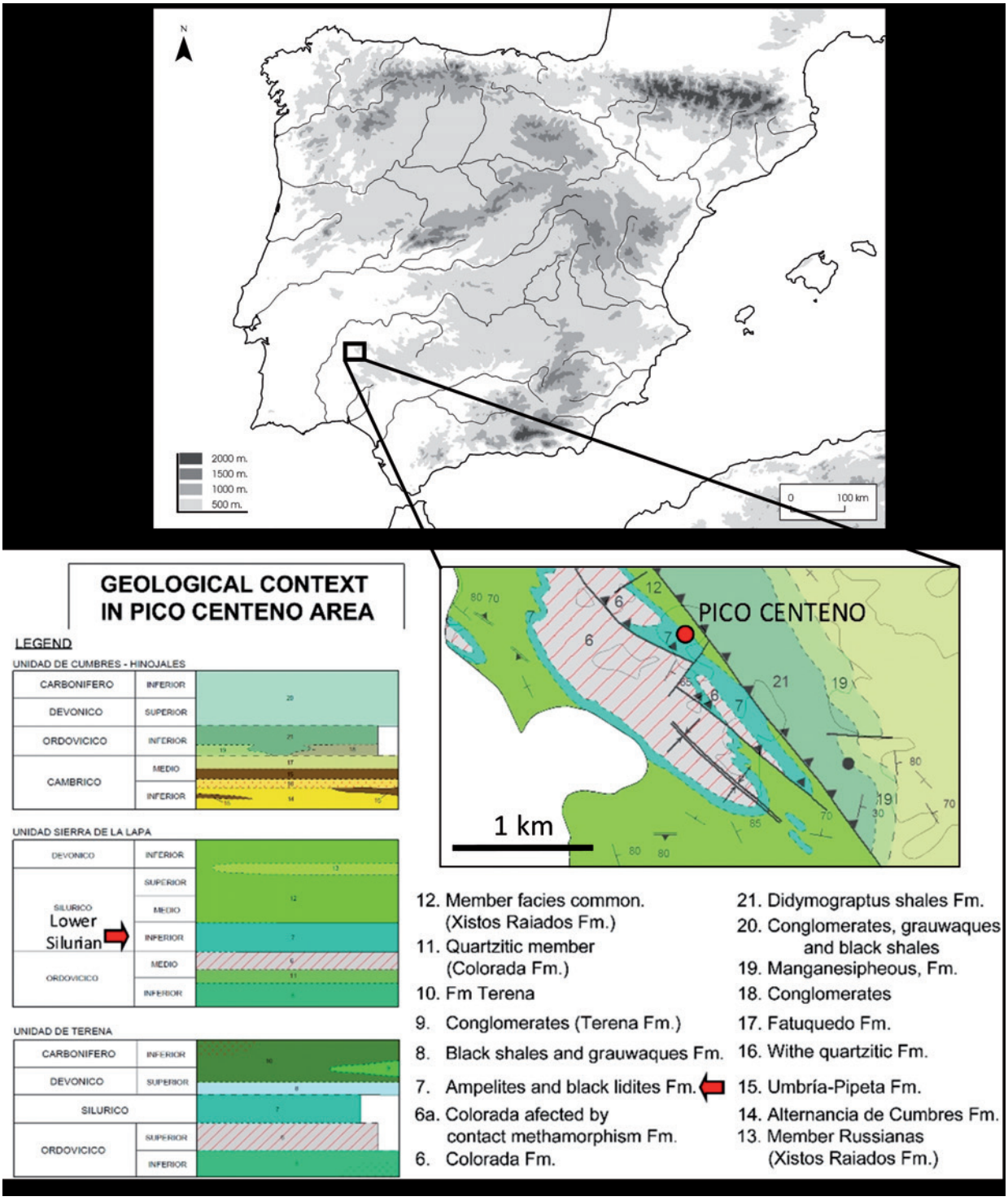


Fig. 1: Localization of the main geological outcrops of aluminium phosphates in the Encinasola-Barrancos area (south-west of the Iberian peninsula) associated with the Lower Silurian metamorphic rocks (modified after IGME, 1994).

The last analyses that we carried out are based on the use of the PIXE technique, in collaboration with the CReAAH French team of the CNRS-Université Rennes 1, developed in the AGLAE facility, C2RMF, Musée du Louvre, Paris (CALLAIS Project, 2010-2011) and the mXRF y XRD techniques, in an interdisciplinary programme of collaboration between Humanities and Earth Sciences. This programme is focused in

determining the nature, origin and distribution of elements of jewellery elaborated in variscite and turquoise during Prehistory, integrated into the CHARISMA European framework.

1. Geology

The main outcrops of these aluminous-phosphatic rocks in Europe are concentrated specially in three specific geographic areas of the Iberian peninsula: the Alcañices synform, a geographical area that includes the province of Zamora, in Northwestern Spain and a part of Northern Portugal, the Gavá area, in Barcelona (north-east of Spain) and the area of Encinasola (Huelva) in the south-west of Spain (fig. 1). In the area of Encinasola, aluminium phosphates appear as stratiform deposits, associated with cherts and black lydites, siliceous materials intercalated in Lower Silurian shale's and phyllites (Upper-Medium Llandovery) (Moro *et al.*, 1995). These materials are part of a Silurian volcanic-sedimentary series in the Terena Synform.

Two types of mineralization are present at this outcrop: a stratiform and the other filonian (Moro *et al*., 1991, 1992, 1995). Variscite is present as nodules and patinas, which by hydrothermal remobilization have filled fractures with quartz (fig. 2). Mineralogy is based in the priority presence of variscite (file: PDF4 ICDD: 0025-18 Zamora type), metavariscite and strengite (Moro *et al*., 1992, 1995) (fig. 3).

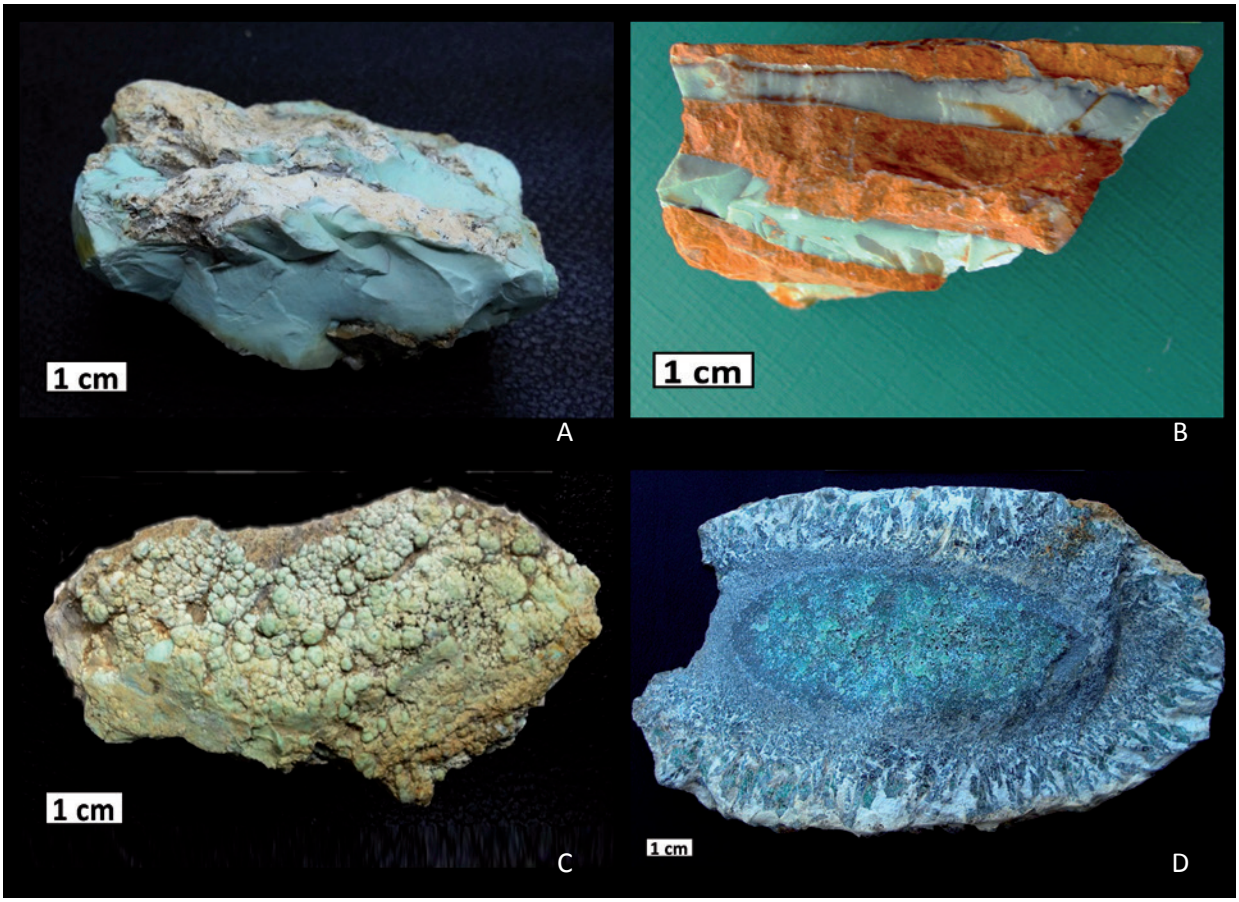


Fig. 2: Variscite geological samples from Pico Centeno, in the Encinasola-Barrancos area. A-B: Variscite pale green veins; C: Variscite globular oncoids; D: Siliceous nodule with prismatic pseudomorphs (?) of variscite and radially-fibrous quartz aggregates at the external zone and spherulitic variscite with quartz crystals in the core.

Variscite, metavariscite, strengite, turquoise, wavellite, crandallite quartz and iron oxides can be usually present inside the Iberian mineral paragenesis (Moro *et al*., 1995), but the Pico Centeno mines, in the area of Encinasola, present a smaller mineralogical variety (Moro *et al*., 1992) (fig. 3).
Geochemical data of these variscites, obtained by PIXE, indicate a relatively high content in Arsenic (As), particular for this outcrop, that with other compositional features and after a statistical analysis, can be a discriminating criterion for this mineralization (Querré *et al*., 2014).

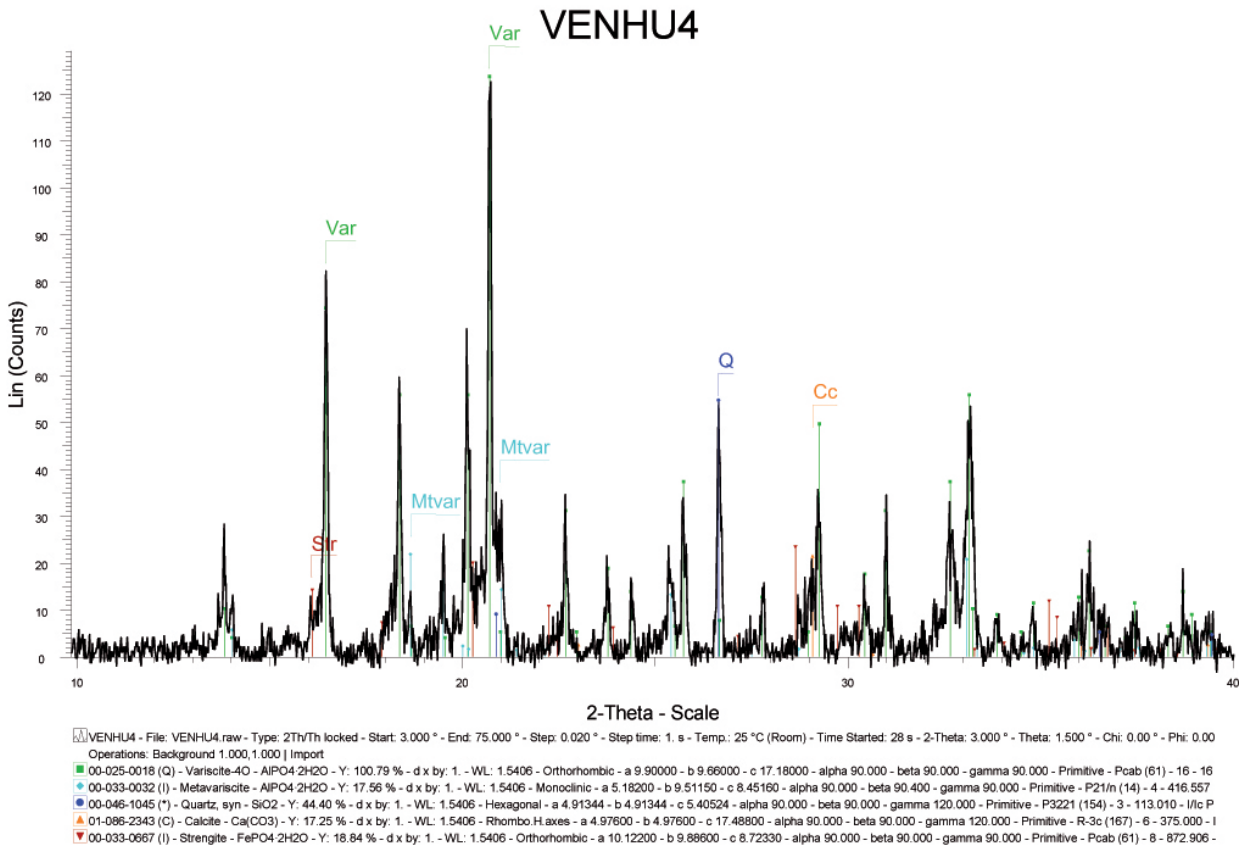


Fig. 3: X-ray diffractogram of Pico Centeno mineralization.

The Pico Centeno mines, located between the localities of Encinasola (Huelva) and Barrancos (Portugal), present an open pit mining activity, with at least three recognisable trench mines in the east and west sides of the hill (fig. 4). At the ending of the 19th and early 20th centuries, miners probably noticed the presence of these trenches of prehistoric exploitation of green minerals. These are mentioned in some geological cartography as ancient trial pits calicatas carried out on a copper mineralization, given the presence of small vein deposits of this metal in the proximity, near the Múrtigas river as noted by Gonzalo and Tarín (1888), Jubes and Carbonell (1920) and Pinedo Vara (1963). Therefore Pérez Macías (2011, 16) cites the work of Jubes and Carbonell (1920, 13), where these authors comment that the three trenches located in the Cerro del Centeno or the Rodrigo Esteban Hill showed evidences of a mineralization with copper (malachite), which was excavated in 1883 by the Santo Tomás copper mine. It is probably a confusion between malachite and variscite.
Recent archaeological excavations at some of these mines have revealed their prehistoric chronology and the extractive techniques used, dated by AMS and OSL between 5400 and 2500 BC (6th-3rd millennia BC) (Odriozola and Villalobos, 2015).

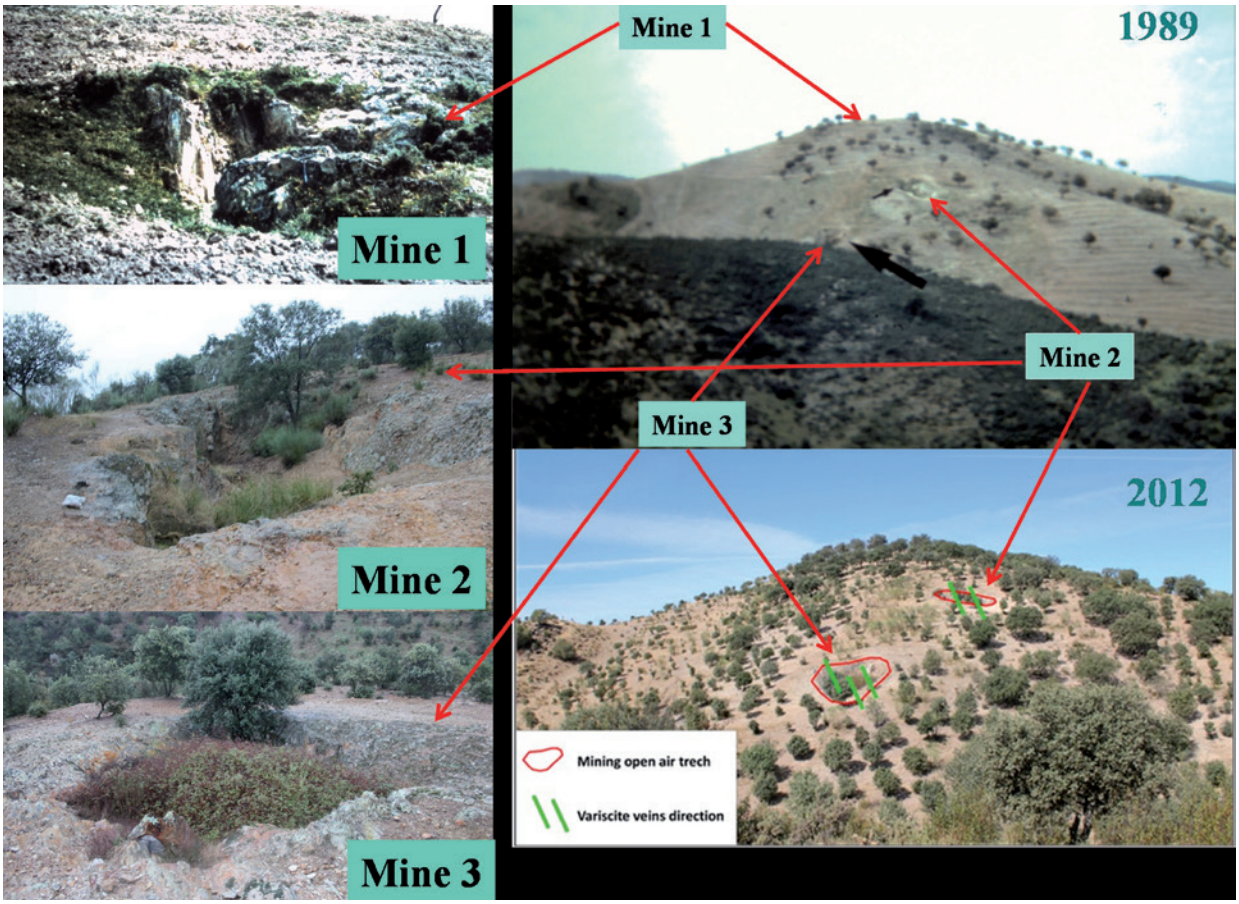


Fig. 4: Pico Centeno prehistoric open-air mines at the field trips and sampling of 1989 and 2012.

In our geological surveys of the area since 1989 we have confirmed the presence of small trenches of exploitation (fig. 4 and fig. 5A), on the variscite veins of Pico Centeno (fig. 5B), with the possible existence of some small work in pits, or partially underground (fig. 5A). In all of them mining techniques probably based on fire and thermal shock with water were used, along with mining rock hammers. These rough mining hammers, made of Palaeozoic quartzite pebbles (fig. 5C), appears in the vicinity of these exploitations. There are similarities with the lithologies that we have found associated with the ancient variscite mines of Palazuelo de las Cuevas (Zamora), although in this case they are mining peaks that have been shaped by percussion on quartzite pebbles to get a sharp edge (Timberlake and Craddock, 2013: fig. 7-8; Villalobos and Odriozola, 2016).

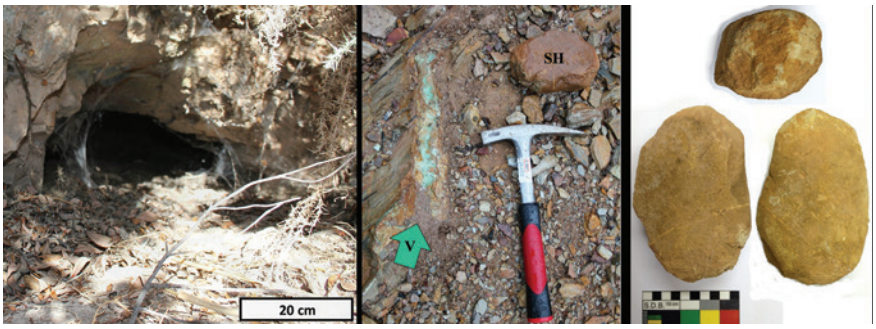


Fig. 5: A: Possible underground or trench mining activity in the Pico Centeno area for variscite extraction; B: Variscite vein (V) in the phyllites of the Pico Centeno eastern hillside and prehistoric stone hammer (SH); C: example of stone hammer made in Palaeozoic quartzite, found in surface at the Pico Centeno mined area.

2. Mineralogical & Geochemical Characterization

In the last years, an international programme of research about variscites and turquoises characterization (CALLAIS project, CHARISMA framework) has been developed.
Mineralogical and geochemical results have been obtained in last years by different analytical techniques especially by X-ray diffraction (XRD), Particle-induced X-ray emission or proton-induced X-ray emission (PIXE), Particle-induced gamma-ray emission (PIGE), Laser Ablation Inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS), X-ray fluorescence (WDFRX, pXRF, µFRX) and Optical microscopy (OM) techniques, on geological and archaeological samples.
Inside this programme, we have obtained a relatively better discrimination through an interactive geochemical model using specially the Cr-V binary diagrams (fig. 6) and the Fe-Cr-V relationship, represented by a triangular diagram (fig. 7), joined to the study of elementary relationships between the Zr-U, Si-As, Mg-Ca and the contents of other specific elements.

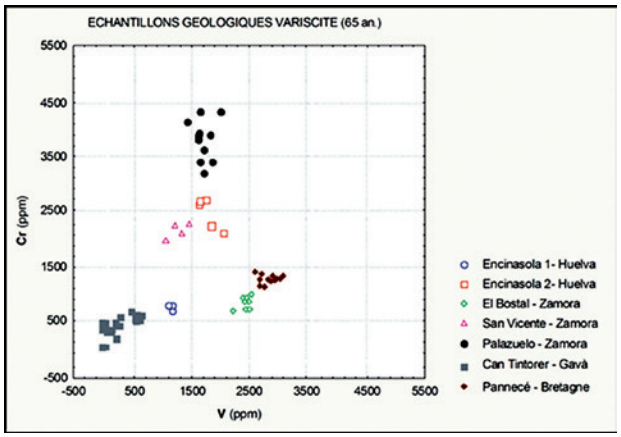


Fig. 6: PIXE analysis of the Cr and V content in geological samples from Pico Centeno, Encinasola 1-2, other Iberian Peninsula sites (Spain) and Pannecé (France). Real. : AGLAE, Louvre, Paris 2012, from: Querré *et al.*, 2012.

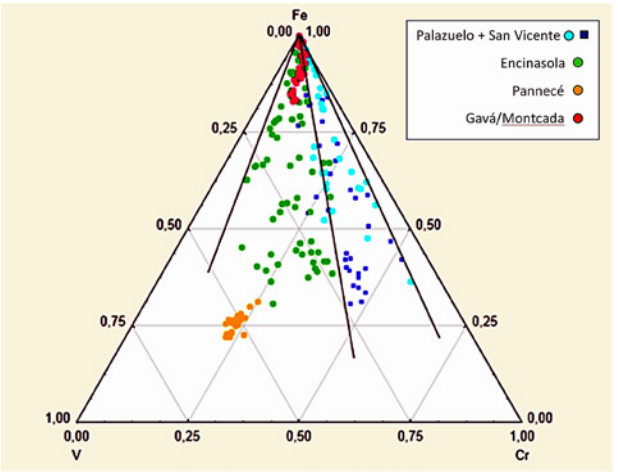


Fig. 7: Ternary Diagram Fe-V-Cr, with the total of geological analysed samples by PIXE. Blue points and dark blue squares: Palazuelo-San Vicente area, Zamora; Green points: Encinasola, Pico Centeno mines, Huelva; Orange points: Pannecé (France); Red points: Gavá-Montcada area (from: Querré *et al*., 2014).

A multifactorial analysis of necklace beads and pendants made of variscite or turquoise, from many archaeological sites of the Recent Prehistory has been carried out, this has allowed us to determine the different source areas in Europe (Domínguez-Bella & Morata, 1995; Domínguez-Bella *et al*., 2002, 2003; Querré *et al*., 2014).

3. Results and Discussion

Different statistical approaches have been used to look for similarities between Iberian geological localities and some examples of archaeological variscite samples in the south-west of the Iberian peninsula.
Phosphate minerals, such as variscite and turquoise, show large geographical mobility, exceeding a thousand kilometres. They were probably prestige items, with geological source areas as the Encinasola mines quite well known and almost exclusive to the Iberian peninsula (Domínguez-Bella, 2004; Querré *et al*., 2014).
We have taken as an example the analysis of archaeological samples from three sites of Neolithic chronology in the south-west of the Iberian peninsula studied by us in recent years: Alberite I Dolmen, El Tomillo Dolmen and Campo de Hockey necropolis. Alberite I Dolmen (Villamartín, Cadiz) is a corridor

dolmen with a calibrated age of 4333-3977 and 4245- 3641, 2 sigma Cal. BC Beta 80600 (Ramos and Giles, 1996). It presents superb Neolithic burial goods of exotic provenance as a big smoky quartz monocrystal, more than a thousand necklace beads of marine shells and variscite, polished axes and a chisel, large blades of flint, amber (simetite) beads, a baetylus idol and a stone palette of dolerite, cinnabar and hematite ochres, etc. (Domínguez-Bella and Morata, 1995, 1996; Ramos Muñoz and Giles, 1996). El Tomillo Dolmen (Alcalá del Valle, Cádiz) (Martínez *et al*., 1991) with a large variscite necklace bead and the Campo de Hockey necropolis with a variscite necklace bead (Vijande *et al*., 2015) are also studied [tabl. I].

OBJECT	ARCHAEOLOGICAL SITE current location and sample reference	MATERIALS	ESTIMATED CHRONOLOGY
7 beads	Alberite I Dolmen (Villamartín, Cádiz, SW Spain). Beta 80598 and Beta 80602. 4333-3977. 2 sigma Cal. BC (Hearths) Beta 80600. 4245-3641. 2 sigma Cal. BC. (coal in founding trench)	variscite	Middle Neolithic (Ramos-Muñoz and Giles eds., 1996)
1 bead	El Tomillo Dolmen (Alcalá del Valle, Cádiz, South Spain)	variscite	Chalcolithic-Bronze Age (Martínez *et al.*, 1991)
1 bead(re-used)	Campo de Hockey (San Fernando, Cádiz, SW Spain). 4200-3900 BC cal. 2 sigma Cal. BC (Human Bone)	variscite	Middle Neolithic necropolis (Vijande *et al*., 2015)

Tabl. I : Samples of variscite beads from the SW Iberian Peninsula analysed in the CALLAÏS project.

Therefore, the probable Neolithic chronology of the Encinasola mines must be seen in a context of socio-economic transfers and geographic relationships over very long distances.
This is confirmed by the appearance in this area of materials with an allochthonous provenance, these exceptional objects as jadéitite-omphacitite polished axes and adzes of sillimanite (fibrolite type) are rare materials in Europe and scarce in the Iberian peninsula (Cassen *et al*., 2012; Domínguez-Bella *et al*., 2016) (fig. 8). The same types of materials appear in the Atlantic coast of Britain and they have been well studied for years now (in: Pétrequin *et al*. dir., 2012).



Fig. 8: Regional Neolithic context presents exceptional objects as jadeitite-omphacitite polished axes and adzes of sillimanite (fibrolite type) (Aroche, Huelva) and variscite beads (Alberite I dolmen, Cádiz province, south-west of Spain). Modified from: Domínguez-Bella *et al.*, 2016.

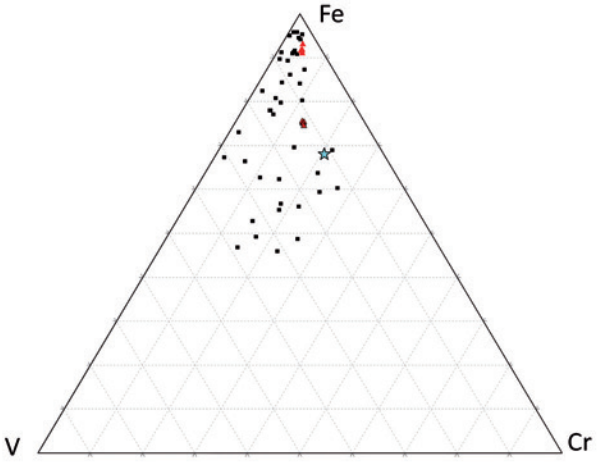


Fig. 9: Similarities in the relative concentrations in Fe, Cr and V for Encinasola geological samples (Pico Centeno mines) (black squares) and archaeological samples of two sites in South Spain (Alberite I dolmen: red triangles; Campo de Hockey necropolis: blue star).

The presence of these rare and precious materials, suggest relationships among the Italian Alps (Mont Viso Massif for jadeitites) and the megalithic sites of the Atlantic coast as Carnac (Brittany), Galicia (north-west of Spain), Alentejo (south-west of Portugal) and West Andalucía (variscite finds). The existence of routes, terrestrial or maritime, is a possibility for the distribution of these products within the Neolithic societies, throughout thousands of kilometers in the south-west of Europe.

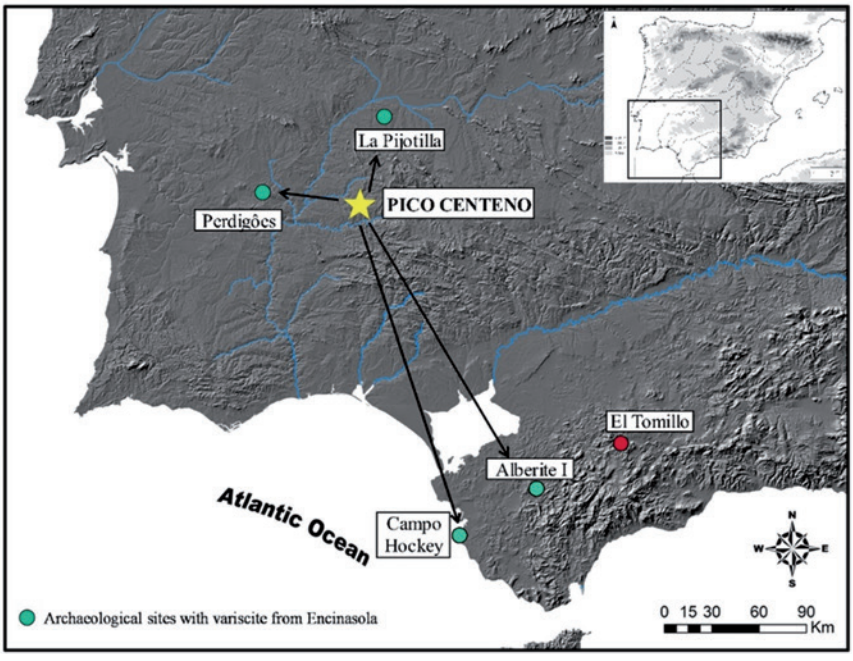


Fig. 10: Medium-long distance distribution and possible provenance from Encinasola mines (green points) for the variscite samples of Alberite I Neolithic dolmen, Villamartín, Cádiz; Campo de Hockey Middle Neolithic necropolis, San Fernando, Cádiz and other examples of megalithic sites in Alentejo (Perdigoes) and Extremadura (La Pijotilla) (Odriozola *et al.*, 2010). Red point: a variscite necklace bead from El Tomillo dolmen, Chalcolithic-Bronze Age, Alcalá del Valle, Cádiz, South Spain (it probably comes from another provenance).

Conclusions

Through a wide geological sampling of the Pico Centeno prehistoric mines (Encinasola, Huelva province) we have a large database on the mineralogical and geochemical features of this site that have been compared with the prestige objects made in variscite from some archaeological sites with Neolithic-Chalcolithic-Bronze Age (5th-2nd millennia) chronology of the south-west of the Iberian peninsula.
By the use of non-destructive techniques or with a minimally invasive character for the sample, such as PIXE-PIGE, LA-ICP-MS spectroscopy or µXRF for geochemical analysis, we have analysed a broad set of these geological and archaeological samples from the Recent Prehistory in the SW Spain.
Some of the provenances of groups of archaeological objects of a particular site and chronology have been clearly identified.
Thus, the variscite beads of the Dolmen de Alberite I, in Cadiz province (South Spain), seem to come from the mining area of Encinasola (Huelva), the geological outcrop geographically closest to that dolmen. However, in the Dolmen del Tomillo, with a more modern chronology, we do not have great information from a statistical and geochemical point of view as there is only a single necklace bead, and it seems to come from the Palazuelo de las Cuevas mines (Zamora province).
The only necklace bead in variscite found in the Middle Neolithic necropolis of the Campo de Hockey, Cádiz (Vijande *et al*., 2015), a very interesting object that presents a re-use, also seems to come from the Encinasola/Huelva source-area.
An apparent relationship between some of the chronologies of archaeological objects and the origin of the variscite used for its production is observed. The Pico Centeno mines seem to have a production/distribution of their phosphatic raw materials (variscite) from the 6th millennium. The recent AMS-OSL dating indicate chronologies of exploitation up to 5400 BC in the open-air mines of Pico Centeno (Odriozola and Villalobos, 2015, 350). The exploitation of these mines will be significant throughout the 4th millennium BC (Odriozola *et al*., 2016, 159, 174).
The distribution of variscite from Pico Centeno from the 6th millennium BC, as a low intensity mining activity (Odriozola *et al.*, 2016, 174), fits well with the data offered by the Alberite I Dolmen registry (Ramos and Giles; 1996; Domínguez-Bella and Morata, 1995, Domínguez-Bella *et al*., 2002). Its exploitation will be significant in the context of the 4th millennium BC.
These data are in concordance with the results of a similar analytical approach carried out with the variscites of the megalithism from the Britain Atlantic coast Neolithic in West France (Querré *et al.*, 2016).
These data demonstrate the greater complexity of the product distribution phenomena, which must be framed in Neolithic tribal societies (Manzanilla, 1983; Arteaga, 2004) and the presence of redistribution processes from nuclear centers (Ramos coord., 2008) in archaeological contexts of the end of the 4th and the 3rd millennium BC.

Acknowledgements

The different sampling and analytics were performed in situ or in the laboratories of the UGEA-PHAM and the SCCYT of the Cadiz University and Huelva University, through funding of the PB96-1520 and HAR2008-06477-C03-02-HIST, projects of the Plan Nacional de I+D+I. MINECO, Spain and the CHARISMA Program, Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures, Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation / Restoration, in the project "Origin and long distance transport of Neolithic variscite ornaments in Western Europe. (CALLAIS)" (2010), developed in the UGEA-PHAM/SCCYT, UCA and the AGLAE Laboratory, CRRMF- UMR 171, Musée du Louvre, Paris, France. Also thanks to the Research Coordinate Action ACC-241-RNM-2001, granted by Junta de Andalucía government. We want to thank for access to samples of museums to: Jose Maria Gutierrez (Villamartín Museum), Antonio Alvarez (Cádiz Museum) and Nieves Medina (Aroche Museum, Huelva). Thanks, as well as for their help in sampling, field trips, comments and analysis to Mr. Emilio Sastre, Mr. Juan J. Rendón, Ms. María Sanchez Caburrasi,

Drs. Guirec Querré, Serge Cassen and Thomas Calligaro and Ms. Ana Durante. We thank G. Querré for the translation of the abstract into French.

References

Arteaga, O. 2004. La formación social tribal en el Valle del Guadalquivir. In *Sociedades recolectoras y primeros productores* : 141-157. Junta de Andalucía, Sevilla.

Cardoso, J.L., Domínguez-Bella, S. and Martínez López, J. 2012. Ocorrência de contas de fluorite no Neolítico Final e no Calcolítico da Estremadura (Portugal). In M.I. Dias and J.L. Cardoso (eds), *Actas do IX Congresso Ibérico de Arqueometría (Lisboa, 2011)* : 35-42. Oeiras Câmara municipal de Oeiras (Estudos Arqueológicos de Oeiras 19).

Cassen, S. 1998. Parameters of the neolithisation in the west of France : From the circulation of prestige goods to the invention of symbols. In *Prehistoric communication : The first wheels, roads, metals and monumental architecture. 63rd Annual Meeting of the Society for American Archaeology,* Seattle, WA.

Cassen, S., Boujot, C., Dominguez-Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Petrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen et A. Sheridan A. (dir.), *JADE, Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 919-995. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (tome 2).

Damour, M. 1864. Sur le Callais nouveau phosphate d´alumine hydraté recueilli dans un tombeau celtique du Morbihan. *Comptes Rendus de l´Académie des Sciences* LIX : 936-940.

Domínguez-Bella, S. y Morata-Céspedes, D. 1995. Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la Arqueometría. Estudio de materiales del dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz). *Zephyrus* XLVIII : 129-142.

Domínguez-Bella, S., Morata, D., De La Rosa, J. and Ramos-Muñoz, J. 2002. Neolithic trade routes in SW Iberian Peninsula? Variscite green beads from some Neolithic sites in the Cádiz province (SW Spain): Raw materials and provenance areas. *Proceedings of 32 International Symposium on Archaeometry.* México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México(Electronic Book).

Domínguez-Bella, S., Nieto, J.M., Nocete, F., Ramos-Muñoz, J. et Sáez, R. 2003. ICP-MS en Arqueometría. Variscitas arqueológicas en el oeste peninsular, origen de las materias primas geológicas. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 26(A) : 113-114.

Domínguez-Bella, S. 2004. Variscite, a prestige mineral in the Neolithic-Aeneolithic Europe. Raw material sources and possible distribution routes. *Slovak Geological Magazine* 1-2 : 151-158.

Domínguez-Bella, S., Calado, D., Cardoso, J.L., Clop, X. and Tarriño, A. 2004. Raw materials in the Neolithic/Aeneolithic of the Iberian Peninsula. *Slovak Geological Magazine* 10(1-2) : 17-42.

Domínguez-Bella, S. 2012. Archaeomineralogy of prehistoric artefacts and gemstones. In J.M. Herrero and M. Vendrell (eds), *Archaeometry and Cultural Heritage : the Contribution of Mineralogy* : 5-28. Madrid, Sociedad Española de Mineralogía (Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía 9).

Domínguez-Bella, S., Cassen, S., Petrequin, P., Prichystal, A., Martinez, J., Ramos-Muñoz, J. and Medina, N. 2016. Aroche (Huelva, Andalucía) : a new Neolithic axehead of Alpine jade in the southwest of the Iberian Peninsula. *Archaeological and Anthropological Sciences* 8 : 205-222.

Forestier, F.-H., Lasnier, B. et L'helgouach, J. 1973. À propos de la "Callaïs". Découverte d'un gisement de variscite à Pannecé (Loire-Atlantique). Analyse de quelques "perles vertes" néolithiques. *Bulletin de la Société préhistorique française* 70(6) : 173-180.

Gonzalo Y Tarín, J. 1888. *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva, Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España.* Madrid.

Huet, B., Gonçalves, A. y Reis, M. 1982. Estudo mineralogico de elementos de adorno de cor verde provenientes de estaçoes arqueológicas portuguesas. *Trabalhos do Instituto Antropologia Mendes Correa* 43 : 1-18.

IGME 1994. *Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, 895/9-36, Encinasola*. Madrid, Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

Jubes, E. y Carbonell, A. 1920. Estudio geológico industrial de los yacimientos minerales del término de Encinasola y Contienda de Moura. *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia* 38 : 1-48.

Manzanilla, L. 1983. La redistribución como proceso de centralización de la producción y circulación de bienes. Análisis de dos casos. *Boletín de Antropología Americana* 7 : 15-18.

Martínez Rodríguez, F., Pereda Acién, C. y Alcázar Godoy, J. 1991. Primeros datos sobre una necrópolis prehistórica de excepcional interés: el Cerro de la. Casería de Tomillos (Alcalá del Valle, Cádiz). *Anuario Arqueológico de Andalucía/1989* : 59-65. Séville, Junta de Andalucía (Actividades de Urgencia, tomo III).

Moro, M.C., Gil-Agero, M., Montero, J.M., Cembranos, M.L., Pérez Del Villar, L., Fernández, A. y Hernández Sánchez, A. 1991. Mineralizaciones de variscita asociadas a los materiales vulcano-sedimentarios silúricos del Sinforme de Terena, Encinasola », *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 14 : 101-102.

Moro, M.C., Gil-Agero, M., Montero, J.M., Cembranos, M.L., Pérez Del Villar, L., Fernández, A. y Hernández Sánchez, A. 1992. Características de las mineralizaciones de variscita asociadas a los materiales silúricos del Sinforme de Terena, Encinasola (Provincia de Huelva). Comparación con las de la provincia de Zamora. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 15 : 79-89.

Moro, M.C., Gil, M.L., Cembranos, M.L., Pérez Del Villar, L. y Fernández, A. 1995. Las mineralizaciones estratiformes de variscita (Aluminofosfatitas) silúricas de los Sinformes de Alcañices (Zamora) y Terena (Huelva) (España). *Boletín Geologico y Minero* 106(3) : 233-249.

Nocete, F. y Linares Catena, J.A. 1999. Las primeras sociedades mineras en Huelva: Alosno. In J.A. Márquez Domínguez (dir.) y J.M. Jurado Almonte (coord.), *Historia de la provincia de Huelva* : 49-64. Madrid, Huelva Información.

Nocete, F. 2004. *Odiel. Proyecto de investigación arqueológica para el análisis del origen de la desigualdad social en el suroeste de la Península Ibérica.* Sevilla, Junta de Andalucía (Arqueología Monografías 19).

Odriozola, C.P., Linares Catela, J.A. et Hurtado, V. 2010. Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37 : 3146-3157.

Odriozola, C.P., Villalobos-García, R., Boaventura, R., Sousa, A.C., Martínez-Blanes, J.M. y Cardoso, J.L. 2013. Las producciones de adorno personal en rocas verdes del SW peninsular : los casos de Leceia, Moita da Ladra y Pena Verde. *Estudos Arqueològicos de Oeiras* 20 : 605-622.

Odriozola, C.P. y Villalobos-García, R. 2015. La explotación de variscita en el Sinforme de Terena : el complejo minero de Pico Centeno (Encinasola, Huelva). *Trabajos de Prehistoria* 72(2) : 342-352, doi: 10.3989/tp.2015.12158.

Odriozola, C.P., Villalobos-García, R., Burbidge, C.I., Boaventura, R., Sousa, A.C., Rodríguez-Ariza, O., Parrilla-Giraldez, R., Prudênçio, M.I. and Dias, M.I. 2016. Distribution and chronological framework for Iberian variscite mining and consumption at Pico Centeno, Encinasola, Spain. *Quaternary research* 85(1) : 159-176, https://doi.org/10.1016/j.yqres.2015.11.010, published online: 20 January 2017.

Pérez Macías, J.A. 2011. Las minas de Encinasola (Huelva), La explotación de un campo filoniano de Ossa Morena. *De Re Metallica* 16 : 1-10.

Pinedo Vara, I. 1963. *Piritas de Huelva. Su historia, minería y aprovechamiento*. Madrid, Summa.

Querré, G., Herbault, F. and Calligaro, T. 2008. Transport of neolithic variscites demonstrated by PIXE analysis. *X-ray Spectrometry* 37(2) : 116-120.

Querré, G., Dominguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique : exploitation, diffusion au cours du néolithique. In G. Marchand et G. Querré (dir.), *Roches et sociétés de la Préhistoire* : 307-315. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. and Cassen, S. 2014. PIXE analyses over a long period : The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 318(A) : 149-156.

Querré, G., Calligaro, T., Cassen, S. and Domínguez-Bella, S. 2016. Long distance provenances of the

callaïs adornments along Atlantic Europe from the fifth to the third millennium. In *Raw materials exploitation in Prehistory : sourcing, processing and distribution.* Faro , Book of Abstracts.

Ramos-Muñoz, F. y Giles, F. (eds) 1996. *El dolmen de Alberite (Villamartín). Aportaciones a las formas económicas y sociales de las comunidades neolíticas en el NW de Cádiz.* Cádiz, Servicio Publicaciones Universidad de Cádiz.

Ramos, J. (coord.) 2008. *La ocupación prehistórica de la campiña litoral y Banda Atlántica de Cádiz. Aproximación al estudio de las sociedades cazadoras-recolectoras, tribales-comunitarias y clasistas iniciales.* Sevilla, Junta de Andalucía, Arqueología Monografías.

Salvado Canëlhas, M.G. 1973. Estudo radiográfico de "calaítes" portuguesas. *Guimaraes* LXXXIII : 125-144.

Timberlak, S. and Craddock, B. 2013. Prehistoric metal mining in Britain : the study of cobble stone mining tools based on artefact study, ethnography and experimentation, Chungara. *Revista de Antropología Chilena* 45(1) : 33-59.

Vijande, E., Domínguez-Bella, S., Cantillo, J.J., Martínez, J. and Barrena, A. 2015. Social inequalities in the Neolithic of southern Europe: the grave goods of the Campo de Hockey necropolis (San Fernando, Cádiz, Spain). *Comptes Rendus, Palevol* 14 : 147-161.

Villalobos-García, R. and Odriozola, C.P. 2016. Organizing the production of variscite personal ornaments in Later Prehistoric Iberia : The mines of Aliste and the production sites of Quiruelas de Vidriales (Zamora, Spain). *European Journal of Archaeology* 19 (4): 631-651.

Hispaniae *Callais*. The use of Iberian variscite in jewellery and mosaics in Roman times

Salvador Domínguez-Bella

Abstract. Variscite and other phosphates, green or blue in colour, such as turquoise, were highly valued materials in European Prehistory, especially during the Neolithic and Chalcolithic periods.
They were, among others, raw mineral materials which had a very high symbolic and prestige value for many of the social groups in different parts of Europe, especially represented in the megalithism of the Atlantic coast of Western Europe.
Its use as an appreciated mineral was interrupted in an historic period of about 2000 years, when this material does not appear in the archaeological records of the Iberian Peninsula and the rest of Europe, this fact can be due to changes in customs and beliefs about gemological raw materials, or because of the loss of the location of the known mineral deposits, which were scarce and far away from the main causeways or communication routes. We present the results of several years of research in many European and North Africa museums, where Roman variscite jewels have been located, as well as the localization of their possible manufacture workshop in the area of Palazuelo de las Cuevas, (NW Spain). In this workshop the operative chains for the elaboration of variscite beads at Roman times are also described. Variscite presence as a construction material in pale green tesserae used in Roman times for making mosaic pavements has been confirmed.
Keywords: Variscite, Roman jewellery, green beads, jewellery workshop, Roman mosaic, Palazuelo de las Cuevas.

Résumé. La variscite et d'autres phosphates, de couleur verte ou bleue, tels que la turquoise, ont été des matériaux très appréciés durant la Préhistoire européenne, en particulier au cours du Néolithique et du Chalcolithique.
Ces matières premières minérales avaient une valeur symbolique et de prestige très élevée pour la plupart des groupes sociaux dans les différentes parties de l'Europe, en particulier dans le mégalithisme de la façade atlantique de l'Europe occidentale.
Son utilisation comme matériau de prestige semble avoir été interrompue pendant une période historique d'environ 2000 ans, car ce matériau ne figure pas dans les découvertes archéologiques ultérieures, ni de la péninsule Ibérique ni du reste de l'Europe. Ce fait peut être dû à des changements dans les modes et les croyances sur ce matériau gemmologique ou à la perte de la connaissance de l'emplacement des gisements minéraux, qui étaient rares et loin des principales routes et voies de communication. Nous présentons les résultats de plusieurs années de recherche dans de nombreux musées européens et d´Afrique du Nord, où différents bijoux romains en variscite ont été localisés. Nous présentons également, leur éventuel atelier de fabrication dans la zone de Palazuelo de las Cuevas, au nord-ouest de l'Espagne. Dans cet atelier, les chaînes opératoires pour l'élaboration des perles de variscite à l'époque romaine sont également décrites. La présence de variscite en tant que matériau de fabrication de tesselles de couleur vert pâle utilisées à l'époque romaine pour la construction de pavements de mosaïque a été aussi confirmée.
Mots-clés : Variscite, bijouterie romaine, perles vertes, atelier de bijoux, mosaïque romaine, Palazuelo de las Cuevas.

Introduction

Variscite, a hydrous aluminum phosphate mineral, of chemical formula: $Al[PO_4]. 2H_2O$; green, yellow-green, bluish in colour that as turquoise, was a highly valued materials in the European Prehistory, especially during the Neolithic and Chalcolithic periods.

This orthorhombic mineral is usually presented as short needles or as cryptocrystalline masses, in veins or massive, in specific cases with the presence of concentric ooids. It presents a hardness of 4 to 5 on the Mohs scale, a density of 2.42 to 2.58, vitreous to waxy aspect and a pale green to green fluorescence.
This scarce mineral had a very high symbolic and prestige value for many of the social groups in different parts of Europe Recent Prehistory possibly due to its green colour more than its physical properties such as hardness, brightness, inalterability; it is specially represented in the megalithism of the Atlantic front of Western Europe, having been exploited in several geological deposits of the Iberian peninsula and distributed to hundreds or thousands of kilometers away from their source areas (Domínguez-Bella and Morata-Céspedes, 1995; Domínguez-Bella, 2004; Cassen *et al*., 2012; Querré *et al*., 2012, 2014).
Its use as an appreciated material in the Southwest and European Atlantic coast jewellery was interrupted in an historic period of about 2000 years, when this material does not appear in the archaeological records of the Iberian Peninsula and the rest of Europe. This abrupt change in variscite use must have been caused by to changes in customs and beliefs about gemological raw materials, or because of the loss of the location of the known mineral deposits, which were scarce and far away from the main causeways or communication routes. Most of variscite geological outcrops in the Iberian Peninsula are located in remote sites or are far away from the main natural trails, or are of small size (Huet, Gonçalves and Reis, 1982; Meirelles *et al*., 1987; Moro *et al*., 1992, 1995a; Edo *et al*., 1998; Domínguez-Bella, 2004), as well as frequently going unnoticed. Some of them have been discovered in recent years (Arias Ferrero and López, 2009; Arias Ferrero and Jiménez, 2012).
In Roman times, its use reappears as valued material, with an almost exclusive use in jewellery and scarcely in architecture, associated also to mosaic manufacture.

1. Roman jewellery. The use of variscite in Roman times: an approximation from the Aarchaeometry

Variscite was a precious gemological material in Roman times, occasionally used for jewellery, especially in the western half of the Roman Empire. Its resemblance in colour with another valued and rare mineral as emerald is the possible cause why this material was used and exploited in Roman times, to replace these (fig. 1).

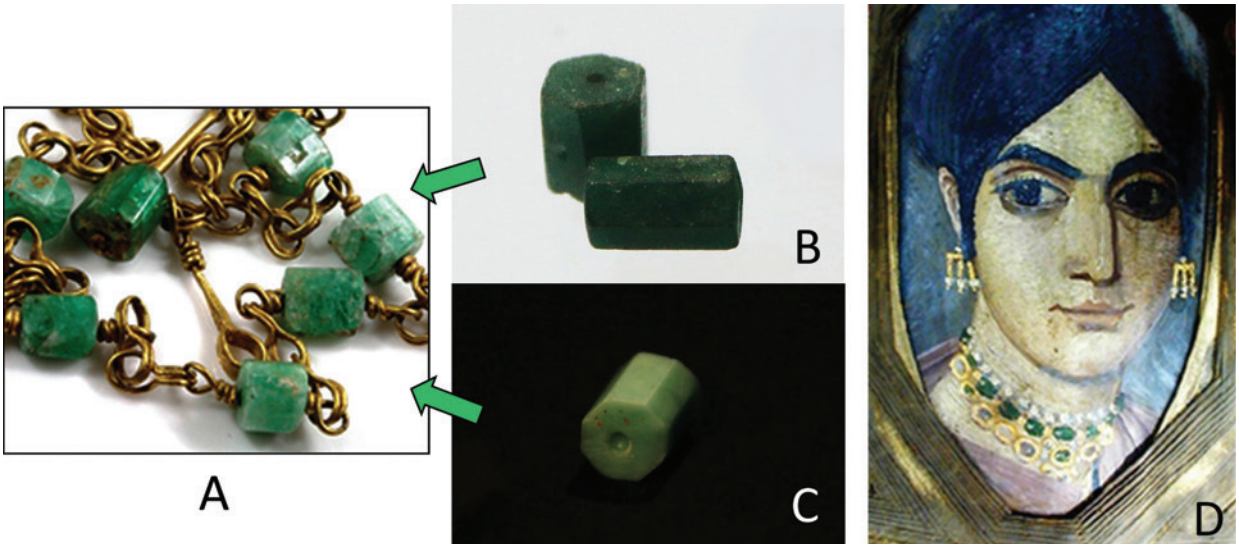


Fig. 1 : A: Hexagonal green emerald beads in a Roman bracelet. Italy. 2nd c. AD. and similar form and colour green beads of glass and variscite; B: Hexagonal green glass beads (Braga Museum, Portugal); C: Octagonal prismatic Roman variscite bead. Palazuelo de las Cuevas area; D: Roman woman portrait in a tomb of El Fayum, Egypt, with a necklace of green beads.

Pliny the Elder, in the first century BC, describes the use as gemstone, under the generic name of "callais", of several minerals, which possibly includes variscite and turquoise. This very scarce material was extracted in Hispania (Pliny the Elder, NH XXXVII. Book VI. 151; John Bostock, 1855) in an unknown place (or places) up to date.
A great quantity of prestige Roman jewels are made in different materials than emeralds, as green glass (Johns, 1996), different green stones and minerals as the variscite, which imitated their colour and in many cases their form (fig. 1).

The apparent scarcity of variscite in the archaeological record of Roman jewellery in the Roman Empire has perhaps been due to the lack of a good mineralogical and geochemical characterization of the objects. It is common to find errors in the classification of many of the stones used in the jewels, both in private collections and museums. The archaeometric review during the last years of some archaeological objects of the jewellery collections of great museums is revealing this fact (Middleton *et al*., 2007; Frantz *et al*., 2009).
It is interesting to determine, using archaeometric techniques, the true nature of the green materials (minerals, glass, etc.) in the jewels and the possible sources of these archaeological materials, which were located at very different contexts, in various locations of the Roman Empire.

2. Methodology

The wide variety of minerals and organic materials used as luxury or prestige jewellery, their geological origin or source areas, exploitation, trade routes of transportation and exchange, make these studies from the analytic sciences, a topic of great interest for archaeologists, museum and collections curators (Domínguez-Bella *et al*., 2003; Domínguez-Bella, 2012).
Different outcrops of phosphate minerals of the variscite group ($AlPO_4 \cdot 2H_2O$) -strengite ($FePO_4 \cdot 2H_2O$) and turquoise ($Cu(Al,Fe^{3+})_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 4H_2O$) are described in the Iberian Peninsula, as occurs in Aliste (Zamora)/Braganza area (Portugal), Gavà-Montcada (Barcelona), Encinasola (Huelva), Yeres (León) and Punta Montalvo (La Coruña) (Moro *et al*., 1995).
These outcrops with aluminous-phosphatic rocks of Silurian age, whose existence and exploitation are confirmed from the Neolithic period, are known in the western part of the Zamora province, as well as in the near northeastern Portugal (Bragança area), as occurs with other sources of these minerals in Catalonia (Gavá and Montcada) (Blasco *et al*., 1992) or in the west of Andalusia (Encinasola).
One of the rare geological outcrops of this mineral in Europe is the Palazuelo de las Cuevas – San Vicente de la Cabeza – Bercianos de Aliste area (Salvador *et al*., 1971; Moro *et al*., 1997), located at the northwest of Hispania (fig. 2).
Our work on the mineralogical, geological and geochemical characterization of different variscite mineral deposits in the Iberian peninsula has allowed us to analyze the great majority of the geological sources known in Europe for this mineral (Domínguez-Bella *et al*., 2002; Domínguez-Bella, 2004; Querré *et al*., 2012, 2014).
Within our line of research we have been developing since 1995 the characterization of variscite necklace beads with Neolithic-Chalcolithic chronologies (Domínguez-Bella and Morata, 1995) and geological samples from different sites in the Iberian peninsula (Querré *et al*.; Domínguez-Bella *et al*., in this book).

3. Geology in the Aliste region (Zamora, NW Spain)

The phosphate deposits of the so-called Alcañices synform in the Aliste region (Gonzalez Clavijo, 1998) are well known, with geological studies of phosphate minerals from the area and a good knowledge of the site since many years (Salvador *et al*., 1971; Moro *et al*., 1995b).

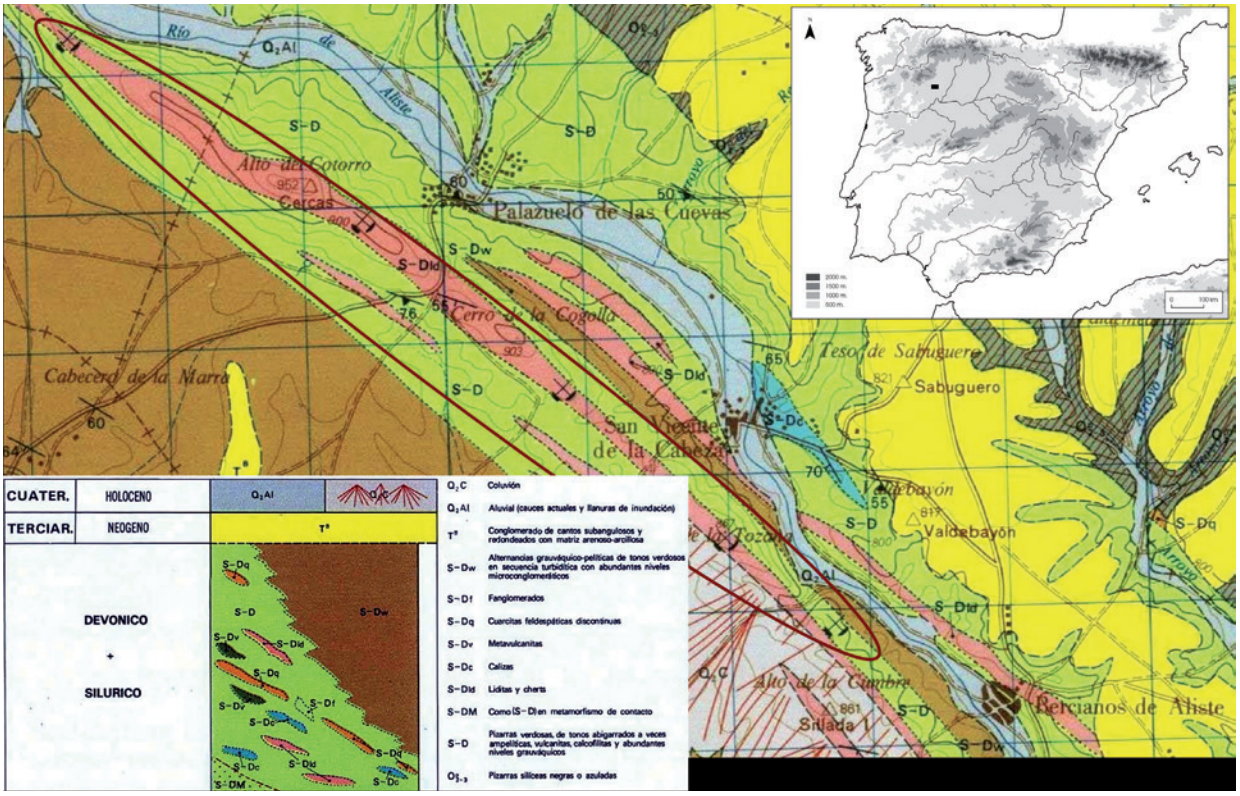


Fig. 2 : Geological map of Palazuelo de las Cuevas – San Vicente de la Cabeza – Bercianos de Aliste area (after: IGME geological map, MAGNA sheet n° 338). In this area, different ancient exploitations of variscite and turquoise are present, and many Roman settlements, that include at least a workshop for the mineral transformation.

A geoarchaeological prospection of Palazuelo de las Cuevas area was performed in a wide area that included different localities as Bercianos de Aliste, San Vicente de la Cabeza and Palazuelo de las Cuevas (fig. 2), as also occurs in the proximal region of Tras-os-Montes (Meirelles *et al*., 1987). In Palazuelo de las Cuevas area, a maximum concentration of variscite, wavellite and turquoise minerals appears associated to the main outcrops zone and present millimetric to centimetric veins of variscite, with small masses and geodes of wavellite and turquoise, oriented specially in a direction NW-SW (Domínguez-Bella, 2004). This paragenesis appears associated to lydites and cherts with ampelites of Silurian age (Moro *et al*., 1995a, 1997; Fernandez *et al*., 2008) (fig. 2 and fig. 3). The main phosphate bodies appear usually located in the areas with a great concentration of fractures, which have been exploited more intensively in ancient times (fig. 3).
We have obtained and analysed variscite samples, as well as, turquoise samples, of different types and morphologies and the debris of necklace beads of Roman chronology from private collections made with theise minerals, with a provenance in the surrounding zones of the geological deposits (fig. 3).
Here we describe the existence of a Roman period jewellery workshop (Campano *et al*., 1985; Sanz *et al*., 1990) in El Castro area, Palazuelo de las Cuevas, associated with a geological deposit of variscite, that we think was the only one known up to date worldwide for this mineral and chronology.

4. Results

It is possible to reconstruct the type of mineral used and the processing sequence for necklace beads manufacture at that time, from private collections and the stone materials we collected on the surface in the area of El Castro, in Palazuelo de las Cuevas, and near to some of the mineral extraction zones in Teso del Diablo-Las Cercas- La Cogolla or other areas.



Fig. 3 : Ancient exploitation trench and phosphate minerals veins direction in La Cogolla landscape, (Palazuelo de las Cuevas, Zamora, Spain); B: Main mineralization and debris of the mining process in Teso del Diablo-Las Cercas area; C: Nodular massive variscite; D. Veins of variscite from an exploitation trench on Silurian shales
(La Cogolla, Palazuelo).

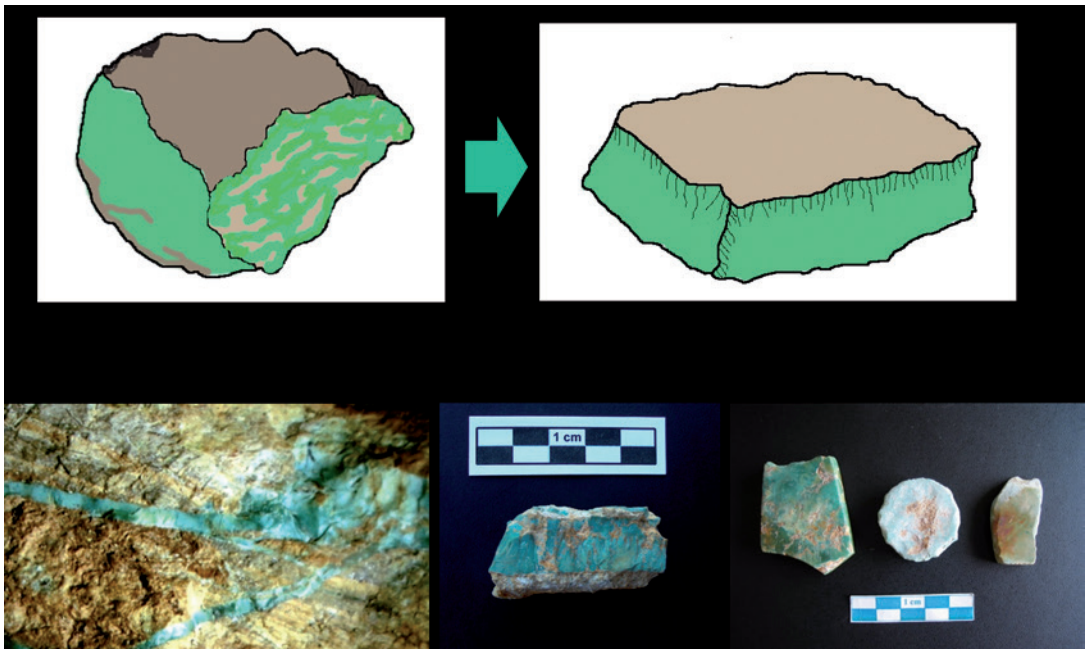


Fig. 4 : Bead manufacture-Operative chain. Percussion of the variscite masses and veins to obtain clean "tablets" of variscite.

The typology of the pale green to deep emerald green variscite beads is very diverse in terms of morphological types, abounding with flat discoid shapes and especially prismatic forms of octagonal or square section (fig. 7 A-C, E and fig. 8). Morphologies based on the truncation of vertices from previous tetragonal prisms are rarer in the workshop (fig. 9-10) but appear frequently in the archaeological register of Europe (fig. 12).
Much of these morphologies present in this area of Zamora, have been described by Campano *et al.* (1985) and Sanz *et al*. (1990). Other morphologies are based in the elaboration of plate cylindrical beads with a central perforation (fig. 7 B-C), bi-conical frustum or wheel morphologies and tabular rhombic prism beads with one or two perforations (fig. 7 D-E).

The perforation diameter observed in the analyzed beads of the Palazuelo workshop presents a measure between 1 and 2 mm., with parallel marks originated during the perforation process (fig. 11 C). This design suggests a semi-mechanical drilling process, with a drill and bits of very fine diameter (1,3 mm or less) (fig. 11 A-D).
The rest of variscite fragments/beads founded in the workshop area are debris of the manufacture processes (tabular irregular fragments) or beads of different morphologies, broken in the perforation process (fig. 11 B), as a result of two opposing and not coincident perforations in the bead.

5. Roman jewellery in the Aliste region (Zamora, NW Spain). Archaeometric characterization

The archaeomineralogical and geochemical analysis of mineral raw materials and some recovered archaeological artefacts were carried out by the use of different analytical techniques as XRD, mXRF, PXRF, WDXRF, OM, ESEM, (SCCYT and UGEA-PHAM, University of Cadiz), ICP-MS-LA (University of Huelva) and PIXE (AGLAE, Paris), providing data about their possible exploitation chronology, extraction process, manufacture techniques and distribution area at the Roman Empire times, also with the location of different samples of these jewels in European or African archaeological sites, museums and collections.
Materials used for prestige jewels such as variscite and turquoise, with geological source areas quite well known and almost exclusive to the Iberian peninsula, show large geographical mobility, exceeding a

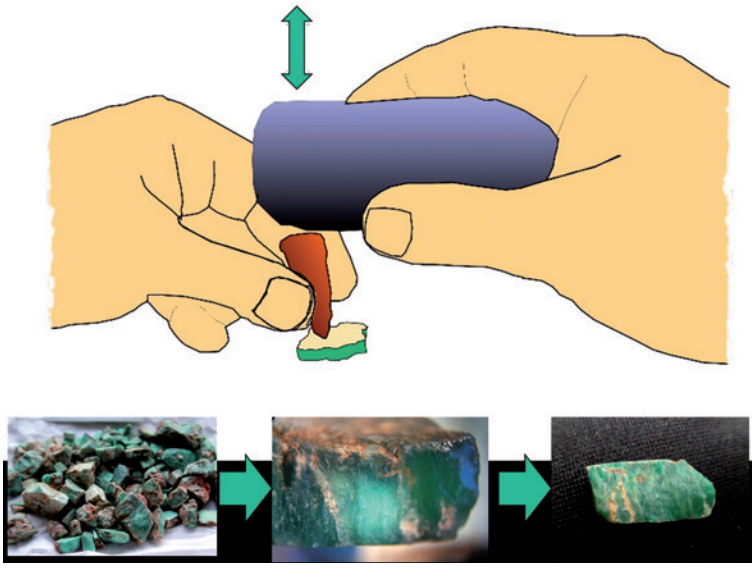


Fig. 5 : Bead manufacture-Operative chain. Percussion of the tablets to obtain variscite tabular fragments of adequate size.

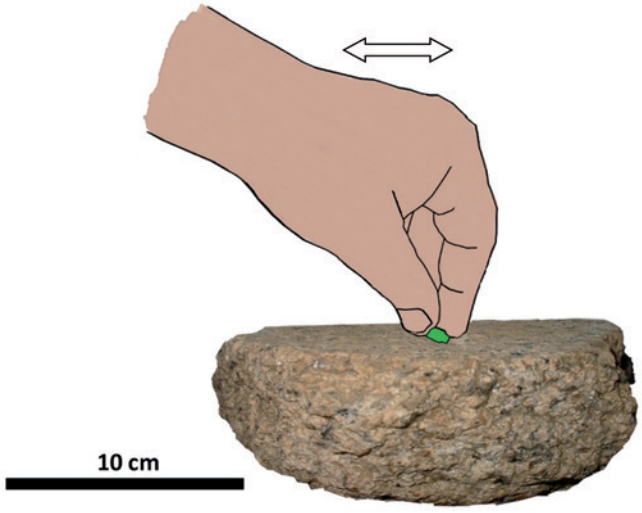


Fig. 6 : Bead manufacture-Operative chain. Polishing of variscite fragments to conform different beads and forms. Small millstone found in the workshop area, made in an imported granitic rock El Castro, Palazuelo de las Cuevas.

thousand kilometres, as have been demonstrated by multifactorial analysis distribution in geological and archaeological Neolithic-Roman variscites from ICP-MS-LA, XRF or PIXE geochemical data (Domínguez-Bella *et al*., 2002; Querré *et al*., 2014).

In this case, mineralogy, geochemistry of trace elements and multivariate statistical treatment of analytical data, are allowing their potentially-source geological areas.

Sample	Al_2O_3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	V2O5	Cr2O3	Fe2O3	Cu	As	ZnO	Ga	Zr	BaO	Mo
Roman Bead Palazuelo	37,51	1,86	58,63	=	0,08	0,26	0,65	0,8	0	0,01	=	=	0,01	0,18	=

Tabl . I : Chemical analysis (µXRF): Palazuelo de las Cuevas - Geological/Roman bead variscite.

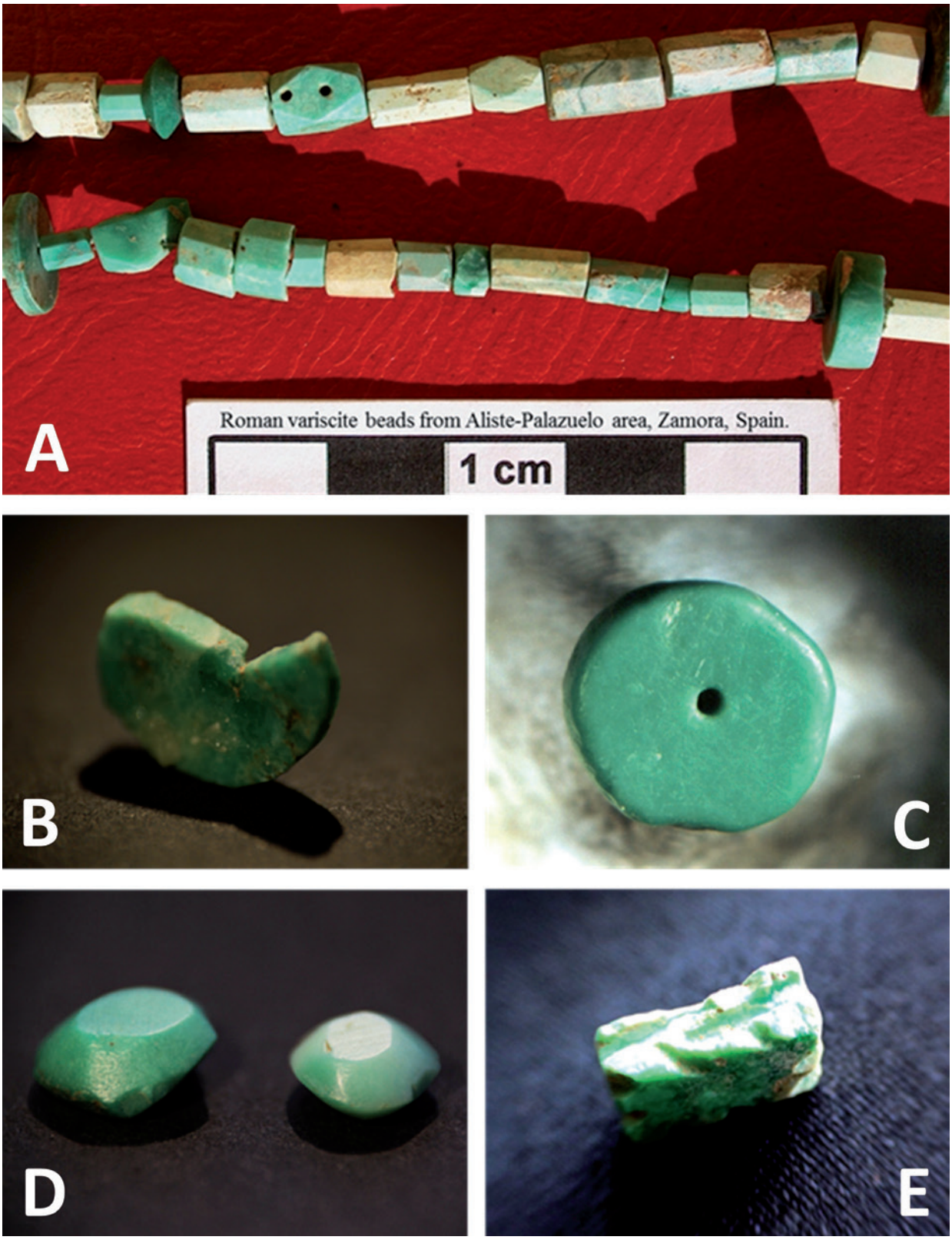


Fig. 7 : A: Different Roman variscite bead morphologies from the Palazuelo workshop, Zamora, Spain: B-C: Circular plate (flat discoid) with central perforation; D: Bi-conical frustum without perforation; E: Prismatic with double perforation.

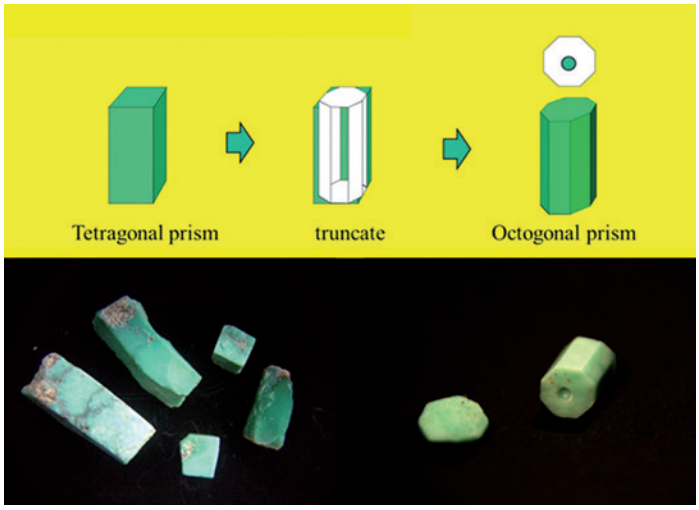


Fig. 8 : Octogonal prism bead manufacture – Operative chain.

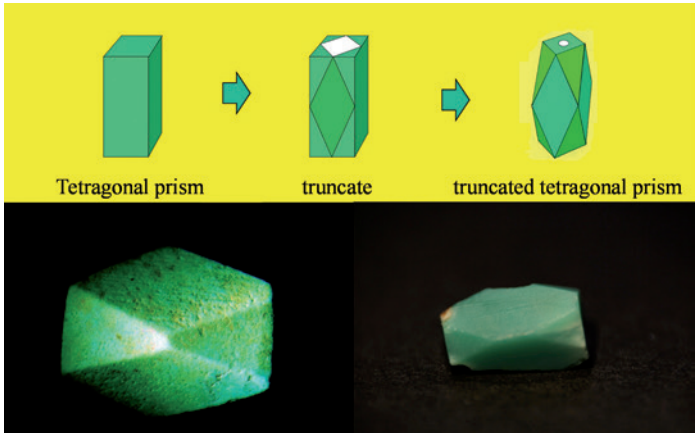


Fig. 9 : Truncated tetragonal prism bead manufacture – Operative chain and two examples of variscite beads from the Palazuelo workshop.

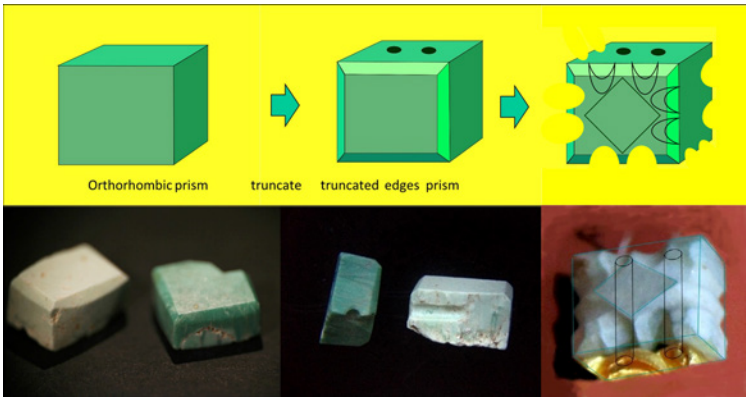


Fig. 10 : Truncated edges and faceted-carved orthorhombic prism bead manufacture – Operative Chain and four examples of variscite beads from the Palazuelo workshop. Lower right corner: Prismatic square faceted bead with double perforation (Peraleda de la Mata bracelet, Caceres, Spain), possibly the final shape derived from the previous forms.

6. Roman jewellery with variscite in the Roman Empire: presence and distribution

A detailed study of Roman and pre-Roman mining variscite areas of these geological deposits is still a project pending of realisation.
Until the present time we have access to a sample collection of donations from private collections or individuals of the region and geological samples collected by us in a regional geological prospection during the past 20 years, which we consider adequate and representative for this type of materials.
The macroscopic, textural, geochemical and morphological features confirm a local source of these beads and an *in situ* processing of them. We can reconstruct all the operative chain for the beads elaboration in different morphologies. It is possible to observe identical characteristics of the geochemical data for both, archaeological and geological materials, using a statistical treatment.
After a wide prospective work in museums and collections of Europe and north of Africa, a certain number of Roman jewels elaborated in variscite [tabl. II], and in general with chronologies between II-III century AD., are localized and in many cases analysed.
A review of the innumerable archaeological records of Roman jewellery in Europe and North Africa and visits to museums and private collections, in Europe and Morocco, have revealed to us its presence in many high standing Roman jewellery (Ruxer and Kubczak, 1972), usually in the form of necklaces, bracelets and earrings [tabl. II] (fig. 12). These jewels were exported over long distances away from this production center (several thousand kilometers), spreading in the Western and Eastern of the Roman Empire (fig. 13).

OBJECT	ROMAN SITE and CURRENT LOCATION	MATERIALS	ESTIMATED CHRONOLOGY
Necklace	REGINA, Casas de Reina, Badajoz, Spain. Museo Arqueológico Nacional, Madrid	Gold and variscite beads	IIIrd century AD. (201-300 AD)
Necklace	Lit de la Saône, Pouilly-sur-Saône, Côte-d´Or, France. Musée d´Archéologie Nationale, Saint Germain-en-Laye, France	Gold and 180 variscite prismatic beads	Ist-IInd centuries AD.
Necklace	LUGDUNUM, Lyon, France. Tresor des Lazaristes.Musée de la Civilisation gallo-Romaine, Lyon, France	Gold, red coral and variscite beads	End of IInd century AD.
Bracelet	La Cañada Tomb Tresor. Peraleda de la Mata, Cáceres. Museo de Cáceres, Spain	Gold square lobular beads (10) and 10 variscite square lobular faceted-carved beads with a gold and rock crystal brooch. Double perforation	IIIrd century AD.
Bracelet	CAETOBRIGA, Largo da Misericórdia, Setúbal, Museu de Arqueologia e Etnografia do Distrito de Setúbal (MAEDS), Portugal	Gold and 5 variscite beads	IInd century AD. (Roman imperial) (Silva and Soares, 1984)
Bracelet	Estepona old city, Museo de Estepona, Málaga, Spain	Gold and 3 variscite faceted beads	IInd-IIIrd centuries AD
Earring	Factoría de salazones, Algeciras, Cádiz. Museo de Algeciras, Spain	Gold and variscite prismatic faceted bead	Late Roman IIIrd-IVth century AD. (Remobilised deposit)(Jimenez Camino *et al*., 2016)

Beads	Palazuelo de las Cuevas, Zamora. Museo Arqueológico de Zamora, Zamora, Spain and private collections	Different prismatic, biconical, faceted, discoidal variscite beads	Ist-IInd centuries AD.
Bead	CASTULO, Jaén. Museo de Linares, Jaén, Spain	One variscite prismatic bead	Ist-IIIrd centuries AD.
Bead	LIXUS (?), Musée de Tetouan, Morocco	One variscite prismatic bead	Ist-IIIrd centuries AD.
Ring shank	Gadebridge Park, Hemel Hempstead, UK	Fragment of a ring shank; carved in criss-cross design with serpents "head finial"	Neal, D.S. (1974)
Beads	Balkerne Lane, Colchester,UK	3 x beads; octagonal cross-sections	Crummy, N. (1983)
Bead	Tanner Row, York, UK	1 x bead; octagonal cross section	IInd-IIIrd centuries AD. Hooley, D. (1988)
Bead	Rougier Street, York, UK	1 x bead; faceted cuboid	IInd-IIIrd centuries AD. Hooley, D. (1988) in Middleton *et al*. (2007)
Beads	Grange Farm, Gillingham, Kent, UK (No. KKGF 03 (205).sf233)	7 x prismatic faceted variscite green beads; mounted on an incomplete gold necklace	IIIrd century AD. Middleton *et al*. (2007)
Earrings	Cyprus. Cesnola collection. 1874-76 Metropolitan Museum, New York.	Different earrings of gold and prismatic beads of variscite.	IInd-IIIrd centuries AD. Frantz *et al.*, (2009)
Necklace	Rome region (exact provenance ?). Metropolitan Museum, New York.	Gold and octagonal prismatic beads of variscite and emerald necklace.	IIIrd century AD. Richter 1924, p. 35, fig. 6. In: Frantz *et al*., (2009)
Necklace	Unknown provenance (cited as malachite beads and gold)	Silver necklace with nine octagonal prismatic + one prismatic beads of variscite.	Collect. Bibliothèque Nationale, Paris In: Ogden, J. (1982) 102-103.
Jewels (n.d.)	Bonn (Germany)	Variscite elements	Cited In: Sas & Thoen (2002) (Nº 99e)
Necklace	Germany (not determined)	Gold and octagonal prismatic beads of variscite and emerald necklace.	Private collection (2004)
Bead	Lugo, NW Spain (Lucus Augusti Municipal Museum)	Faceted bead, double perforation	No data (Ist-IIIrd centuries AD.?)
Bead	Castro de Viladonga, (Castro de Rei, Lugo, NW Spain) CV Museum.	Faceted bead, double perforation, shell shape.	2nd-5th centuries AD. Arias Vilas & Durán Fuentes, (1996)
Beads	Diego de Sousa Museum, Braga (Portugal)	Faceted bead	No data (1st-3rd centuries AD.?)
Bracelet	Baria, Villaricos, Almería. (Almería Museum), Spain.	Gold and variscite faceted beads	IIIrd century AD

Tabl. II : Different examples of variscite beads in the Roman Empire.

The variscite use in mosaic elaboration is also reported in the north of Hispania, with different examples as: the Hylas & the Nymphs mosaic (Quintana del Marco, León) in the Archaeological Museum of León (fig. 14); La Olmeda, Pedrosa de la Vega, Palencia (Achilles on Skyros); and Ocean and the Nereids (Villa Possidica, Dueñas, Palencia) mosaics, pXRF analysis are recently published by Gutiérrez *et al*. (2015).

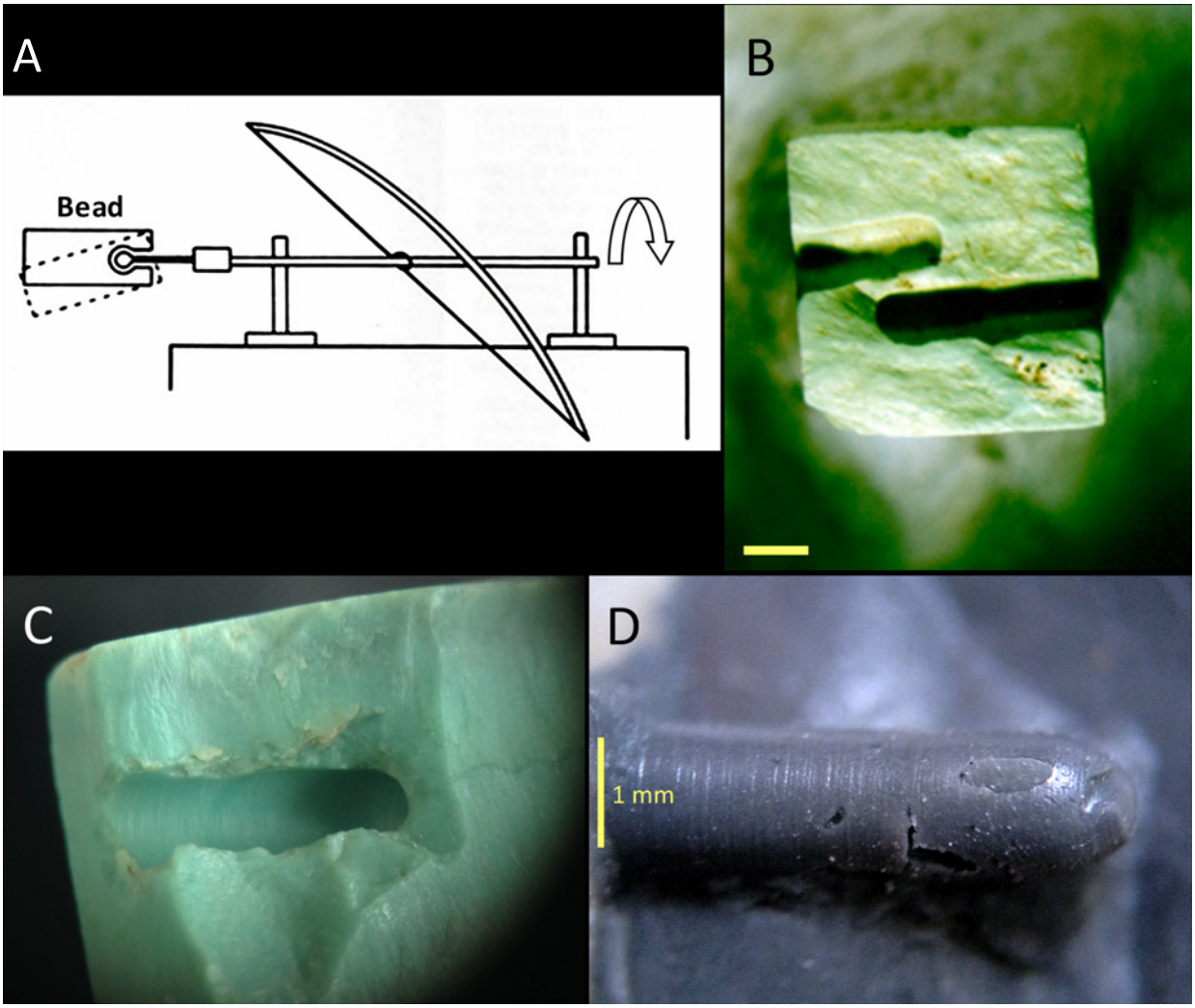


Fig. 11 : Drilling process of the beads; A: device scheme; B: fragmented variscite Roman prismatic bead with double perforation and C: Close-up view of the inner surface of the cylindrical perforation of a broken bead Palazuelo workshop; D: Close-up view of a silicone model of the previous perforation, that allows us to reconstruct the type of drill bit and its diameter.

Roman coins from the Palazuelo workshop area, associated to variscite beads, present an estimated chronology of 2nd *c*. A.D., the same dates that are proposed by Sanz *et al.* (1990) Ist-IIIrd centuries A.D.

Conclusions

The morphological and geochemical analysis of the geological samples from the Palazuelo de las Cuevas outcrop has a high coincidence in mineralogy, colour, and morphology, with the analysis of archaeological samples of Roman chronology studied in this work.
Despite the lack of a precise stratigraphy, obtained in an archaeological excavation of the site, this jewellery making could be assimilated to that chronology.
A future archaeological survey in the area (at this moment very affected by the mineral collectors) can solve many doubts about the exact chronology of the period of manufacture of these gems in this workshop and the complete sequence and chronologies of the mining exploitation in this zone, from the Neolithic period to Roman times or in a posterior period. The declaration of this mining zone as



Fig. 12: A: Roman variscite prismatic faceted beads and gold necklace from Regina, Badajoz, Spain; B: Roman variscite prismatic faceted beads and gold necklace from Pouilly-sur-Saône, Côte-d´Or, France; C: Roman variscite prismatic beads, red coral and gold necklace from the Lazaristes treasure, Lyon, France; D: Roman variscite prismatic beads and gold bracelet from Setubal, Portugal; E: Gold earring with variscite prismatic faceted bead, Factoría de Salazones, Algeciras, Spain; F: Prismatic and wheel shape variscite beads, Palazuelo de las Cuevas area, Zamora, Spain; G: Bracelet of gold and variscite beads with central gold and rock crystal brooch, Peraleda de la Mata, Cáceres, Spain; H: Roman prismatic variscite bead, Lixus, Morocco; I: Gold and three variscite prismatic faceted beads, Estepona, Spain.

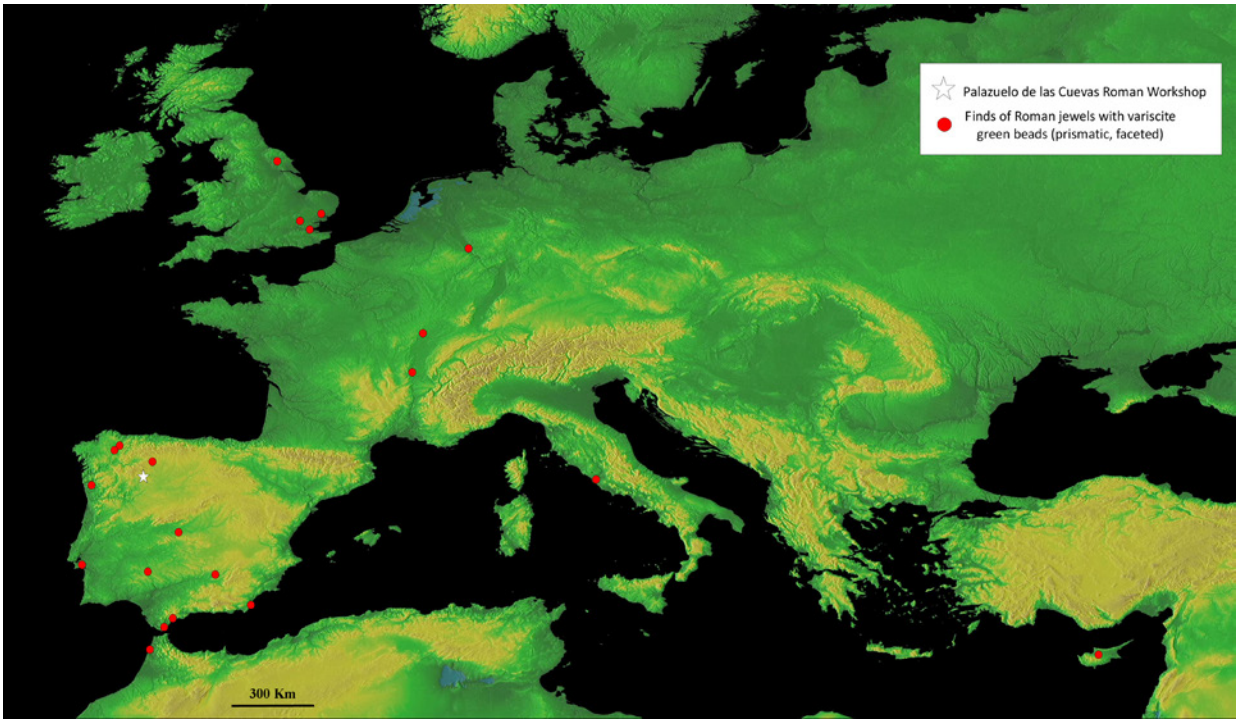


Fig.13: Long distance mobility for the Iberian Roman variscite in the Eastern and Western Roman Empire.

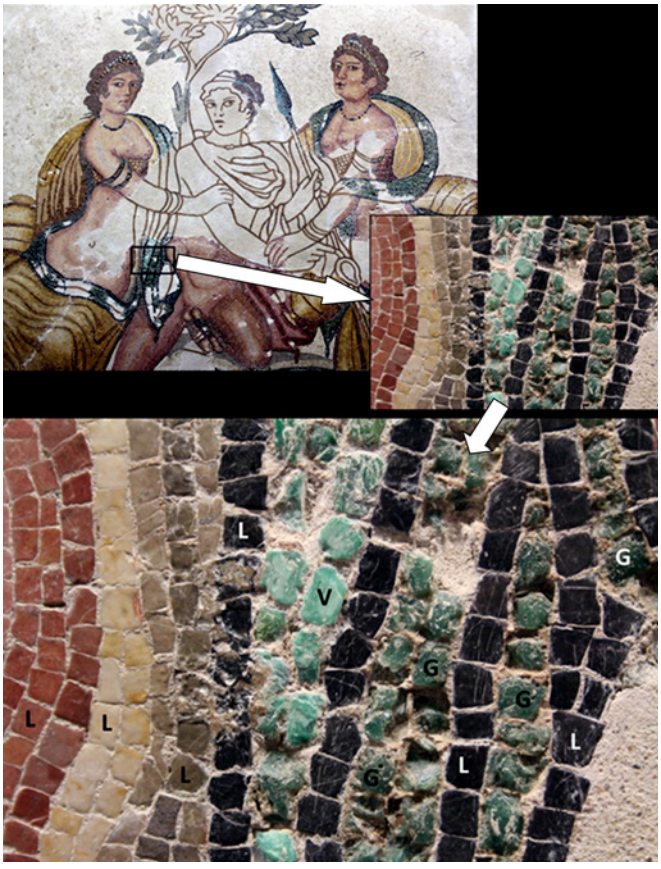


Fig. 14: Hylas & the Nymphs mosaic in León Museum; Detail of the variscite (V), green glass (G) and limestone of different colours (L) tesserae. (Cl. S. Domínguez-Bella).

a Heritage Site (BIC), would be necessary to protect this important site for the Mining History and Mineralogical Heritage in Europe.

As deduced from the remains of material culture found on the surface, in Roman times it is possible that this activity of variscite jewels elaboration was extended until the beginning of the third century A.D., as a genuine gemmological and precious material or to replace emeralds, a scarce and expensive material. Variscite was used, together with gold, silver and other materials such as red coral, pearls, quartz, in the manufacture of jewels that had a circulation of thousands of kilometres in the Roman Empire.

At this time we continue with the realization of archaeological sample analysis by portable XRF (fig. 15) and micro-XRF.

The use of variscite has also been confirmed in the elaboration of Roman mosaics, with a possible provenance in the area of Palazuelo-Aliste especially focused on the regional environment of these geological outcrops. Up to now, we have not found / reported any other mosaics with this mineral in another geographical areas.

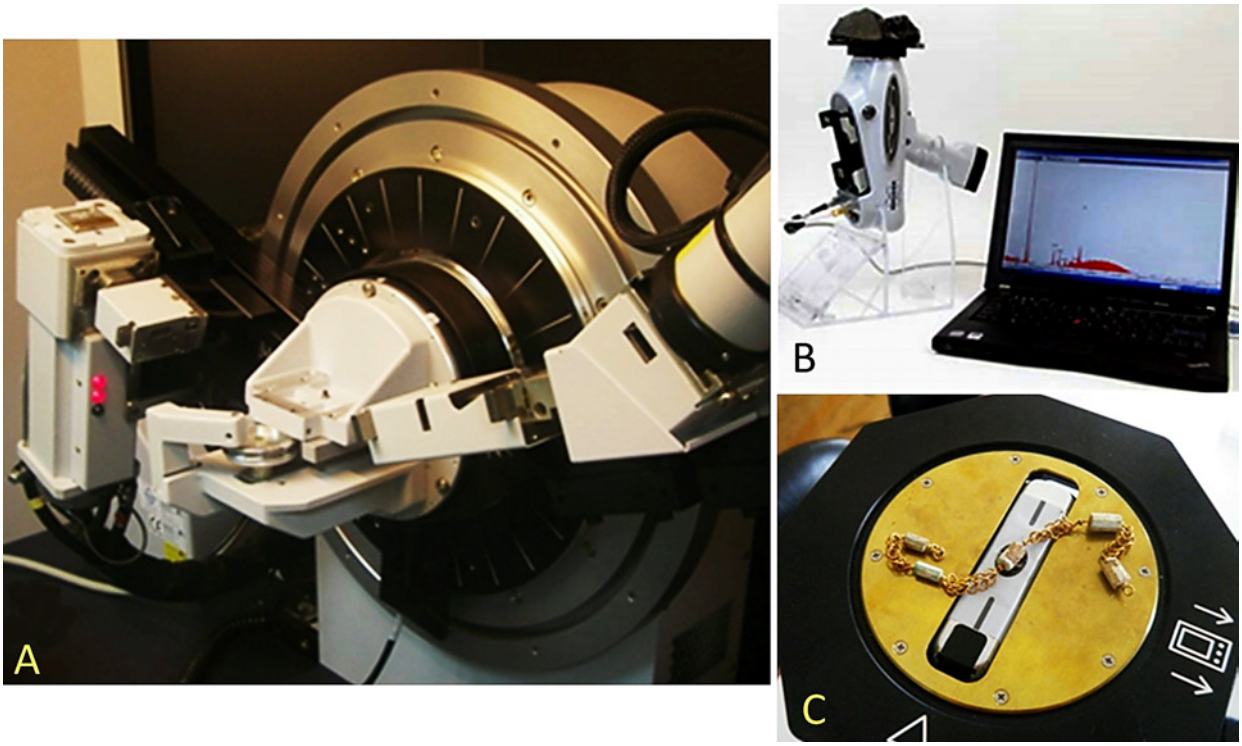


Fig. 15 : Polished stone/beads characterization. Direct X-Ray Diffraction (XRD) (A) and portable (PXRF)(B) also allow a quite precise analytical, with a non-destructive character, specially for the major elements in the sample; C: PXRF analysis of a Roman bracelet from Baixo Sado, Portugal. MAEDS Museum, Setubal.
Photo: Domínguez-Bella, 2012.

Acknowledgements

The different sampling and analytics were performed *in situ* or in the laboratories of the UGEA-PHAM and the SCCYT of the Cadiz University, through funding of the PB 96/1520 project of the Plan Nacional de I+D+I. MINECO, Spain and the CHARISMA Program, in the project "Origin and long distance transport of Neolithic variscite ornaments in Western Europe. (CALLAIS)". Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures. Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation / Restoration. (2010) developed in the UGEA-PHAM/SCCYT, UCA and the AGLAE Laboratory, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France- UMR 171, Muséee du Louvre, Paris, France. Also in the Musée Archéologique de Tétouan, thanks to a grant of the project AECID (A/017232/08: Arqueomineralogía y Patrimonio Histórico: estudio de las colecciones prehistóricas del Museo de Tetuán), and the Research Coordinate Action "Caracterización mineralógica y petrológica, áreas fuente de las materias primas y rutas de distribución de la variscita durante el Neolítico y la época romana, en el Suroeste de la Península Ibérica". (ACC-241-RNM-2001), granted by Junta de Andalucía government. I wish to thank for their help and comments as well as for access to samples of museums to: Dr. Joaquina Soares and Dr. Carlos Tabares da Silva (MAEDS, Setubal), at Tétouan, Astorga, León, Zamora, Lugo, Braga and Linares Museums and for sampling and the field trips over the last 20 years to Mr. Carmelo Bermejo, Ms. Trinidad Hernández, Mr. José María Carrascal, Ms. María J. Bóveda and Ms. Susana Rodríguez. I am grateful also to Prof. A. Arévalo by the determination of the chronology of the Roman coins.

References

Arias Ferrero, F. y López Medrano, R. 2009. *Minerales, rocas, fósiles del Bierzo y su entorno geográfico: Guía visual.* León, Instituto de Estudios Bercianos.

Arias Ferrero, F. y Jiménez Martínez, J. 2012. La perla del Bierzo: variscitas del Parque Cultural de "Las Médulas" : 1-11. In the WEB page : http://www.santoestevo.com/LA VARISCITA BERCIANA.pdf

Arias Vilas, F. y Durán Fuentes, M.-C. 1996. *Museo do Castro de Viladonga, Castro de Rei (Lugo)*. Santiago de Compostela, Xunta de Galicia.

Blasco, A., Edo, M., Fernández Turiel, J.L., Gimeno, D., Plana, F. y Villalba, J. 1992. Aplicación de técnicas geológicas al estudio de materiales arqueológicos: el ejemplo de las cuentas de variscita catalanas y el complejo minero de Can Tintorer (Gavá, Barcelona). *Cuaternario y Geomorfología* 6 : 71-80.

Campano, A., Rodríguez, J.A. y Sanz, C., 1985. Apuntes para una primera valoración de la explotación y comercio de la variscita en la Meseta Norte. *Anuario del Instituto Estudios Zamoranos Florián de Ocampo* : 13-22.

Cassen, S., Boujot, C., Domínguez-Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen et A. Sheridan, *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 919-955. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté.

Crummy, N. 1983. *The Roman small finds from excavations in Colchester 1971-1979*. Colchester, Archaeological Trust (Colchester Archaeological Report 2).

Domínguez-Bella, S. y Morata-Céspedes, D. 1995. Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la Arqueometría. Estudio de materiales del dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz). *Zephyrus* XLVIII : 129-142.

Domínguez-Bella, S., Morata, D., De La Rosa, J. and Ramos-Muñoz, J. 2002. Neolithic trade routes in SW Iberian Peninsula. Variscite green beads from some Neolithic sites in the Cádiz province (SW Spain): Raw materials and provenance areas. *Proceedings electronic book of 32nd International Symposium Archaeometry, 2000* : 12. México, Instituto Investigaciones Arqueológicas.

Domínguez Bella, S., Nieto, J.M., Nocete, F., Ramos Muñoz, J. and Sáez, R. 2003. ICP-MS en Arqueometría. Variscitas arqueológicas en el oeste peninsular, origen de las materias primas geológicas. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 26(A) : 113-114.

Domínguez-Bella, S. 2004. Variscite, a prestige mineral in the Neolithic-Aeneolithic Europe. Raw material sources and possible distribution routes. *Slovak Geological Magazine* 1-2 : 151-158.

Domínguez-Bella, S. 2012. Archaeomineralogy of prehistoric artifacts and gemstones. In J.M. Herrero and M. Vendrell (eds), *Archaeometry and Cultural Heritage: the Contribution of Mineralogy* : 5-28. Madrid, Sociedad Española de Mineralogía (Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía 9).

Domínguez-Bella, S. y Morata-Céspedes, D. 1995. Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la Arqueometría. Estudio de materiales del dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz). *Zephyrus* XLVIII : 129-142.

Edo, M., Blasco, A., Villalba, M.J., Gimeno, D. y Fernández Turiel, J.L. 1998. La caracterización de la variscita del complejo minero de Can Tintorer. Una experiencia aplicada al conocimiento del sistema de bienes de prestigio durante el Neolítico. In J. Bernabeu, T. Orozco y X. Terradas (eds), *Los recursos abióticos en la Prehistoria. Caracterización, aprovisionamiento e intercambio* : 83-97. Valencia, Universidad de Valencia.

Fernández Fernández, A., Moro Benito, C. y Cembranos Pérez, M.L. 2008. Elementos de Tierras Raras como indicadores de origen de los cherts Silúrico-Devónicos de Zamora (España). *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía* 9 : 95-96.

Frantz, T., Abramitis, D.H., Linda Borsch, L. and Wypyski, M.T. 2009. Roman variscite beads: *in situ* analysis by X-ray microdiffraction. In Marco Leona (ed.), *Scientific Research in the Metropolitan Museum of Art* : 20-25. New York, The Metropolitan Museum of Art.

González Clavijo, E.J. 1998. *La geología del Sinforme de Alcañices, oeste de Zamora*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca.

Gutiérrez Pérez, J., Villalobos García, R. y Odriozola, C.P. 2015. El uso de la variscita en *Hispania* durante la época Romana. Análisis de composición de objetos de adorno y teselas de la zona noroccidental de la meseta norte. *SPAL* 24 : 165-181.

Hooley, D. 1988. General points from an accident of fortune. *Archaeology in York Interim* 13 : 15-24.

Huet, B., Gonçalves, A. y Reis, M. 1982. Estudo mineralogico de elementos de adorno de cor verde provenientes de estaçoes arqueológicas portuguesas. *Trabalhos do Instituto Antropologia Mendes Correa* 43 : 1-18.

Jiménez-Camino, R., Bernal, D., Fernández, E., Moreno, M., López, U., Palomo, A., Peña, V., Blanco, M.E., Perles, B., Andrades, E. y Garzón, E. 2016 (in press). Excavación arqueológica en el Parque de las Acacias: la factoría de salazón, la necrópolis tardorromana y el cementerio castellano. *IV Jornadas de Arqueología y Prehistoria del Campo de Gibraltar (San Roque, 1-3/5/2016)*.

Johns, C. 1996. *The jewellery of Roman Britain*. London, UCL Press.

John Bostock, M.D., F.R.S. H.T. Riley, Esq., B.A. 1855. *The Natural History. Pliny the Elder* : book 37, chap. 56. London, Taylor and Francis, Red Lion Court, Fleet Street.

Meirelles, C., Ferreira, N. and Reis, M.L. 1987. Variscite occurrence in Silurian formations from northern Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 73 : 21-27.

Middleton, A., La Niece, S., Ambers, J., Hook, D., Hobbs, R. and Seddon, G. 2007. An elusive stone: the use of variscite as a semi-precious stone. *British Museum Technical Research Bulletin* 1 : 29-34.

Moro, M.C., Gil-Agero, M., Montero, J.M., Cembranos, M.L., Pérez Del Villar, L., Fernández, A. y Hernández Sánchez, A. 1992. Características de las mineralizaciones de variscita asociadas a los materiales silúricos del Sinforme de Terena, Encinasola (Provincia de Huelva). Comparación con las de la provincia de Zamora. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 15 : 79-89.

Moro, M.C., Cembranos, M.L. y Fernández, A. 1995a. Estudio mineralógico de las variscitas y turquesas silúricas de Punta Corveiro (Pontevedra, España). *Geogaceta* 18 : 176-179.

Moro, M.C., Gil, M.L., Cembranos, M.L., Pérez Del Villar, L. y Fernández, A. 1995b. Las mineralizaciones estratiformes de variscita (Aluminofosfatitas) silúricas de los Sinformes de Alcañices (Zamora) y Terena (Huelva España). *Boletín geológico y minero* 106(3) : 233-249.

Moro, M.C., Pérez Del Villar, L. and Cembranos, M.L. 1997. The Silurian siliceous rocks and associated variscite mineralizations in the Palazuelo de las Cuevas Sector (Zamora Province, Spain). In A. Ramos-Millán y M.A. Bustillo (eds), *Siliceous Rocks and Culture* : 13-32. Granada, Universidad de Granada.

Neal, D.S. 1974. *The excavation of the Roman Villa in Gadenbridge Park, Hemel Hempstead 1963-1968*. London, The Society of Antiquaries.

Ogden, J. 1982. *Jewellery of the Ancient World*. London, Trefoil Books.

Querré, G., Domínguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique: exploitation, diffusion au cours du néolithique. In G. Marchand et G. Querré (dir.), *Roches et sociétés de la Préhistoire* : 307-316. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. and Cassen, S. 2014. PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 318 (A) : 149-156.

Richter, G.M.A. 1924. Greek and Roman Jewelry Recent Accessions. *Metropolitan Museum of Art Bulletin* 19(2-February) : 34-38.

Ruxer, M.S. and Kubczak, J. 1972. *Greek necklaces of the Hellenistic and Roman Ages.* Warszawa, Praca Wydana z zasiłku Polskiej Akademii Nauk.

Salvador, P., Nicolau, J., Martín Pozas, J.M., Arribas Moreno, A. y Galán Huertos, E. 1971. Estudio mineralógico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). *Studia geologica salmanticensia* 2 : 115-132.

Sanz, C., Campano Lorenzo, A. y Rodríguez Marcos, J.A. 1990. Nuevos datos sobre la dispersión de la

variscita en la Meseta Norte: Las explotaciones de época romana. *Primer Congreso de Historia de Zamora. Tomo 2, Prehistoria-Mundo Antiguo* : 747-764. Zamora, Instituto de Estudios Zamoranos Florián de Ocampo.

Sas, K. and Thoen, G. 2002. *Schone schijn, Brillance et prestige, Romeinse kunst in West-Europa*. Leuven.

Silva, C., Tavares, D.A. and Soares, J. 1984. Na Procura das Origens de Setúbal. *Almadan* 3 : 2-6.

CHAPITRE III : APPORT DES MÉTHODES D'ANALYSES À L'ÉTUDE DE LA DIFFUSION DES PRODUCTIONS



Provenance des parures en variscite du Néolithique européen : élaboration d'un modèle chimiométrique

Guirec Querré, Thomas Calligaro, Serge Cassen, Marie-Pierre Dabard, Salvador Domínguez-Bella

Résumé : La découverte d'éléments de parure en callaïs, minéraux de couleur verte, dans les tombes néolithiques en Europe dès le XIXème siècle, a posé la question de leur provenance. Un programme d'analyses PIXE étalé sur plusieurs années a été mis en place afin de répondre à cette question sur la base de données objectives. L'inventaire exhaustif des gisements ouest européens décrit leurs principales caractéristiques géologiques et archéologiques. Leur implantation géographique par rapport aux sites archéologiques permet de faire un premier tri quant à leurs potentialités d'exploitation au Néolithique. Un large échantillonnage représentatif des principaux gisements a été constitué et les échantillons ont été analysés par la méthode PIXE à l'aide d'un faisceau extrait pour obtenir leur composition chimique élémentaire de manière relativement rapide et non destructive. Les concentrations en éléments majeurs permettent de connaître la nature minéralogique des filons et des nodules (variscite et/ou turquoise). Le spectre des éléments mineurs et en traces montre des variations intrinsèques, propres à chaque gisement. Les teneurs en fer, vanadium, chrome, arsenic, silicium, calcium, zirconium, uranium, leurs variations absolues et celles de leur rapport de concentration sont particulièrement pertinentes pour discriminer les 5 principales sources géologiques potentielles. Sur la base de ces variations de composition, il est possible d'élaborer un modèle chimiométrique de provenance. Ce modèle permet de déterminer la provenance d'un ensemble archéologique de parure en variscite parmi les 5 plus grands gisements européens de variscite susceptibles d'avoir été exploités par les groupes humains vivant durant le Néolithique dans l'ouest européen.
Mots clés : variscite, Néolithique, gisements, Europe, PIXE, modèle chimiométrique.

Abstract: The discovery in Europe of callaïs ornaments, a green mineral, in Neolithic graves during the nineteenth century, raised the question of their origin. PIXE analysis program of about 15 years has been set up to answer this question on the basis of objective data. The comprehensive inventory of west European deposits described their main geological, archaeological and geographical location relative to the sites allows a first selection on their operating potential in the Neolithic. A large representative sample of the main deposits has been collected and the samples analyzed by PIXE using an external beam to determine their elemental chemical analysis relatively quickly and non-destructively. The concentrations of major elements allow us to know the mineralogical nature of the veins or nodules (variscite and / or turquoise). The spectrum of minor and trace elements shows intrinsic variations specific to each deposit. The iron content, vanadium, chromium, arsenic, silicon, calcium, zirconium, uranium, their absolute changes and those of their concentration ratio are particularly relevant for discriminating five main potential geological sources. A chemometric model based on these compositional variations was developed. This model allows us to determine the source of an archaeological set of variscite adornment among the 5 largest European variscite deposits could have been exploited by humans during the Neolithic groups living in Western Europe.
Keywords : variscite, Neolithic, deposits, Europe, PIXE, Chemometric model.

Introduction

La provenance des parures en variscite, clé d'entrée pour la mise en évidence d'un ou plusieurs réseaux de circulation des groupes humains durant le Néolithique européen, est traitée depuis le XIXe siècle, date de découverte des premiers éléments en Bretagne. Si durant le XXe siècle, plusieurs avancées

archéologiques et géologiques ont permis de renouveler le débat, elles n'ont pas permis de répondre à toutes les questions en suspens, tout particulièrement celle de l'origine de la plus grande concentration européenne d'ornements réalisés dans cette matière au Néolithique, à savoir la région morbihannaise dans l'ouest de la France. À cette fin, nous avons élaboré un programme de recherche dont le cœur consiste à caractériser ces bijoux par une méthode d'analyse par faisceau d'ions accélérés sans aucun prélèvement ni préparation à l'aide du faisceau extrait d'AGLAE, accélérateur du Louvre à Paris. Pour cela, il nous a fallu constituer un référentiel de toutes les sources de variscite en europe dont l'exploitation est attestée ou non au Néolithique. Un modèle chimiométrique a été élaboré à partir de cette base d'analyses chimiques géo-référencées obtenues par PIXE. Une fois éprouvé, ce modèle doit nous permettre de déterminer la provenance des ensembles de bijoux néolithiques découverts dans les contextes néolithiques de l'ensemble de l'Europe occidentale.

1. Bref historique de la recherche de provenance

La découverte en grand nombre de remarquables éléments de parure en callaïs dans les sites néolithiques de l'ouest de la France a suscité la curiosité des archéologues et des minéralogistes dès la fin du XIXe siècle, au balbutiement de l'archéologie, lors des premières fouilles scientifiques des tombes néolithiques au sein des grands tumulus carnacéens (Fouquet, 1857, 1862 ; Damour, 1865 ; Lacroix, 1893-1910). Ces scientifiques érudits ont d'emblée posé la question de leur provenance qui, à leurs yeux, semblait lointaine, tant ces objets leur paraissaient exotiques. Ainsi, l'hypothèse d'une origine extrême orientale s'est dégagée assez rapidement étant donnée la nouveauté de cette pierre tant du point de vue archéologique que minéralogique. Durant le XXe siècle, au fil des fouilles archéologiques en France et en péninsule Ibérique, le corpus des bijoux préhistoriques en « *callaïs* » pris au sens large, n'a cessé de croître, pour atteindre un total de 772 perles et pendeloques inventoriées en 1939 par Houssemaine avec toujours l'énigme de leur provenance, à tel point que L. Siret s'engage à offrir une prime à qui découvrira la source de la callaïs (Houssemaine, 1939).
De la fin du XIXe siècle aux années 1960, les premières caractérisations minéralogiques et chimiques sont axées plutôt sur la détermination minéralogique des objets de parure en pierre verte (Beziers, 1912 ; Salvado Canélhas, 1973). En effet, dès les premières découvertes, une ambiguïté est apparue quant à l'emploi du terme « callaïs ». Emprunté à Pline l'ancien par Damour (Damour, 1865) et parfois qualifié de « passe-partout pour archéologues » (Chantret *et al.*, 1970), ce terme regroupe les objets de pierre verte à blanchâtre en variscite principalement mais également en turquoise, en malachite voire en diverses autres matières minérales vertes comme la fibrolite, la séricite ou le chrysoprase. Les programmes d'analyse des objets archéologiques dits en callaïs montrent qu'il s'agit pour une grande majorité d'entre eux de la variscite, minéral défini par Lacroix en 1896 comme étant un phosphate d'aluminium hydraté de formule Al PO_4.2H_2O (Lacroix, 1896). Mais ce n'est pas toujours le cas comme nous avons pu le mettre en évidence pour les objets armoricains, certains d'entre eux peuvent être d'une autre nature minéralogique, choisie ou non de manière délibérée par les néolithiques (Querré *et al*., ce volume). C'est pourquoi nous avons préféré conserver le terme général de callaïs tant que des déterminations précises ne permettent pas d'identifier la nature exacte des matériaux utilisés.

La découverte en 1965 de variscite dans la carrière de la Floquerie sur la commune de Pannecé (44) à proximité des sites archéologiques morbihannais a relancé la question de la provenance des bijoux préhistoriques. Des analyses minéralogiques par diffraction X ont permis de confirmer la nature minéralogique de la matière verte présente dans cette carrière, la variscite (Massé, 1971). Le même type d'analyses faites sur quelques perles néolithiques a montré que leur nature minéralogique est en tout point identique à celle du gisement (L'Helgouac'h, 1972 ; Forestier *et al.* 1973 a et b). Il était tentant à l'époque, du fait d'une part de la similitude des compositions et d'autre part, de la proximité des tombes néolithiques où se trouve la plus grande concentration européenne de bijoux en variscite, d'attribuer à

ces derniers une origine quasi locale. Toutefois, certaines réserves ont été émises quant à cette hypothèse sachant que les minéralisations de variscite ont été découvertes dans l'excavation moderne à plus de 35 m de profondeur, impossible d'accès au Néolithique mais avec l'idée qu'un affleurement proche et éventuellement épuisé avait pu avoir été exploité.
En Espagne, plusieurs découvertes se succèdent durant les années 60-70. Des affleurements de variscite sont découverts dans la région de Zamora (Arribas, 1971). Un programme de recherche consacré à la culture catalane de « Los sepulcros de fosa » permet de mettre au jour des séries importantes d'éléments de parure en variscite relançant cette fois-ci du côté ibérique, le débat sur leur provenance (Munoz Amilibia, 1965). Et surtout, fait décisif dans l'étude de la variscite néolithique, les archéologues catalans découvrent au cours des années 1970, dans les faubourgs de Barcelone, un complexe minier datant du Néolithique et dédié à l'exploitation de veines minéralisées en variscite et à la fabrication d'éléments de parure en cette matière (Alonso *et al*., 1978 ; Bosch *et al.*, 1993 ; Bosch, ce volume).
La composition minéralogique et chimique étant la même que celle des perles et pendeloques de la région morbihannaise, un doute apparaît quant à l'hypothèse d'une origine armoricaine des bijoux armoricains. M. Edo et ses collaborateurs présentent en 1997 un inventaire élargi des gisements de variscite dont plusieurs d'entre eux situés dans le nord-ouest de la péninsule Ibérique (Edo *et al.*, 1997). Sur la base d'analyses typologiques des perles et d'analyses par LA-ICP-MS sont également proposés des réseaux de circulation de perles en variscite dans le nord de la péninsule Ibérique (Villalba, 2002). Ce même type d'analyses sur des objets archéologiques découverts dans la région de Burgos, dans l'ouest de la Meseta montre que certains d'entre eux proviennent des mines catalanes (Rojo *et al*., 1995 ; Blanco Majado *et al*., 1996).
Un autre programme d'analyses par DRX, FRX et LA-ICP-MS a été lancé à Cadix par l'un d'entre nous (S.D-B) afin de déterminer la provenance des bijoux découverts dans les sites néolithiques du sud de la péninsule ibérique (Domínguez-Bella et Morata, 1995-1996 ; Domínguez-Bella *et al*., 2002 et Domínguez-Bella, 2004).
Près de 150 ans après les premières découvertes de parures néolithiques en *callaïs* du Morbihan, aucune hypothèse basée sur des données objectives n'a été proposée pour concernant leur provenance. Le programme « *Callaïs* » par analyse PIXE par accélérateur débute en 1999 avec la collaboration de Frédéric Herbault. La première publication faite dans le Bulletin de la Société préhistorique française en 2004 a permis de mettre au point notre protocole d'analyse par PIXE et de poser les premiers jalons d'un programme quasi exhaustif d'analyses des bijoux de la moitié nord de la France conservés dans les institutions muséales françaises (fig. 1) (Herbault et Querré, 2004). Toutefois, il est apparu indispensable de renforcer le référentiel analytique qui avait été établi sur un nombre restreint d'échantillons.
C'est en 2009 que ces deux derniers programmes de recherche menés respectivement par les laboratoires de Rennes et de Cadix convergent en un unique programme soutenu par le réseau européen CHARISMA. Ce programme commun a permis de poursuivre les analyses PIXE des objets armoricains, mais également celles des perles et pendeloques du Néolithique et du Chalcolithique espagnol et portugais (Querré *et al.*, 2012). Ce programme a été l'occasion de procéder à un échantillonnage complet sur le terrain des principales sources connues de variscite et de mettre en commun l'ensemble des données analytiques tant sur les objets que sur les gisements et leurs références. Ce sont ces résultats qui sont présentés ci après.

2. Les gisements européens de variscite et leur caractérisation géochimique

Si les objets en variscite ont été découverts dans les fouilles archéologiques dès la fin du XIXe siècle, il a fallu attendre la deuxième moitié du XXe siècle pour que soient connus les premiers gisements européens de ce minéral peu répandu. En Europe, on dénombre au moins 6 principaux gisements de variscite. Certains représentent une zone restreinte de quelques kilomètres carrés comme Pannecé en Loire-Atlantique, d'autres souvent en synclinorium, s'étendent sur des larges zones de plusieurs dizaines de

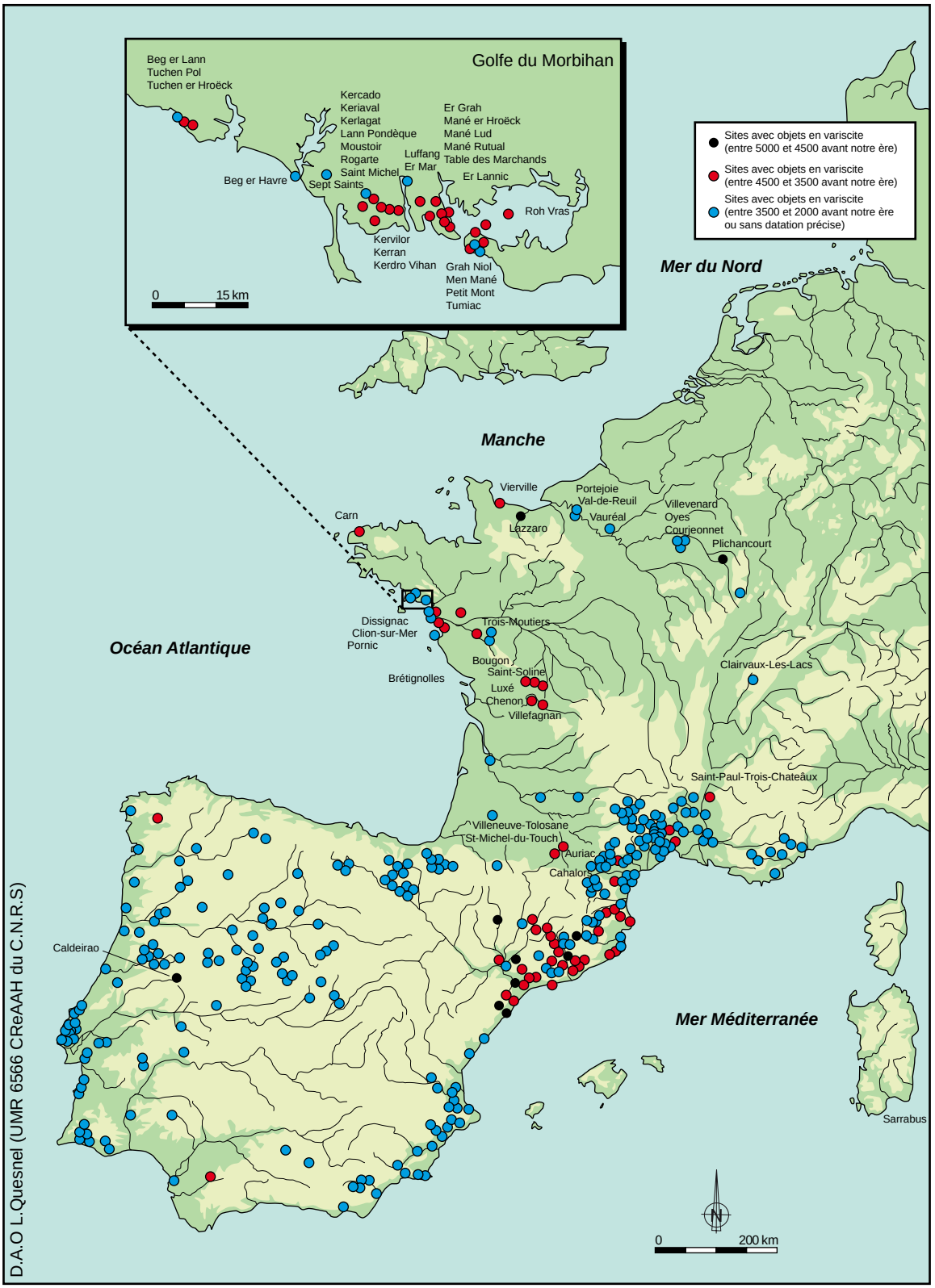


Fig. 1 : Localisation des sites néolithiques d'Europe dans lesquels un ou plusieurs éléments de parure en *callaïs*, perles et pendeloques, ont été découverts (d'après Herbault et Querré, 2004).

kilomètres carrés comme le synclinorium d'Alcañices dans la région de Zamora, où se trouve le gisement de Palazuelo de las Cuevas, ou encore le synclinorium de Terena dans la région de Huelva (Moro *et al*., 1995b ; Fernandez et al., ce volume). L'ambiguïté du terme *callaïs* vient du fait que, très souvent, les minéralisations de phosphates associent la variscite avec d'autres minéraux de cette famille, en particulier la turquoise. Ce minéral peut exister également de manière singulière, non associé à la turquoise. Il a été démontré que parmi l'ensemble des perles et pendeloques du Morbihan majoritairement en variscite, 9 perles sont en turquoise (Querré *et al*., ce volume). Nous n'intégrons pas la malachite, un carbonate de cuivre hydraté, beaucoup plus facile à différencier (couleur, densité, altération).

Les principaux gisements européens de variscite et/ou de turquoise (fig.2) sont brièvement décrits. Le lecteur se rapportera aux différents articles de ce volume ou aux principales publications citées pour des compléments d'informations tant sur la gîtologie que sur l'archéologie lorsque des traces d'exploitation ont été mises en évidence.

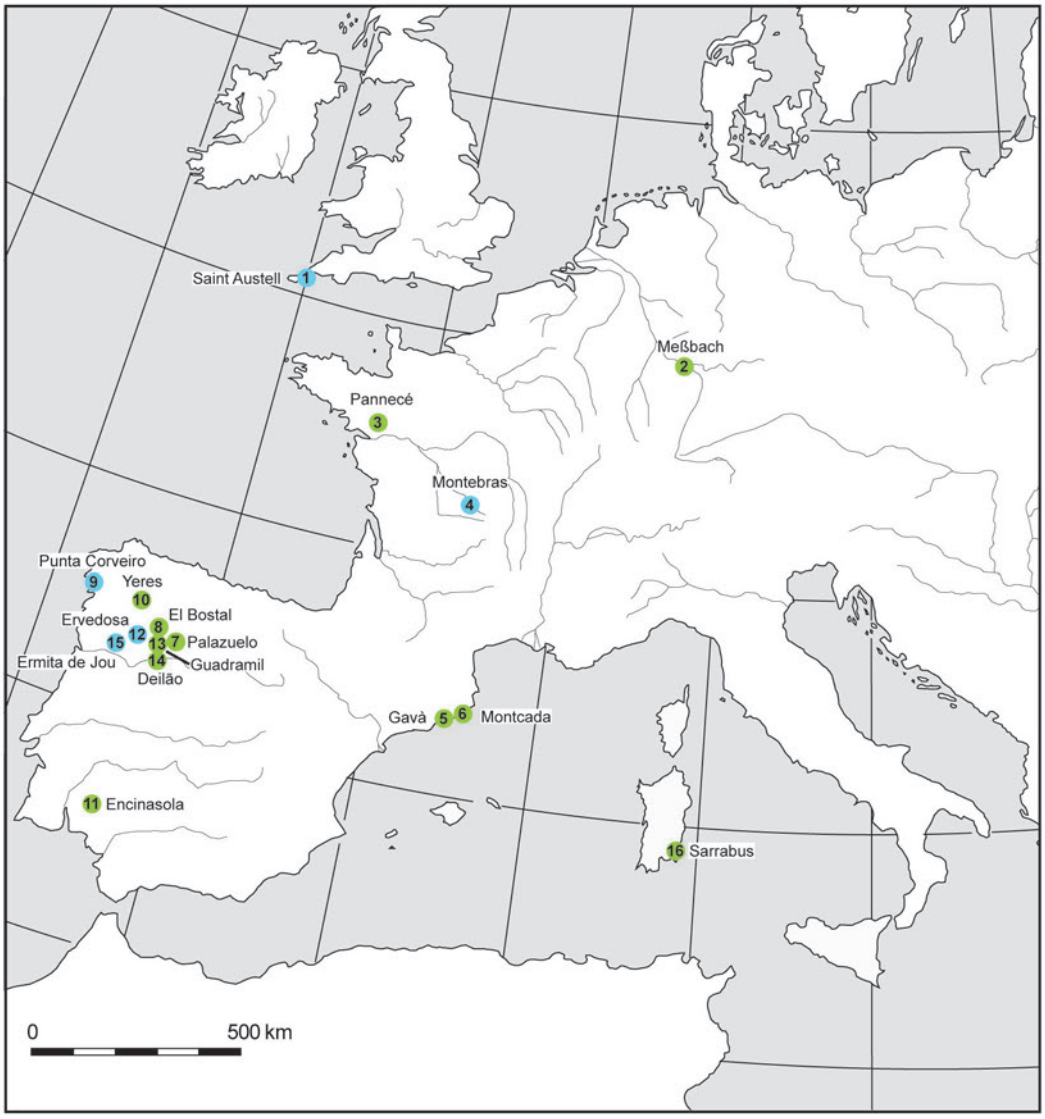


Fig. 2 : principaux gisements de callaïs d'Europe occidentale - points verts : variscite - points bleus : turquoise (les numéros font référence à ceux figurant dans le tableau I).

Grande-Bretagne (GB)

Saint Austell

C'est uniquement de la turquoise qui est présente dans le gisement de Saint Austell en Cornouailles anglaise sans que la variscite ne soit signalée par quelqu'auteur. Les analyses PIXE que nous avons obtenues sur des échantillons provenant de ce gisement ont confirmé qu'il s'agit bien de ce minéral et non de variscite. D'autre part, aucune trace d'exploitation ancienne n'est signalée dans la littérature. Enfin, aucun site néolithique des îles britanniques et d'Irlande ne présente de perles en *callaïs*. Ce gisement peut être raisonnablement écarté en tant que source de *callaïs* exploitée au Néolithique.

Allemagne (D)

Meßbach

Le gisement éponyme de la variscite se trouve en Allemagne, dont le terme dérive de Variscia, nom historique du Vogtland en Allemagne. Aucun échantillon allemand n'a été analysé. En effet, les sites archéologiques présentant au moins un objet en variscite sont exclusivement localisés dans la péninsule Ibérique et pour la France, en dessous d'une diagonale allant de Nice à Brest, sauf les deux sites de Plichancourt et Lazzaro (fig.1). Aucun d'entre eux ne se trouve en Allemagne, Belgique, Suisse, Italie. Quelques rares cas se répartissent dans le bassin de la Seine. Les sites orientaux les plus proches des gisements allemands sont le site de Clairvaux-les-Lacs (39) et de Plichancourt (51) soit à plus de 350 km du site de Meßbach (Vogtland, Saxe), gîte de variscite massive le plus occidental pour l'Allemagne. L'absence totale d'indice de présence d'objet archéologique à proximité du gisement et sur une zone de plusieurs centaines de kilomètres de distance de ce gîte nous incite à considérer qu'il n'a pas été exploité au Néolithique. Il n'existe pas non plus de trace d'exploitation ancienne signalée dans cette vaste zone géographique.

France (F)

Pannecé

Unique source de variscite située en France, le gisement de Pannecé (Loire-Atlantique), découvert dans les années 1960, est situé dans la carrière de la Floquerie où étaient exploités des phtanites. Ces roches très dures forment un relief bien marqué dans la topographie des lieux et sont recouvertes d'une épaisse couche de sables rouges pliocènes qui tend à masquer ces formations à l'affleurement y compris au Néolithique (Massé, 1971). La variscite de ce gisement se présente sous la forme à la fois de petits filons et en nodules plus massifs (Forestier *et al*., 1973 a et b). Actuellement, la carrière abandonnée depuis de nombreuses années, est totalement ennoyée, empêchant tout accès aux minéralisations mises en évidence à 35m de profondeur. Notons que, hormis l'exploitation de la carrière de phtanite qui a débuté en 1948 et où les premiers indices de minéraux verts ont été décelés en 1965-1966 (Massé, 1971), il n'a jamais été signalé d'autres témoins d'exploitation ancienne de variscite ni en carrière, ni en mine à Pannecé précisément, ni dans les environs. Un ensemble de 26 échantillons de variscite provenant de cette carrière a été analysé par PIXE. Pour la plupart, les échantillons de référence ont été collectés par Bernard Lasnier, géologue de l'université de Nantes et ses collaborateurs. Les analyses de variscite de Pannecé ont été intégrées dans la base de données ayant servi à élaborer le modèle chimiométrique pour confirmer ou non l'utilisation de ce gisement par les néolithiques, car situé idéalement à proximité des sites morbihanais.

Montebras

Le gîte de Montebras en Soumans dans la Creuse est un gisement stannifère (Patureau, 2013). Comme celui de Saint Austell, il s'agit d'un gisement de turquoise et non de variscite. Si ce gisement a fait l'objet d'une exploitation contemporaine, c'est pour en extraire l'étain et non la turquoise. En dehors de cette exploitation, aucune trace d'excavation préhistorique n'a été mise en évidence. Des analyses PIXE ont été faites sur des échantillons provenant de cette source (don de José Gomez de Soto) ; elles ont confirmé la nature chimique et donc minéralogique des échantillons, à savoir la turquoise.
Si cette source a été réellement utilisée au Néolithique, ce serait uniquement pour la parure en turquoise et en aucun cas celle en variscite. Pour le gisement de Montebras, Patureau relate la découverte de 22 pièces préhistoriques en silex (couteaux, racloirs grattoirs etc), sept pièces en pierre polie (haches, pic-pioches, brunissoirs) ainsi que des objets de parure en turquoise (6 perles et 4 pendeloques) signalés par Naigeon dans les Mémoires de la Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse entre 1939 et 1947 (Patureau, 2013).

Espagne (E)

Gavà

Le plus connu des gisements ibériques est situé sur la commune de Gavà, au sud de la ville de Barcelone, gisement exploité au Néolithique dans les mines de Can Tintorer. Du point de vue géologique, le gisement a été décrit en 1990 par Fernandez Turiel et ses collaborateurs (Fernandez Turiel *et al*., 1990). Les mines néolithiques de Can Tintorer ont fait l'objet de recherches approfondies tant du point de vue géologique qu'archéologique. Cette découverte exceptionnelle a fait l'objet de nombreuses publications (Villalba *et al*., 1986; Fernandez *et al*., ce volume; Melgarejo *et al*., ce volume; Bosch *et al*., ce volume).
L'exploitation de la variscite est faite en puits de mine de plusieurs mètres de profondeur comme les néolithiques le font pour extraire le silex à Spiennes en Belgique (Collet et Van Neer, 2002) ou à Ri dans l'Orne (Gesquière *et al*., 2012) pour réaliser des lames de haches en pierre polie. Cette exploitation minière est couplée à des ateliers de transformation de la variscite en objets finis, essentiellement des perles, comme en témoigne la mise au jour dans les fouilles du site de Can Tintorer, de forets en silex pour réaliser la perforation des perles, de polissoirs en grès pour régulariser les surfaces et de ratés de fabrication de perles à différents stades d'élaboration (Bosch *et al*., ce volume). L'existence de ces ateliers attenant aux zones d'extraction de la matière première montre que la variscite, tout au moins pour Can Tintorer, circulait au Néolithique sous la forme d'objets finis et non de matière première avec une manufacture des parures dans des ateliers distants de la source.

Montcada

À quelques kilomètres de Gavà, au nord de Barcelone, dans des formations géologiques très proches de celles de Gavà, il existe actuellement une très grosse exploitation à ciel ouvert de phtanites dans lesquels se trouvent des minéralisations de variscite ; il s'agit du site de Montcada. Aucune exploitation ancienne n'y a été mise en évidence. Notons pour l'anecdote, que la variscite de ce gisement est utilisée aujourd'hui pour réaliser des bijoux pour la boutique du musée du site de Gavà.

Palazuelo de las Cuevas

Il s'agit d'une des communes de la province de Zamora, limitrophe de San Vincente de la Cabeza où affleurent de très importantes formations minéralisées en variscite. En fait, elles appartiennent à un vaste synclinorium qui s'étend sur une bande de terrain de plusieurs dizaines de kilomètres dont les structures

sont orientées sud est - nord ouest et qui est connu par les géologues sous la dénomination de synclinorium de Alcañices (Moro *et al*., 1995b). Ces formations minéralisées sont très importantes et se prolongent au-delà de la frontière, dans le nord du Portugal. De nombreuses traces d'excavations sous forme de longues dépressions orientées dans l'axe des minéralisations et bordées de monticules de déchets d'exploitation sont parfaitement visibles actuellement (Domínguez-Bella, 2004), ainsi qu'au LIDAR (Rellan *et al.* ; Ce volume). Les excavations sont alignées suivant l'orientation des structures géologiques dans lesquelles les filons de variscite se sont développés. Aucun sondage ni fouille archéologique n'a été fait dans la région.

El Bostal

Ce gisement appartient également au synclinorium de Alcañices sur la commune de Sejas de Aliste. La variscite d'El Bostal se trouve dans du quartz filonien très pur alors que la gangue de la variscite des sites précédents est une lydite à grain très fin et de couleur beige foncé à clair. Une série d'échantillons (don de C. Moro Benito) a été analysée par PIXE. Ce même type d'occurrence a été observé sur le gisement de Deilão à quelques kilomètres au Portugal.

Punta Corveiro

Ce gisement de Punta Corveiro, localisé sur la commune de Pontevedra en Galice, affleure particulièrement bien en bordure de mer. Les minéralisations du gisement galicien ont été étudiées par Moro et ses collaborateurs qui décrivent la présence de turquoise et de variscite (Moro *et al.*, 1995a). Ces minéraux apparaissent sous la forme de petits filons dans un encaissant constitué de schistes noirs. Les minéralisations vertes prélevées par nos soins se sont révélées à l'analyse PIXE être exclusivement constituées de turquoise. Si la variscite est présente comme le notent certains auteurs (Rey, 1995), elle est probablement peu abondante et ne semble pas avoir fait l'objet d'une exploitation. Aucun témoignage d'extraction n'est signalé dans la littérature archéologique concernant ce gisement qui s'étend sur une petite zone de quelques kilomètres.

Encinasola

Cet important gisement de phosphates est situé dans le sud-ouest de l'Espagne sur la commune d'Encinasola (Huelva), en particulier sur la colline de Pico Centeno à proximité immédiate de la frontière avec le Portugal. Inconnu des archéologues jusqu'en 1992 (Rocian *et al.*, 1992), ce gisement est découvert cette année là par les géologues qui constatèrent de grandes similitudes (âges, organisation, nature) entre le gisement d'Encinasola et celui de la région de Palazuelo de las Cuevas. Les minéralisations de la région d'Encinasola s'intégrent également dans un vaste synclinorium, dénommé le synclinorium de Terena (Moro *et al*.,1992).
Sept ans après, en 1999, sont découvertes les exploitations néolithiques de callaïs sur la colline de Pico Centeno (Nocete et Linares, 1999). Des excavations à ciel ouvert très bien visibles actuellement dans lesquelles apparaissent encore nettement les filons et les nodules de couleur verte témoignent de l'extraction de la variscite sur ce gisement. Le site a récemment fait l'objet de travaux archéologiques, de datation et d'analyses (Odriozola *et al*., 2010, 2015). Une exploitation en galeries souterraines est susceptible d'avoir également existé comme en témoigne la possible présence de départs de galeries dans la même zone (Domínguez-Bella, ce volume)

Yeres (León)

Ce gisement de Yeres, localisé sur la commune de León, dans la région de Castilla y Leon, affleure dans des matériaux métamorphiques d´âge silurien. La caractérisation minéralogique par XRD de ce gisement

a été décrite par Arias Ferrero & Jiménez Martínez (2012), avec présence de variscite. Ce minéral apparait sous la forme de petits filons dans un encaissant constitué de schistes noirs. Domínguez-Bella et Martinez en 2015 ont confirmé par l'analyse XRF et XRD, qu'il s'agit de variscite type Zamora. La variscite est peu abondante et ne semble pas avoir fait l'objet d'une exploitation. Aucun témoignage d'extraction n'est signalé dans la littérature archéologique concernant ce gisement.

Portugal (P)

Ervedosa (Vinhais), Guadramil, Deilão.

Dans ce pays, plusieurs petits gisements de phosphates sont signalés dans la littérature géologique, exclusivement dans le nord du pays dans la région de Trás-os-Montes (Canelhas, 1973 ; Meireles, 1987). Ce sont les gisements d' Ervedosa (Vinhais), de Guadramil et de Deilão. Le premier dans lequel on trouve de la variscite et de la turquoise est comme le gisement de Montebras en France, associé à une mine d'étain. Les gisements de Guadramil et de Deilão se trouvent à la frontière avec l'Espagne à l'extrême nord-ouest dans la continuité du synclinorium de Alcañices où se trouve Palazuelo de las Cuevas. Ils présentent d'ailleurs des cristallisations de variscite dans une matrice quartzeuse très cassante comme pour le gisement de El Bostal. D'ailleurs, Meireles précise que seul Ervedosa est susceptible de fournir de la pierre de qualité pouvant faire l'objet d'une utilisation en bijouterie (Meireles, 1987). Le gisement de Ermita de Jou, en la région de Vila Real, au nord de Portugal, échantillonnée par Domínguez-Bella *et al*., in 2004 présente seulement de la turquoise. Par contre aucune trace d'exploitation archéologique n'est signalée.

Italie (I)

Sarrabus

C'est au sud de la Sardaigne à proximité de Cagliari que des minéralisations phosphatées sont signalées dans la région du Sarrabus (Torrente et Gimeno, 1986; Gimeno *et al*., 1988). Aucune trace d'exploitation de cette pierre n'est signalée dans la littérature archéologique. De plus, comme pour les gisements allemands, il n'existe aucun site néolithique sur l'île présentant des objets en variscite alors qu'à la même époque l'obsidienne faisait l'objet d'un intense exploitation sur l'île et une diffusion sur le continent, en Italie, en France et en Espagne au cours du Néolithique (Binder *et al*., 2012).

Il faut ajouter à la liste des principaux gisements ouest européens de variscite, turquoise et autres minéraux phosphatés, des gîtes ponctuels pour lesquels des traces de minéralisations ont été observées. Il s'agit par exemple du gisement de la commune de Prévinquières dans l'Aveyron France signalé par J.-M. Johannet (comm. pers. B. Lasnier), de turquoise à Chabannes dans la commune de St-Sylvestre (Haute-Vienne) et Beauvoir-Echassières dans l'Allier (Patureau, 2013), en Espagne de turquoise avec ambligonite à Valdeflores, Cáceres. Toutefois, la variscite s'y présente en général sous la forme de plaques très fines ne permettant pas la fabrication d'éléments de parure.
Par contre, il convient de retirer de la liste des sources potentielles, les gisements cités dans les publications mais qui en fait, n'existent pas. C'est le cas du Huelgoat en Bretagne signalé au XIX^{ème} siècle où la halloysite de couleur verte a été confondue avec de la variscite (Marsille, 1924), ou encore celui de La Encatada au sud-est de l'Espagne, dans la province d'Almeria, gisement signalé encore récemment dans certaines publications comme source potentielle d'approvisionnement en variscite par les néolithiques (Edo *et al*., 1992) alors qu'il n'existe pas comme le précisent en particulier Rocian et ses collaborateurs (Rocian *et al*., 1992) et Domínguez-Bella (2004) notant qu'il y a eu confusion entre un site archéologique et un gisement géologique. De plus existe une incohérence d'ordre géologique, la présence dans cette zone géographique d'un site géologique avec variscite étant impossible.

	Localisation		Géologie		Archéologie		
	Commune	**pays**	**minéralisation**	**gangue**	**Traces exploitation ancienne**	**Présence de « sites à callaïs » dans l'environnement proche**	
1	Saint Austell	Grande Bretagne	turquoise	phtanites	Non	Non	aucun site en Grande Bretagne ni en Irlande
2	Meßbach (et autres gisements allemands)	Allemagne	variscite	phtanites	Non	Non	aucun site en Allemagne, en Belgique, en Autriche. Sites français le plus proche : plus de 350 km
3	Pannecé	France	variscite	phtanites	Non	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité dont ceux du Morbihan
4	Montebras	France	turquoise	granite	Oui (étain)	Non	pas de site archéologique à proximité
5	Gavà	Espagne	variscite (turquoise)	phtanites	Oui (Mines néolithiques)	Oui	mines néolithiques et nombreux sites archéologiques à proximité
6	Montcada	Espagne	strengite (variscite)	phtanites	Oui (exploitation contemporaine pas de trace ancienne)	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
7	Palazuelo	Espagne	variscite (turquoise)	phtanites	Oui (nombreuses et anciennes)	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
8	El Bostal	Espagne	variscite (turquoise)	quartz filonien	Non	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
9	Punta Corveiro	Espagne	turquoise (variscite)	schistes noirs	Non	Oui	plusieurs sites archéologiques à proximité
10	Yeres	Espagne	variscite	quartz filonien phtanites	Non	Non	pas de sites archéologiques à proximité immédiate
11	Encinasola	Espagne	variscite	phtanites	Oui (multiples et anciennes)	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
12	Ervedosa	Portugal	turquoise (variscite)	schistes noirs	Non	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
13	Guadramil	Portugal	variscite	quartz filonien	Non	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
14	Deilão	Portugal	variscite	quartz filonien	Non	Oui	nombreux sites archéologiques à proximité
15	Ermita de Jou	Portugal	turquoise	schistes noirs	Non	Non	pas de site archéologique à proximité
16	Sarrabus	Italie	variscite (turquoise)	phtanites	Non	Non	aucun site d'utilisation en Sardaigne ni en Italie

Tabl. I : les principaux gisements de callaïs en Europe occidentale et quelques caractéristiques géologiques et archéologiques associées.

L'inventaire général des gisements de callaïs pour l'Europe dénombre 16 gisements ou groupements principaux [Tabl. I]. Cinq d'entre eux sont des gisements de turquoise principalement, Saint Austell (GB), Montebras (F) et Punta Corveiro (E), Ervedosa (P) Ermita de Jou (P). Trois autres présentent des

témoins d'exploitations anciennes, Gavà (E), Palazuelo de las Cuevas (E), Encinasola (E). Les autres sont géographiquement isolés par rapport aux sites néolithiques présentant de la callaïs, Yeres (E), Saint Austell (GB), Meßbach (D) et plus globalement les gisements allemands, autrichiens et belges, Montebras (F) et le gisement sarde de Sarrabus (I).
Pour ces raisons, nous avons retenu 5 gisements parmi les 16 gisements présentés ici pour élaborer notre modèle chimiométrique : les sites espagnols de Gavà, Palazuelo de las Cuevas et d'Encinasola car ils présentent tous les trois des témoins d'exploitations anciennes, le gisement d'El Bostal situé dans le synclinorium de Alcañices à proximité de Palazuelo de las Cuevas malgré le fait que la variscite se présente dans une gangue quartzeuse, difficile à exploiter pour la bijouterie. Enfin, le gisement de Pannecé en France a été retenu du fait de sa proximité immédiate de la plus grande concentration de perles et pendeloques néolithiques d'Europe.

3. Caractérisation géochimique des gisements européens de variscite

C'est sur la base de cet ensemble de gisements que nous avons constitué notre référentiel pour analyse par PIXE afin d'élaborer notre modèle chimiométrique. Les échantillons de variscite analysés ont été collectés de différentes manières, soit pour la majorité, directement sur le terrain par les auteurs, soit sous la forme de dons ou de prêts d'archéologues et de géologues, qu'ils en soient tous remerciés.

La méthode PIXE et les analyses par sites

La méthode analytique utilisée pour caractériser les parures préhistoriques en callaïs est la méthode PIXE (Particule-Induced X-Ray Emission). Il s'agit d'une méthode analytique basée sur le phénomène de fluorescence X. L'énergie d'excitation des atomes est fournie par des particules chargées, ici des protons, ayant une énergie incidente de 3 MeV sur la cible à analyser, perles, pendeloques et échantillons géologiques. L'accélérateur AGLAE (Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire) du C2RMF au Louvre à Paris a été utilisé tout au long de ce programme. AGLAE est équipé d'un faisceau extrait à pression atmosphérique très bien adapté à l'étude des objets d'art et d'archéologie et plus particulièrement aux gemmes anciennes (Calligaro *et al.*, 1999). Les protons sont extraits dans l'air à travers une fenêtre en nitrure de silicium, les objets à analyser sont placés à quelques millimètres de cette fenêtre. Les détecteurs de rayons X sont positionnés à 45°, à quelques millimètres de l'objet analysé. La détection se fait à travers deux types de détecteurs. Le premier est adapté à la détection des rayons X de basse énergie entre 1 keV et 7 keV et permet de doser les éléments chimiques suivant : le sodium, le magnésium, l'aluminium, le silicium, le phosphore, le potassium, le calcium, le titane, le vanadium, le chrome, le manganèse et le fer. Ce sont les éléments majeurs et les principaux mineurs qui sont mesurés avec ce détecteur. Le second détecteur est configuré pour mesurer le rayonnement X de haute énergie qui, dans le cas de la variscite correspond aux éléments en traces. Ce sont le nickel, le cuivre, le zinc, le gallium, l'arsenic, le rubidium, le strontium, l'yttrium, le zirconium, le niobium, le molybdène et l'uranium.

Toutes ces conditions d'analyses ont prévalu pour l'ensemble des analyses. Or, pour des raisons pratiques, en particulier, l'accès aux collections de musées, à la collecte ou le prêt des échantillons de références français, espagnols, portugais, italiens et anglais, à l'attribution de jours de faisceau sur l'accélérateur AGLAE, en général de 1 à 4 jours maximum par an, le programme s'est étalé sur plus de 15 ans. Durant cette période, de nombreuses améliorations ont été faites sur l'accélérateur et tout son environnement d'analyse, les principales étant les suivantes :
- améliorations de la qualité du faisceau de protons : augmentation de sa brillance, réduction de sa taille, stabilisation, intégration de la charge,
- améliorations des modalités de balayage des échantillons par le faisceau par effets mécaniques et effets électrostatiques,

- amélioration de la détection : passage de détecteurs Si (Li) refroidis à l'azote liquide à des détecteurs SDD refroidis électriquement par effet Peltier, augmentation de la surface active de détection du détecteur basse énergie, capacité d'intégration de l'électronique par le passage du mode analogique en mode numérique, augmentation du nombre de détecteurs haute énergie un seul à l'origine, 3 dans la dernière configuration.
- amélioration des paramètres de dépouillement des spectres par les logiciels GUPIX et TRAUPIX.

La modification ayant eu le plus de répercussion sur les analyses correspond au passage de détecteurs Si (Li) à des détecteurs SDD. La formation occasionnelle sur la surface des Si(Li) d'une fine couche de glace à probablement induit une légère baisse de leur efficacité dans les basses énergies qui s'est traduite par une sous-estimation des concentrations d'aluminium (Kα = 1,487 keV) par rapport à celles du phosphore (Kα = 2,015 keV). Ainsi les rapports Al/P des deux éléments majeurs de la variscite ont pu évoluer en fonction des périodes d'analyse. L'analyse répétée au cours de chacune de la série d'analyses et durant les 15 années de durée du programme d'étalons géochimiques et d'un étalon de variscite, une perle néolithique provenant du tumulus de Mane er Hroeck, a permis de contrôler l'ensemble des paramètres et de valider la totalité des analyses quantitatives sur les éléments mineurs et en traces tant sur les objets que sur les références (Querré *et al*., 2014).

Le nombre d'analyses chimiques élémentaires par PIXE pour chacun des gisements est présenté dans le tableau II.

Gisement		**analyses PIXE (nombre)**	
Commune	**pays**	**variscite**	**turquoise**
Saint Austell	Grande Bretagne	-	3
Meßbach	Allemagne	-	-
Pannecé	France	26	-
Montebras	France	-	1
Gavà	Espagne	27	1
Montcada	Espagne	15	-
Palazuelo	Espagne	81	-
El Bostal	Espagne	24	-
Punta Corveiro	Espagne	-	5
Encinasola	Espagne	77	-
Ervedosa	Portugal	5	8
Guadramil	Portugal	3	-
Deilão	Portugal	5	-
Sarrabus	Italie	11	-

Tabl. II : nombre d'analyses PIXE pour chacun des gisements européens de callaïs et types minéralogiques analysés. En grisé, les analyses prises en compte dans l'élaboration du modèle chimiométrique de provenance (235 analyses de variscite de référence).

Les compositions chimiques des variscites provenant des cinq gisements européens de variscites retenus pour pour les raisons précédemment exposés figurent dans le tableau III.

	Can Tintorer Gavà (n=27)					Encinasola (n=77)					El Bostal (n=24)					Palazuelo (n=81)					Pannecé (n=26)				
	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %
Na	315	12680	2835	2591	91	0	4302	867	783	90	0	2336	721	597	83	0	5285	1266	1072	85	65	9503	2771	2207	80
Mg	851	13434	4197	3156	75	0	1811	329	477	145	0	2020	880	597	68	0	2891	604	677	112	0	3485	826	899	109
Al	17713	207192	140062	41732	30	103031	221506	203260	17109	8	179919	215783	201001	7058	4	37377	217013	185243	43748	24	191379	218757	202580	7651	4
Si	14567	300262	112706	74521	66	0	37564	4900	7895	161	0	13361	5885	4421	75	0	211451	16348	37102	227	0	10728	2342	3297	141
P	29621	239250	157836	63047	40	206093	266367	245676	10696	4	242177	261510	254794	6055	2	138422	258780	237810	22335	9	245949	262549	257847	5090	2
K	167	7637	2980	2035	68	0	5388	671	842	125	78	1800	672	432	64	0	81919	1769	9052	512	69	2524	1170	689	59
Ca	4187	345476	61374	80461	131	0	3666	439	515	117	0	6872	641	1343	210	38	19787	846	2183	258	286	4756	1614	1149	71
Ti	0	15127	2699	3571	132	34	3000	573	600	105	0	812	191	175	91	159	2908	1211	628	52	30	334	134	74	55
V	1	888	365	243	67	581	5287	2507	921	37	1729	3594	2763	464	17	35	2773	1106	609	55	2594	4333	3249	565	17
Cr	1	720	443	189	43	125	3860	1691	894	53	550	1281	968	179	18	1207	8980	3734	1527	41	1163	1791	1449	188	13
Mn	0	184	35	49	142	0	44	6	8	132	0	114	16	24	154	0	174	20	26	129	0	19	6	6	100
Fe	7306	24426	13079	4600	35	2274	201149	21386	30558	143	3964	26082	8190	5074	62	1130	298779	35907	71654	200	1185	2090	1586	249	16
Co	0	81	26	22	84	0	55	9	12	130	0	80	23	18	82	0	227	19	41	208	0	18	7	5	78
Ni	0	586	71	122	172	0	189	11	32	279	0	14	4	4	99	0	70	4	9	220	0	11	3	3	92
Cu	11	393	98	108	110	0	3197	416	819	197	64	3510	560	1027	183	8	2768	427	871	204	2	112	27	25	92
Zn	11	163	45	43	96	1	98	21	23	111	217	593	399	88	22	1	138	26	27	107	8	117	22	23	106
Ga	12	259	45	62	138	0	362	71	79	111	9	73	30	20	65	4	420	137	91	66	92	223	163	23	14
As	127	432	302	90	30	45	4783	610	802	131	39	210	62	35	57	26	702	138	126	91	3	16	9	3	31
Rb	0	51	7	11	145	0	201	8	24	299	0	12	4	4	99	0	712	14	80	576	0	4	1	1	126
Sr	96	34525	4847	10011	207	0	322	20	49	245	0	21	4	6	145	0	2590	55	290	531	0	74	19	22	119
Y	0	151	19	35	179	0	128	13	25	200	6	55	23	10	43	0	133	7	18	270	0	7	1	2	256
Zr	0	127	36	26	73	0	256	50	52	104	0	16	6	4	78	0	240	48	46	95	0	10	1	2	235
Nb	0	42	5	9	201	0	14	2	3	179	0	24	3	6	179	0	35	2	6	252	0	6	1	2	174
U	0	205	35	53	153	0	152	17	33	193	37	1468	306	267	87	0	262	13	35	268	0	12	4	3	82
V*	0	7	3	2	70	1	41	18	11	62	8	37	26	8	31	0	21	8	6	75	44	55	52	3	5
Cr*	0	6	3	2	50	0	38	13	11	88	3	12	9	3	29	1	59	25	15	62	22	25	23	1	3
Fe*	88	100	93	4	4	31	98	70	20	29	51	89	65	10	16	31	99	66	20	30	22	31	25	2	10
Cr/V	0,01	126	6,49	24,48	377	0,06	1,77	0,74	0,41	55,37	0,23	0,41	0,35	0,04	11,52	0,94	56,29	5,08	6,48	127,37	0,4	0,57	0,45	0,04	8,66
Cr+V	67	1464	809	397	49	1293	9147	4198	1429	34	2315	4875	3731	618	17	1570	10366	4841	1732	36	3848	6116	4698	736	16

Tabl. III : Analyses élémentaires obtenues par PIXE pour chacun des gisements pris en compte dans l'élaboration du modèle chimiométrique. (minimum, maximum, moyenne, écart-type, variation relative). Concentrations exprimées en partie par million (ppm) et sous forme élémentaire. V*, Cr* et Fe* correspondent aux pourcentages relatifs des teneurs en vanadium, chrome et fer normalisés à la somme V+Cr+Fe. $X_{Cr/V}$ correspond à la moyenne plus ou moins l'écart-type du rapport Cr/V des variscites.

Le cas particulier de la turquoise

Dans la nature, la variscite est souvent associée à la turquoise, toutes deux étant des phosphates d'aluminium hydratés, le second contenant du cuivre contrairement au premier. Lors des analyses des échantillons en callaïs par PIXE, il arrive que la matière minérale brunisse sous l'impact des protons. Ce phénomène est quasi invisible pour la variscite, il induit parfois un très léger brunissement invisible à l'œil nu. En revanche, il est presque toujours marqué à très marqué pour la turquoise. Cet effet qui n'est pas constant suivant les turquoises et parfois réversible avec le temps. Il correspond probablement à une modification de la matière sans que l'on dispose actuellement d'une réelle explication (déshydratation partielle, présence de matière organique, changement de l'état d'oxydation d'un élément chromophore comme le fer, le chrome…). Ce changement de couleur de la turquoise, lorsqu'il est prononcé interdit toute analyse prolongée des perles et pendeloques archéologiques afin de ne pas risquer de nuire à leur esthétique. Kim et ses collaborateurs qui ont mené un programme d'analyses PIXE couplées à des analyses minéralogiques par diffraction des rayons X sur des échantillons géologiques et archéologiques de turquoises sud américaines (Kim *et al*., 2003) ne signalent pas ce phénomène.

Il existe de nombreuses recherches sur la provenance de la turquoise car elle a été utilisée par de nombreuses cultures des quatre continents : cultures mésoaméricaines et précolombiennes du sud-ouest de l'Amérique, Égypte pharaonique, Sarmates des steppes sibériennes ou encore cultures néolithiques d'Europe centrale (voir Kostov, ce volume) pour ne citer que quelques exemples. Certaines analyses sont basées sur les concentrations en éléments en traces. Ainsi, Kim et ses collaborateurs montrent que les analyses PIXE permettent surtout de distinguer les turquoises vraies des autres minéraux verts (malachite, azurite, chrysocole…) (Kim *et al*., 2003). Des analyses chimiques par ICP-MS sur des turquoises de Chine orientale ont été testées pour attribuer une provenance à des incrustations datant de l'âge du Bronze à partir des teneurs en éléments traces et plus particulièrement les Terres Rares (Qin *et al*., 2015). Toutefois, ces analyses nécessitent de sacrifier tout ou une partie des objets archéologiques ce qui est très rarement possible. Globalement, certains auteurs considèrent que ni les éléments en traces ni les Terres Rares ne permettent de discriminer les sources potentielles quelle que soit la technique

utilisée (Mathien, 2001). La difficulté réside dans les techniques mises en œuvre qui nécessitent des prélèvements conséquents, difficiles à appliquer à des objets rares et précieux. L'analyse des isotopes stables de l'hydrogène et de cuivre apparaît comme une méthode prometteuse pour reconstruire les réseaux d'échange de turquoise préhistorique dans le sud-ouest des États-Unis (Hull *et al.,* 2007 ; 2014).

4. Élaboration du modèle chimiométrique

Démarche méthodologique

Du point de vue méthodologique, c'est la modélisation chimiométrique qui a été choisie pour déterminer la provenance de la parure néolithique en variscite plutôt que les méthodes statistiques descriptives et multivariées. L'utilisation d'un modèle chimiométrique paraît nettement mieux adaptée à la problématique de provenance des objets archéologiques, en pierre tout au moins. Elle permet en effet par une double approche géologique et archéologique, de tenir compte de l'ensemble des paramètres décrivant à la fois les caractéristiques géochimiques intrinsèques d'un gisement et ceux liés aux contraintes historiques, à savoir le mode d'approvisionnement des hommes préhistoriques en matières premières. Cette double approche n'est pas toujours intégrée aux méthodes statistiques qui sont le plus souvent utilisées en archéométrie pour les questions de provenance de matières premières.
Du point de vue géologique, les caractéristiques géochimiques des sources géologiques potentielles sont dues aux processus pétrogénétiques qui ont prévalu à la formation des roches considérées, ici la variscite. Ces processus pétrogénétiques sont différents suivant le type de roches considéré et leur contexte géodynamique de formation. Les phénomènes de fusion partielle ou de cristallisation fractionnée d'un magma vont aboutir à des lignées de roches volcaniques ou plutoniques de compositions parfois très différentes, parfois non. Cette dispersion ou non de composition définit lorsqu'elle existe, une ou plusieurs lignées régies par des processus géochimiques qui ont été modélisés (Shaw, 1970). Les roches sédimentaires, qu'elles soient détritiques, d'origine physico-chimique ou biogènes, peuvent présenter ou non des gammes variées de compositions minéralogiques et chimiques, fonction de l'origine des composants de la roche et des processus diagénétiques. Les mêmes dispersions de composition ou au contraire la composition fixe d'un gisement suivant des lois régies par des processus naturels expliquent l'hétérogénéité ou l'homogénéité d'un ensemble de roches métamorphiques. Notons que ces processus peuvent générer de faibles variations sur les éléments chimiques majeurs mais beaucoup plus importantes sur les éléments en traces.

Pour l'approche historique, les Hommes se sont approvisionnés en matières premières à partir des gisements accessibles et connus pour la valeur esthétique de la *callaïs*. Statistiquement, les matières premières collectées par l'homme, variscite et/ou turquoise dans notre cas, auront le même degré de dispersion de composition des roches du gisement exploitées. Ceci est particulièrement vrai pour la callaïs pour laquelle c'est une donnée esthétique, la couleur verte, qui a été le critère principal dans le choix et la sélection de la matière première par les préhistoriques sans qu'ils se soucient de la composition chimique du matériau, encore moins des éléments en traces qui n'ont pas forcément de répercussion sur l'aspect de la roche. Dans le cas des perles et pendeloques découvertes dans le tumulus Saint Michel (Carnac, 56) et au Mane Lud (Locmariaquer, 56), les analyses montrent non seulement que ces objets en variscite correspondent à une gamme de compositions mais également, fait remarquable, des perles en turquoise se trouvent pour chacun de ces deux sites, mêlées aux perles en variscite (Querré *et al.*, ce volume). Bien que de la même famille, il s'agit d'un tout autre minéral de composition en éléments majeurs différentes mais dans nos deux cas, exactement dans la même gamme de couleur puisque, encore actuellement, il est très difficile de distinguer visuellement dans les deux ensembles de ces deux sites, les perles en turquoise de celles en variscite. Preuve que les néolithiques s'attachaient à l'aspect esthétique de la pierre et non à sa composition.

Ainsi, lorsque l'on compare deux sources géologiques de deux localités différentes dont une source très homogène et une autre source au contraire très hétérogène mais recouvrant parfaitement la première, les méthodes statistiques descriptives ne permettront pas de différencier les deux groupes au point de vue des compositions chimiques. Dans l'hypothèse où des artisans ont exploité les deux gisements au cours des temps préhistoriques, la variabilité des compositions sera probablement conservée dans la mesure où le nombre d'objets considérés est suffisamment grand. Ainsi, ce ne sont plus uniquement les concentrations absolues des éléments chimiques des matériaux archéologiques qui seront significatives quant à leur provenance mais également leur dispersion et leur répartition spécifique qui reflètent celles du gisement. La dispersion des compositions géochimiques considérées de prime abord comme une source d'incertitude, voire une barrière (Odriozola *et al.*, 2010) à la détermination de la provenance devient au contraire un précieux paramètre, améliorant de manière significative la discrimination des sources et donc de la provenance des objets archéologiques.

Discrimination des gisements de variscite

Les trois principaux éléments discriminant des 5 sources envisagées sont le fer, le chrome et le vanadium, distinction bien visible dans le diagramme ternaire Fe-Cr-V (fig. 3).

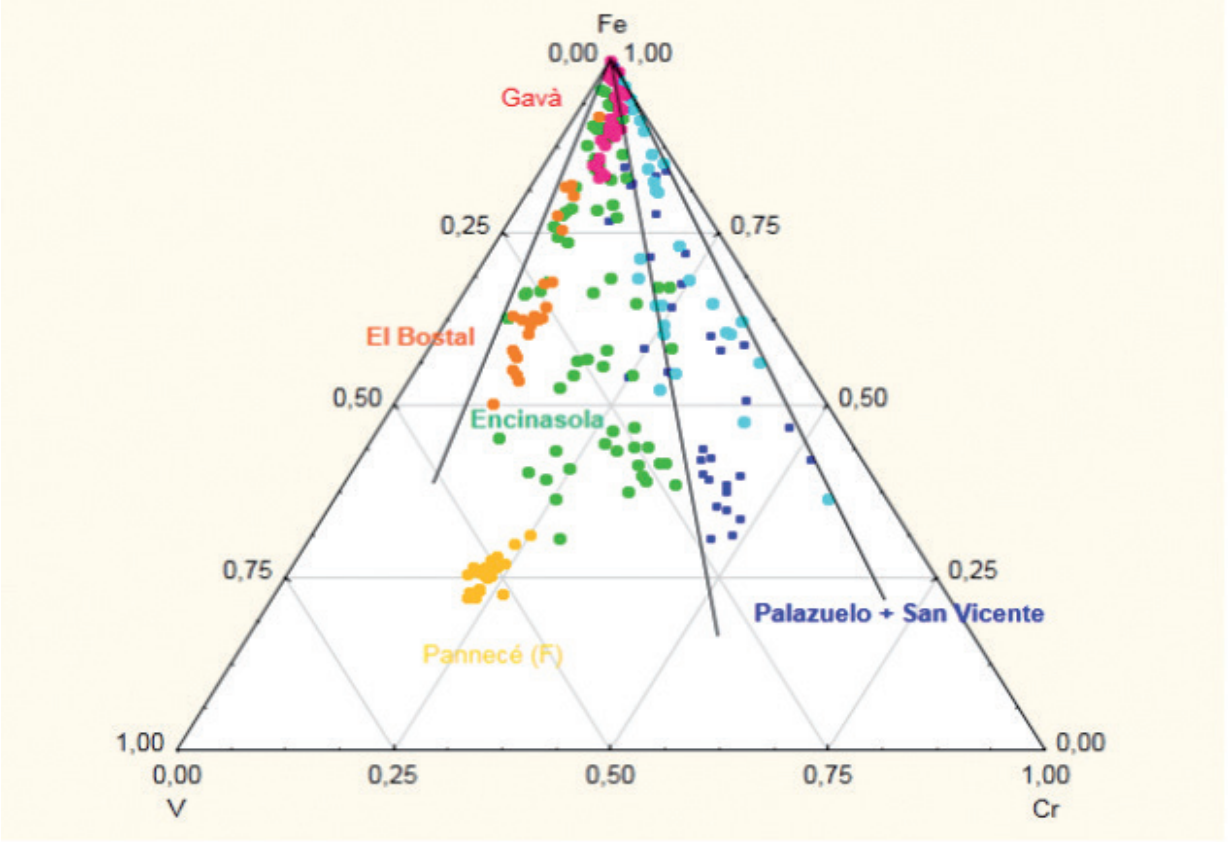


Fig. 3 : Composition de la variscite des 5 principaux gisements européens représentés dans le diagramme ternaire Fe-V-Cr.

La variscite du gisement de Pannecé s'individualise nettement de celle des autres gisements. Ce sont les échantillons les plus enrichis relativement en vanadium, 50 % par rapport au fer et au chrome représentant chacun 25 %. Les points sont très regroupés traduisant la très grande homogénéité du gisement.
Les échantillons du gisement de Palazuelo de las Cuevas sont extrêmement hétérogènes. Ils sont les moins

riches en vanadium. Le rapport Cr/V est élevé, compris entre 1 et 56 (Cr/V_{moyen} ~ 5). Les variations de concentrations relatives en fer sont extrêmement fortes puisqu'elles évoluent entre 30 % et 100 % relatifs. Les échantillons de variscite provenant de Gavà ont la caractéristique d'être tous et sans exception, très riches en fer (88 à 100% relatifs). Le rapport moyen des concentrations chrome sur vanadium (Cr/V_{moyen} ~6,5) est proche de la variscite du gisement précédent. Les points représentatifs de Gavà sont très regroupés dans le diagramme, traduisant une grande homogénéité de composition du gisement.
À Encinasola, les mines de Pico Centeno présentent au contraire une très large variété de composition. Les points représentatifs se répartissent entre deux droites de rapport Cr/V de 0,1 à 1,8 (Cr/V_{moyen} ~ 0,7). Le fer présente une très grande variation de concentrations, de 100 % à 30 % en proportion relative comme pour Palazuelo.
Le gisement d'El Bostal est caractérisé par les plus faibles concentrations en chrome et donc le rapport moyen Cr/V le plus faible des 5 gisements (Cr/V~0,34). Comme pour Palazuelo et Encinasola, la dispersion de composition du fer est très étendue, de 50 % à 92 % relatifs.
Si ce diagramme permet de bien différencier les sources à partir des échantillons ayant de faibles concentrations en fer, en dehors du gisement de Pannecé, il persiste un fort degré de recouvrement dans la partie haute du diagramme à proximité du pôle fer, ne permettant pas de discriminer les autres gisements en particulier ceux de Gavà, d'El Bostal et d'Encinasola.

Le diagramme binaire U en fonction Zr permet de bien individualiser le gisement d'El Bostal (fig. 4). La variscite de ce gisement peut être particulièrement enrichie en uranium, atteignant 0,15 % pour un échantillon et une teneur moyenne des échantillons de 300 ppm. Pour les autres sites, les teneurs en uranium sont de quelques ppm à dizaines de ppm et ne dépassent jamais 200 ppm, le maximum enregistré à Gavà. Ces fortes teneurs en uranium pour El Bostal sont liées à une quasi absence du zirconium, 5 ppm en moyenne (16 ppm maximum). Cette absence de zirconium est commune aux variscites de Pannecé dans lesquelles il n'existe quasiment ni uranium, ni zirconium (U < 12 ppm ; Zr < 10 ppm), les analyses étant toutes semblables. Les trois autres gisements sont tous très pauvres en uranium mais présentent des teneurs en Zr très étalées pour Encinasola (0 < Zr < 256 ppm) et Palazuelo (0 < Zr < 422 ppm), et étalées pour Gavà (0 < Zr < 127 ppm).

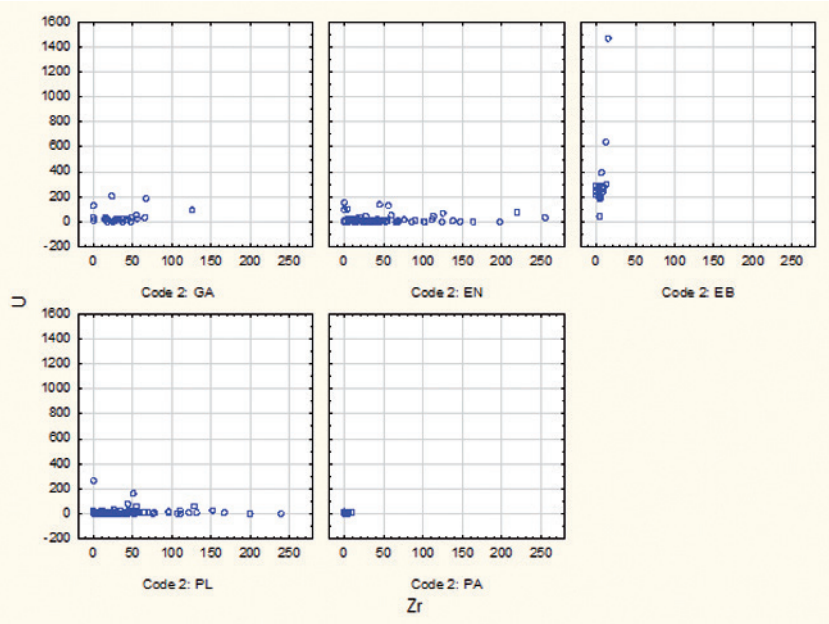


Fig. 4 : diagramme de composition U en fonction de Zr des cinq gisements ouest européens (GA : Gavá ; EN : Encinasola ; EB : El Bostal; PL : Palazuelo ; PA : Pannecé).

Le diagramme (Cr+V) en fonction de As est discriminant à plus d'un titre (fig. 5). Les teneurs en arsenic sont extrêmement variables suivant les gisements. Il n'existe pas d'arsenic dans les échantillons de Pannecé (3 à 8 ppm) alors qu'à Encinasola, les teneurs sont toujours élevées, pouvant atteindre 0,5 % d'As. En revanche, les deux sites présentent des teneurs cumulées Cr+V équivalentes. Les échantillons de Gavà sont les seuls à ne contenir ni arsenic, ni chrome, ni vanadium. Tous les points sont regroupés au niveau de l'origine du diagramme. Les gisements de Palazuelo de las Cuevas et El Bostal ont des teneurs en arsenic faibles, ne dépassant pas quelques centaines de ppm. La somme Cr+V est beaucoup plus étalée pour Palazuelo (de 0,2 % à plus de 1 %) que pour El Bostal dont les teneurs cumulées Cr+V sont comprises entre 0,2 % et 0,5 %.

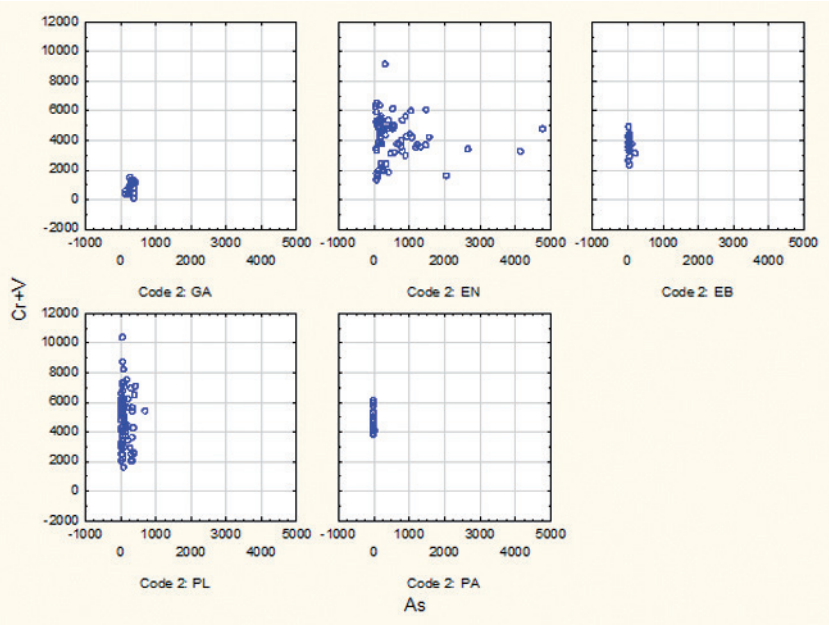


Fig. 5 : diagramme de composition As en fonction de Cr+V des cinq gisements ouest européen.

La représentation des analyses de variscite dans un diagramme binaire calcium – silicium permet de distinguer nettement le gisement de Gavà : c'est le seul présentant de fortes concentrations de ces deux éléments (fig. 6). Une fois encore, les échantillons de Pannecé montrent un très fort regroupement des analyses ne présentant ni calcium, ni silicium. C'est également le cas d'Encinasola dont les roches ne contiennent pas de calcium et très peu de silicium. Les échantillons de variscite des gisements de Palazuelo de las Cuevas et de El Bostal ne contiennent pas de calcium et une large gamme de silicium compris entre 0 et 21 % dans les deux cas.

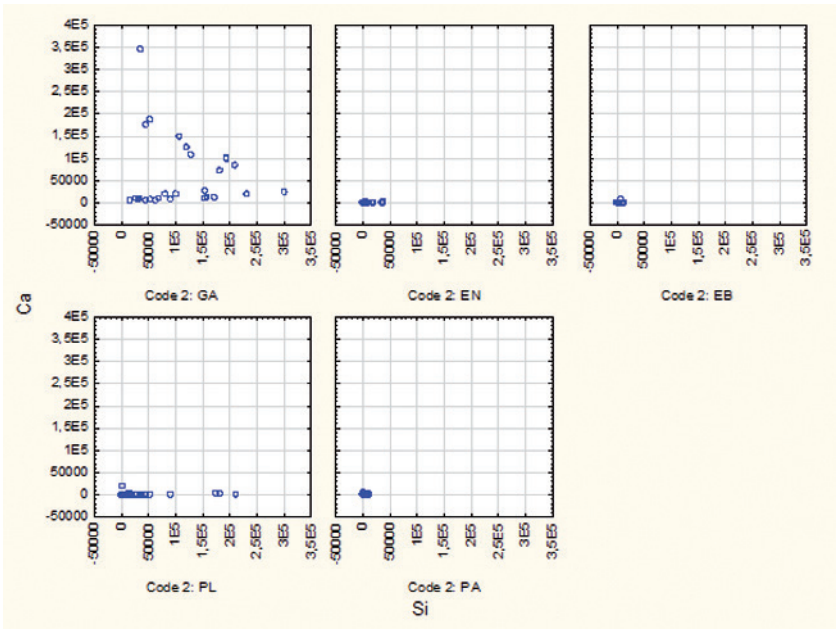


Fig. 6 : diagramme de composition Ca en fonction de Si des cinq gisements ouest européens.

Le modèle chimiométrique

L'intégration de tous les paramètres discriminants qui viennent d'être discutés permet d'établir un modèle chimiométrique dont l'utilisation aboutit (ou non) à déterminer la provenance d'un lot d'objets archéologiques en variscite.

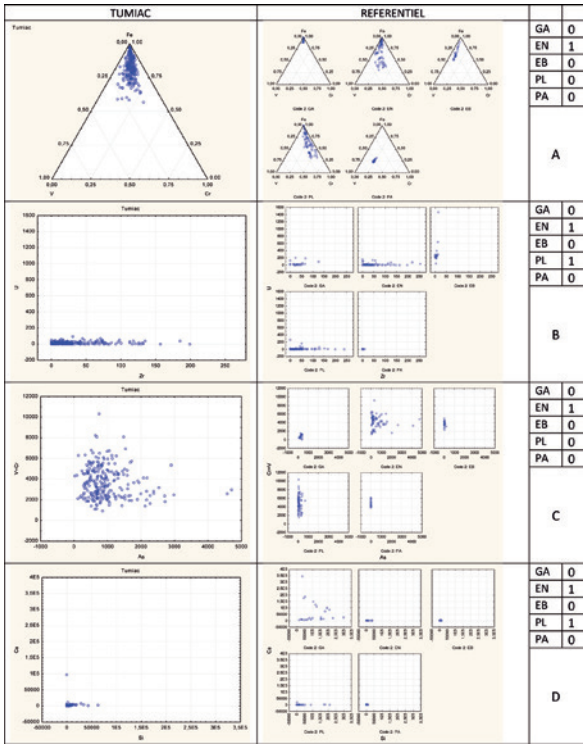


Fig. 7 : Fiche d'identité géochimique des perles et pendeloques en variscite du site de Tumiac (Arzon, Morbihan, France) et référentiel des 5 principaux gisements de variscite ouest européens.

Une fiche d'identité peut être établie à partir des analyses chimiques de chacun des groupes d'objets en variscite d'un site archéologique sur la base des quatre diagrammes notés A, B, C et D (exemple du site de Tumiac, Arzon, fig. 7). La comparaison des analyses avec celles du référentiel permet de valider (notation 1) ou non (notation 0) la cohérence avec l'un ou plusieurs des 5 sites de référence pour chaque type de diagramme, la réponse n'étant pas forcément univoque.
Les résultats sont reportés dans le tableau synthétique à deux entrées (exemple de Tumiac, Arzon, tab. 4) permettant d'en déduire ou non la provenance la plus probable. Chaque ligne correspond à un gisement. Si toutes les analyses des objets en variscite du site étudié sont identiques à celles du gisement de référence, toutes les colonnes seront notées 1. Lorsqu'une seule ligne apparaît avec un 1, c'est ce gisement qui correspond à la source la plus probable en terme d'analyse chimique. L'existence de deux lignes compatibles aboutit à une indétermination.

TUMIAC						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	0	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	0	0	

Tab. 4 : Tableau synthétique des affinités géochimiques d'un ensemble archéologique en variscite, site de Tumiac (Arzon, Morbihan, France) permettant de déterminer leur provenance.

Ce modèle peut être également décrit dans un schéma logique et itératif par comparaison des analyses géochimiques des objets avec les analyses obtenues sur les échantillons provenant des 5 gisements considérés (fig. 8).
Phase 1 - Dans le diagramme ternaire Fe-V-Cr, la variscite de Pannecé apparaît comme très bien définie en un groupe très homogène et parfaitement individualisé par rapport aux 4 autres gisements. Le vanadium est dominant (50%) par rapport au fer (25%) et au chrome (25%) pour la variscite de Pannecé. Cette provenance est celle proposée pour les ensembles archéologiques de bijoux en variscite ayant ses caractéristiques géochimiques.
Phase 2 – Dans la mesure où les caractéristiques géochimiques précédentes ne sont pas réalisées, c'est le rapport Cr/V qui permet d'individualiser les séries de variscite provenant de Palazuelo de las Cuevas. Pour les objets provenant de ce gisement, ce rapport est toujours très élevé et toujours supérieur à celui des 4 autres gisements ($1<Cr/V<56$ avec un rapport moyen Cr/V de 5). Ces valeurs élevées du rapport Cr/V sont concomitantes avec une très forte variation des teneurs relatives en fer, comprises entre 40 et 100 %.
Phase 3 – Si les objets présentent des rapports Cr/V faibles, ce sont les concentrations en uranium et zirconium qui permettent de déterminer leur lien avec le gisement d'El Bostal. Les teneurs en uranium sont alors toujours élevées de 40 à 1500ppm environ alors que le zirconium est toujours en très faibles concentrations, inférieures à 16ppm.
Phase 4 – Le comportement de 4 variables permet d'isoler les objets en variscite provenant de Gavà. Les teneurs en arsenic sont faibles, inférieures à 500ppm, ainsi que la somme des concentrations en chrome et vanadium, inférieure à 1500ppm, alors que les teneurs en silicium et en calcium sont particulièrement élevées : $1,5\%<Si<30$ % et $0,5\%<Ca<35$ %. Dans la mesure où ces conditions ne sont pas remplies, la phase suivante permet de vérifier la dernière source possible, Encinasola.
Phase 5 – Les perles et pendeloques venant d'Encinasola sont caractérisées par une teneur en arsenic particulièrement élevée de près de 50ppm à 0,5 % ainsi qu'en chrome et vanadium, la somme de ces deux éléments pouvant atteindre près de 1 %.

Phase 6 – Dans la mesure où ces conditions ne sont pas réalisées, il existe une indétermination quant à la provenance de l'ensemble archéologique étudié à moins que l'ensemble ne soit pas issu d'une seule et même origine. Il sera nécessaire dans ce cas, de différencier soit à partir des compositions géochimiques soit à partir de données archéologiques, les lots présentant des affinités puis de traiter chacun d'eux individuellement dans le modèle chimiométrique.

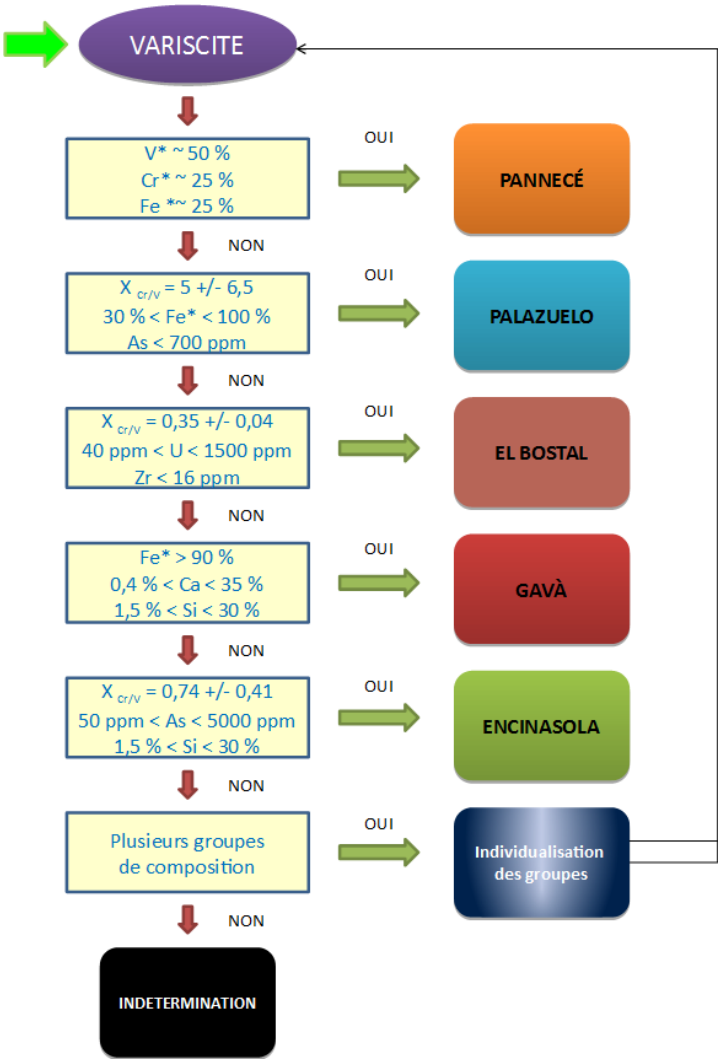


Fig. 8 : modèle chimiométrique de provenance de la variscite pour l'Europe occidentale. V*, Cr* et Fe* correspondent aux pourcentages relatifs des teneurs en vanadium, chrome et fer normalisés à la somme V+Cr+Fe. $X_{Cr/V}$ correspond à la moyenne plus ou moins l'écart-type du rapport Cr/V des variscites.

Si ce modèle permet de déterminer par élimination la provenance d'un ensemble en fonction de caractéristiques géochimiques précises, il s'avère nécessaire de vérifier la similarité de la composition pour l'ensemble des éléments étudiés.

Notons toutefois les limites de cette méthode. La première est l'hypothèse selon laquelle un ensemble d'objets découvert dans un site donné ne correspond qu'à une seule provenance. L'analyse fine des compositions chimiques d'un lot d'objets peut cependant permettre de détecter plusieurs lots pouvant correspondre à plusieurs origines. La seconde est la plus grande difficulté à déterminer une provenance lorsqu'on ne dispose que d'un petit nombre d'objets pour un site, voire un seul dans certain cas à moins qu'ils présentent des caractéristiques géochimiques les plus spécifiques d'un gisement.

Conclusion

La méthode d'analyse par PIXE à l'aide d'un faisceau extrait apparaît comme parfaitement adaptée à l'étude de la provenance des bijoux néolithiques en variscite de l'Europe. Les analyses sont totalement sans prélèvement et sans effet sur les objets archéologiques. Les analyses sont relativement rapides (2 à 4 minutes d'acquisition par objet ou échantillon). La méthode est adaptée à la fois aux objets et aux échantillons de référence. Elle ne nécessite pas de préparation particulière et permet de traiter un grand nombre d'échantillons. Elle est fiable sur le long terme dans la mesure où le passage d'étalons permet de contrôler la validité des résultats.
Concernant l'interprétation des analyses, la méthodologie adoptée prend en compte deux types de contraintes : des contraintes géochimiques liées aux conditions géodynamiques prévalant à la formation de la variscite d'une part ; des contraintes historiques, à savoir la représentativité de la collecte des roches par les préhistoriques par rapport à l'homogénéité ou l'hétérogénéité des gisements. Ce sont ces contraintes qui justifient l'élaboration d'un modèle chimiométrique consolidé permettant d'attribuer une provenance à un lot d'objets archéologiques en variscite, modèle pouvant s'appliquer à l'ensemble des objets archéologiques d'Europe occidentale.

Remerciements

Toutes les analyses PIXE ont été réalisées avec l'accélérateur AGLAE du C2RMF- Paris grâce aux membres de l'équipe AGLAE, tout particulièrement Joseph Salomon† qui nous a quittés trop tôt et à qui est dédié cet article, Jean-Claude Dran, Claire Pacheco, Brice Moignard, Laurent Pichon et Quentin Lemasson. Qu'ils soient tous remerciés chaleureusement. Nous sommes très reconnaissants à Josep Bosch du musée de Gavà (Espagne), Pierre Roland Giot† du laboratoire Archéosciences de Rennes (France), Pr Bernard Lasnier de l'université de Nantes (France), Pr Candelas Moro de l'université de Salamanque (Espagne) de nous avoir fourni des échantillons de variscite de référence pour analyse. La mission de terrain et d'échantillonnage des gisements de variscite et turquoise du nord-ouest de la péninsule Ibérique a bénéficié d'un financement partiel de la part de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes. La campagne d'analyse du projet CALLAÏS menée en novembre 2010 a été conduite avec le soutien financier du programme européen CHARISMA.

Bibliographie

Alonso M., Edo M., Gordo L., Millan M., Villalba M.-J. (1978) – Explotacion minera Neolitica en Can Tintorer (Gavà, Barcelona). Pyrenae, 13-14. Universidad de Barcelona, pp. 7-14.

Arribas Moreno, A., Galán Huertos, E., Martín Pozas, J.M., Nicolau, J. & Salvador, P., 1971. Estudio mineralógico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). Studia geologica salmanticensia, Vol. 2 : 115-132.

Arias Ferrero, F. & Jiménez Martínez, R. (2012) – La perla del Bierzo: variscitas del Parque Cultural de "Las Médulas". pp. 1-11. In: www.santoestevo.com/LA%20VARISCITA%20BERCIANA.pdf

Bezier T. (1912) – Observations à propos de la callaïs. Bulletin et mémoires de la société archéologique d'Ille-et-Vilaine. T. XVI, 2, pp. 97-106.

Binder D., Gratuze B., Vaquer J. (2012) La circulation de l'obsidienne dans le sud de la France au Néolithique. Rubricatum. Revista del Museu de Gavà, 5. pp. 189-199.

Blanco Majado J., Lopez Alonso M.A., Edo M., Fernandez Turiel J.L. (1996) – Estudio analitico de determinacion mineralogica y composicion quimica de las cuentas de collar de calaita y otras materias del yacimiento de las Penas (Quiruelas de Vidriales, Zamora). I Congres del Neolitic a la peninsula iberica. Gavà-Ballaterra, Rubricatum, n°1, pp. 227-237.

Bosch Argilagos J., Carrete Nadal J.M., Estrada Martin A., Verdaguer Sanchez T. (1993) – El Neolitic antic

evolucionat a les mines prehistoriques de Gavà : noves aportacions del projecte mines prehistoriques. Pyrenae, 24, pp. 57-77.

Calligaro T., Poirot J.-P., Querré G. (1999) - Trace element fingerprinting of jewellery rubies by external beam PIXE. Nuclear Instruments and methods in physics Research, B. 150 ; Elsevier Ed., pp. 628-634.

Canelhas C. (1973) – Estudo Radiografico de « Calaites » Portuguesas, Guimaraes, 83 (¼), pp. 125-145.

Chantret F., Guilaine J., Guillemaut A. (1970) – Analyses de quelques perles méridionales en « callais ». In : Bulletin de la Société préhistorique française. T. 67, 7, pp. 216-219.

Collet H., Van Neer W. (2002) - « Stratigraphie et faune d'un puits d'extraction néolithique à Petit-Spiennes ». *Anthropologica et Prehistorica* 113, pp. 73-104.

Damour M. (1865) – Sur la callaïs, nouveau phosphate d'aluminium hydraté recueilli dans un tombeau celtique du Morbihan. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris, vol. LIX, pp. 936-940.

Domínguez-Bella, S., Morata Céspedes, D. (1995) - Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la arqueometría. Estudio de materiales del Dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz), Zephyrus 48, pp. 129-142.

Domínguez-Bella, S., Morata Céspedes, D. (1996) - Caracterización mineralógica y petrológica de algunos objetos de ajuar y de los recubrimientos de las paredes y suelos de la cámara (materiales líticos y ocres), In: El Dolmen de Alberite (Villamartín). Aportaciones a las formas económicas y sociales de las comunidades Neolíticas en el Noroeste de Cádiz, (Ramos Muñoz, J. y Giles Pacheco, F. eds.), Universidad de Cádiz, Cádiz, pp. 187-206.

Domínguez-Bella S., Morata D., De La Rosa J., Ramos Muñoz J. (2002) - Neolithic trade routes in SW Iberian Península? Variscite greenbeads from some Neolithic sites in the Cádiz province (SW Spain): Raw materials and provenance areas. Proceedings of 32 International Symposium on Archaeometry, México D.F. 2000, Electronic Book, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Domínguez-Bella, (2004) – Variscite, a prestige mineral in the Neolithic-Aneolithic Europe. Raw material sources and possible distribution. Slovak Geological Magazine, 10, pp. 147-152.

Edo M., Villalba M.J., Blasco A. (1992) - Can Tintorer, origen y distribucion de minerales verdes en el noreste peninsular durante el Neolitico. Aragón, Litoral mediterráneo intercambios culturales durante la prehistoria. Zaragoza, pp. 361-373.

Edo M., Turiel J.L.F., Villalba M.J., Blasc A. (1997) – La calaila en el cuadrante NW de la Peninsula Ibérica. II congreso de Arqueologia peninsular, t. II, Neolitico, calcolitico, Bronce.

Fernandez Turiel J.L., Gemino D., Plana F., Blanco A., Edo M., Villalba Gordo J., (1990) – Estudio de las mineralizaciones fosfáticas del complejo minero neolítico de Can Tintorer (Gava, Barcelona) y comparación con las cuentas procedentes de ajuares arqueológicos. Bol de la Soc Esp. de Min., 13-1, pp. 86-87.

Forestier F. H., Lasnier B., L'Helgouac'h J. (1973 a) – A propos de la « callaïs », découverte d'un gisement de variscite à Pannecé (Loire-Atlantique). Analayse de quelques « perles vertes » néolithiques. BSPF. Tome 70, C.R.S.M. °6, pp. 173-180.

Forestier F. H., Lasnier B., L'Helgouac'h J. (1973 b) – Découverte de minyulite en échantillons spectaculaires, de wavellite et de variscite dans les phtanites siluriens près de Pannecé (Loire-Atlantique). Bulletin de la socité minéralogique et cristallographique, 96,p. 67-71.

Fouquet M. (1857) – Découverte d'une grotte sépulcrale dans la butte de Tumiac. Bulletin de la Société polymathique du Morbihan, 1. pp. 47-49.

Fouquet M. (1862) – Rapport sur la découverte d'une grotte sépulcrale dans la butte de Tumiac, le 21 juillet 1853. Bulletin de la Société polymathique du Morbihan, 6. pp. 1-7.

Gesquière E., Marcigny C., Giazzon D., Tsobgou Ahoupe R., Charraud F., Juhel L., Giazzon S. (2012) - La minière néolithique de Ri « le Fresne » (Orne). In : Marchand G. et Querré G. (Eds.), "Roches et sociétés de la Préhistoire. Entre massifs cristallins et bassins sédimentaires", Presses Universitaires de Rennes, Rennes. p. 453-464.

Gimeno D., Marini D., Sistu G. (1989) – Le mineralizzazioni a variscite del Sarrabus (Sardegna SE). Boll. Soc. Geol. II., 108, 357-367.

Gimeno D., Marini C. y Sistu G. (1990) - Mineralizociones fosfatico - banticas(+sulfuros)en litofacies carbonaticas condensadas devoni cas del Sarrabus (SE de isla de Cerdena, Italia). Boletín de la Sociedad Españo a de Mineralogia. 13, 223-237.

Herbault F., Querré G. (2004) - La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. Bulletin de la Société préhistorique française. V. 101, N. 3. pp. 497-520.

Houssemaine C. (1939) - Turquoises et callaïs, Bulletin de la Société Polymathique du Morbihan, t. 78, p.1-28.

Hull S., Fayek M., Mathien F.J., Roberts H. (2014) - Turquoise trade of the Ancestral Puebloan: Chaco and beyond. Journal of Archaeological Science, 45, pp. 187-195.

Hull S., Fayek M., Mathien F.J., Shelley Ph., Durand K.R. (2007) – A new approach to determining the geological provenance of turquoise artifacts using hydrogen and copper stable isotopes. Journal of Archaeological Science, 35, 5, pp. 1355-1369.

Kim J., Simon A.W., Ripoche V., Mayer J.W., Wilkens B. (2003) – Proton-induced x-ray emission analysis of turquoise artefacts from Salado Platform Mound sites in the Tonoto Basin of central Arizona. Meas. Sci. Technol., 14, pp. 1579-1589.

Lacroix A. (1896) - Minéralogie de la France, Edition 1962. Paris.

Lacroix A. (1893-1910, réed. 1963) – Minéralogie de la France. Librairie scientifique et technique, A. Blanchard, Paris.

L'Helgouac'h, (1972) - A propos de la callaïs. Bulletin de la Société Préhistorique Française, t. 69, p. 98-99.

Marsille L. (1924) - Sous-sol et préhistoire. Nos monuments et leur mobilier. Bulletin de la Société polymathique du Morbihan, 63,p. 3-29.

Massé R. (1971)- Découverte de Minyulite, wavellite et variscite dans les phtanites de Pannecé. Bulletin Société Sciences Naturelles Ouest de la France, t. LXIX, pp. 12-15.

Mathien, F. J. (2001) – The organization of turquoise consumption and production by the préhistoric Chacoans. American Antiquity, 66, pp.103-118.

Moro M.C., Gil M., Cembranos M.L., Pérez del Villar L., Fernández-Fernández A. (1995a) – Estudio mineralógico de las variscitas y turquesas silúricas de Punta Corveiro (Pontevedra, España). Geogaceta, 18, pp. 176-179.

Moro M.C., Gil M., Cembranos M.L., Pérez del Villar L., Fernández A. (1995b) – Las mineralizaciones estratiformes de variscita (aluminofosfatitas) silúricas de los sinformes de Alcañices (Zamora) y Terena (Huelva) (España). Boletín Geológico y Minero, 106-3, p. 233-249.

Moro, M. C., Gil, M., Montero, J. M., Cembranos, M. L., Pérez del Villar, L., Fernández, A., Hernández, E. (1992) - Características de las mineralizaciones de variscita asociadas a los materiales silúricos del Sinforme de Terena, Encinasola (Provincia de Huelva). Comparación con las de la provincia de Zamora. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, 15. pp.79-89.

Munoz Amilibia A.M. (1965) – La cultura neolitica catalana de los sepulcros de fosa, IAPUB, Barcelona.

Nocete F., Linares J.A. (1999) – Las primeras sociedades mineras en Huelva. Historia de le provincia de Huelva, Alosno, pp. 49-64.

Odriozola C. P., Linares-Catela J. A., Hurtado-Pérez V. M. (2010) - Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). Journal of Archaeological Science. 37-12. pp. 3146-3157.

Odriozola C. P. (2015) - A new approach to determine the geological provenance of variscite artifacts using the P/Al atomic ratios. Archaeological and Anthropological Sciences. Springer ed.. V. 7-3, pp 329–350.

Patureau J. (2013) - Les mines de la coupole granitique de Montebras, Creuse : étain, lithium et produits céramiques. Sa minéralogie. : Éd. de l'Esperluette, Treignac, 121 p.

Qin Y., Xu Y.Y., Li H.M., Li S.X., Xi, Q.F. (2015) – Turquoise mine and artefact correlation for some Bronze age archaeological sites in Hubei province, China. Archaeometry, 57, 5, pp.788-802.

Querré G., Domínguez-Bella S., Cassen S. (2012) - La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique - In : Marchand G., Querré G. (Eds.), Roches et sociétés de la Préhistoire. Entre massifs cristallins et bassins sédimentaires, Rennes, pp. 307-315.

Querré G., Calligaro T., Domínguez-Bella S., Cassen S. (2014), PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th–3th millennium BC), Nucl. Instr. Meth. B, 318, pp. 149–156. http://dx.doi.org/10.1016/j.nimb.2013.07.033

Rey B. C. (1995) - Sobre la presencia de aluminofosfatos y otros minerales en la provincia de Pontevedra. Actas del XXII Congreso Nacional de Arqueologia. pp. 63-68.

Rocian S., Claustre F., Dietrich J. E. (1992) - Les parures du Midi Méditerranéen du Néolithique ancien à l'Âge du Bronze : origine et circulation des matières premières. Gallia Préhistoire, 34, p. 209-257.

Rojo M.A., Delibes de Castro G., Edo M., Fernández Turiel J. L. (1995) - Adornos de calaíta en los ajuares dolménicos de la provincia de Burgos : apuntes sobre su composición y procedencia. Rubricatum, 1, 239-250.

Salvado Canélhas M. G. (1973) - Estudo radiográfico de "calaítes" portuguesas. Rev. Guimaraes LXXXIII, 125-144.

Shaw D.M. (1970) – Trace element fractionation during anatexis. Geochim. Cosmoch. Acta, 34. pp. 237-243.

Torrente D., Gimeno D. (1986) - Phosphate ores (apatite variscite) of Sedex-type in Paleozoic siliciclastic shelfs. An exemple from Sarrabus Region (SE Sardinia Italy). International Conference on Iberian Terrains and Regional Correlation, IGCP, Oviedo, 233, p. 95.

Villaba M. J., Bañolas L., Arenas J. et Alonso M., 1986, *Les Mines neolítiques de Can Tintorer. Gavà. Excavacions 1978-1980*, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Barcelona.

Villalba M. J. (2002) - Le gîte de variscite de Can Tintorer: production, transformation et circulation du minéral vert. In J. Guilaine (dir.). Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'Âge du Bronze. Séminaire du Collège de France, Editions Errance. pp.115-127.

Origine des bijoux néolithiques en *callaïs* de l'ouest de la France

Guirec Querré, Thomas Calligaro, Serge Cassen

Résumé. 747 perles et pendeloques en *callaïs* sur les 841 connues actuellement provenant de 27 occupations néolithiques de la moitié nord de la France ont été analysées par PIXE, afin de déterminer leur nature minéralogique et leur provenance. La grande majorité de ces éléments de parure est concentrée autour du golfe du Morbihan, dans la région de Carnac (56). Les concentrations en aluminium et phosphore constituant les deux éléments majeurs de la variscite ont été détectés dans la très grande majorité des cas. Seules cinq perles, notamment deux du Tumulus Saint-Michel et une du Mané Lud présentent également des teneurs élevées en cuivre, typiques de la turquoise. L'utilisation du modèle chimiométrique élaboré sur la base des analyses PIXE des principaux gisements ouest-européens selon un ensemble de critères géochimiques discriminants permet, pour 22 sites, de déterminer la provenance des ensembles de parure en variscite. Les résultats confirment qu'aucun objet ne provient de Pannecé, l'unique gisement français, ni des mines néolithiques de Can Tintorer dans la région de Barcelone. La totalité des perles et pendeloques provient uniquement des deux gisements ibériques orientés vers la façade atlantique : Encinasola (Huelva) au sud-ouest et Palazuelo (Zamora) au nord-ouest. L'étude de la chronologie des approvisionnements montre que les plus anciennes perles et pendeloques proviennent d'Encinasola et qu'à partir de 4000-4300 ans avant notre ère s'effectue un basculement et que les éléments de parure en variscite proviennent de Palazuelo.
Durant le Néolithique, des transferts sur de longues distances, pouvant atteindre près de 2000 kilomètres, se sont produits sur la façade atlantique, réseaux de transfert qui ont évolué au cours des trois millénaires concernés par ce type de mobilier.
Mots clés : variscite, turquoise, Néolithique, gisements, Europe, PIXE, provenance.

Abstract. 747 beads and pendants in *callaïs* of the 841 currently known from 27 Neolithic occupations in the northern half of France were analyzed by PIXE to determine their mineralogical nature and provenance. The great majority of these ornaments are concentrated around the Gulf of Morbihan, in the region of Carnac (56). The concentrations of aluminum and phosphorus constituting the two major elements of variscite were detected in the most of the cases. Only five beads, notably two from the tumulus Saint Michel and one from the Mané Lud also have high contents of copper, which correspond to turquoise. The use of the chemometric model developed on the basis of PIXE analyses of the main Western European deposits, according to a set of discriminating geochemical criteria, makes it possible, in 22 cases, to determine the origin of the variscite finery sets. The results confirm that no objects come from Pannecé, the only French deposit, nor from the Neolithic Can Tintorer mines in the region of Barcelona. All the beads and pendants only come from the two Iberian deposits facing the Atlantic coast: Encinasola (Huelva) in the Southwest and Palazuelo (Zamora) in the Northwest. The study of the chronology of supplies shows that the oldest beads and pendants come from Encinasola and that from 4000-4300 years BC shows an about face and that the elements of variscite ornament come from Palazuelo.
During the Neolithic era, transfers over long distances, reaching nearly 2000 kilometers, occurred on the Atlantic coast, and the transfer networks that evolved along the 3 millennia concerned by this type of furniture.
Keywords: variscite, turquoise, Neolithic, deposits, Europe, PIXE, origin.

Introduction

En Préhistoire, l'étude de la circulation des matériaux lithiques est une approche riche en informations relatives aux mouvements de groupes humains, à leurs périmètres d'action ou leurs zones de circulation,

sur les relations qu'ils ont pu entretenir entre eux et leur évolution au cours du temps. Dans le monde des matériaux lithiques, lorsque l'on aborde plus précisément l'étude des pierres précieuses ou considérées comme telles par les groupes préhistoriques, elle revêt un intérêt particulier car elle permet de mettre en évidence des échanges de longue à très longue distance. Ainsi, l'étude de la parure utilisée par les occupants de l'Europe occidentale durant le Néolithique informe non seulement sur la nature de ces objets d'apparat, au rôle symbolique et parfois signe de richesse et/ou de puissance, mais elle est également une clé d'entrée pour la mise en évidence d'un ou plusieurs réseaux de transfert à l'échelle du sous-continent. Dans le cadre du programme *Callaïs*, nous nous sommes focalisés sur la parure en *callaïs*, variscite et turquoise, perles et pendeloques, de l'ouest de la France. C'est en effet dans cette région et plus particulièrement dans le sud du Morbihan que se trouve la plus grande concentration en Europe d'éléments de parures de cette nature connue à ce jour. Ils ont été mis au jour à la fin du XIXe siècle et au début du XXe, lors des premières fouilles des grands tumulus dans la région de Carnac (Fouquet 1862 ; Lefèbvre, Galles 1863).

1. Méthodologie

1.1 Modèle chimiométrique

Le programme variscite est basé sur deux approches complémentaires : l'une axée sur l'étude des sources de variscite, l'autre sur l'étude des bijoux néolithiques en *callaïs*.
La première, consacrée aux sources de matières premières de l'Europe occidentale, est élaborée à partir de leur inventaire, de leur échantillonnage exhaustif, de l'analyse par PIXE des échantillons de références et enfin de la synthèse des données. C'est à partir des critères archéologiques, géographiques, géologiques et géochimiques de chacun des gisements ouest-européens de *callaïs*, variscite et/ou turquoise, qu'un modèle chimiométrique a été établi (Querré *et al.*, ce volume).
Sans détailler l'ensemble de la démarche ayant abouti à l'élaboration de ce modèle, présentée dans l'article précité, les principaux éléments sont les suivants. Quatorze gisements ou bassins gîtologiques sont actuellement inventoriés en Europe occidentale. Parmi eux et bien que des échantillons de références de la plupart d'entre eux aient été analysés, certains ont été écartés pour différentes raisons. Pour certains, ceux de Sardaigne (Italie) et d'Allemagne en particulier, jamais aucun objet en *callaïs* n'a été découvert dans les nombreuses occupations néolithiques proches ou éloignées lors des fouilles anciennes et récentes. Pour d'autres gisements, dont celui de Saint Austell en Cornouaille anglaise ou celui de Montebras dans la Creuse (France), il s'agit de gîtes de turquoise exclusivement, sans qu'aucune trace significative de variscite susceptible de fournir de la matière première pour les tailleurs de cette pierre n'ait été décelée. Enfin, d'autres gisements cités dans la littérature, dont celui d'Incantada en Andalousie, s'avèrent n'avoir tout simplement jamais existé, aucune trace de phosphates n'ayant été réellement observée sur le terrain.
Restent cinq gisements européens compatibles avec les précédents critères et susceptibles d'avoir été exploités au Néolithique, quatre ibériques et un armoricain. Pour les gisements ibériques, trois d'entre eux sont ceux qui présentent des traces d'exploitations anciennes : Gavà, dans le sud de Barcelone, où se trouvent les mines néolithiques de Can Tintorer ; Palazuelo de las Cueva, dans la région de Zamora, au nord-ouest de l'Espagne ; Encinasola, dans la région de Huelva, au sud-ouest de l'Espagne, où se trouve la mine de Pico Centeno. Le gisement de El Bostal se trouve dans la région de Zamora. Aucune trace d'exploitation n'y a été décelée. C'est également le cas du gisement armoricain de Pannecé en Loire-Atlantique. Il a été conservé du fait de sa localisation au sein des occupations néolithiques de l'ouest de la France, en particulier celles de la région de Carnac-Locmariaquer. Ce sont les échantillons de références de ces cinq gisements pour lesquels les analyses ont été les plus nombreuses, afin de tenir compte non seulement de la composition moyenne de la variscite, mais également de la gamme de composition des pierres vertes au sein même de ces gisements [tabl. I]. Le modèle chimiométrique qui a été établi est basé

pour sa version analogique sur les concentrations en huit éléments chimiques : fer (Fe), vanadium (V), chrome, arsenic (As), calcium (Ca), silicium (Si), zirconium (Zr) et uranium (U). Ce sont non seulement les concentrations absolues et relatives qui sont prises en compte, mais également le degré d'homogénéité des gisements ou, au contraire, leur hétérogénéité. Il faut remarquer que ce sont précisément ces éléments chimiques qui entrent dans la composition des différents minéraux de la famille de la variscite et se substituent soit au phosphore, soit à l'aluminium de la variscite de composition « idéale ».

Ainsi, les principaux critères géochimiques permettant d'attribuer une origine géographique à un objet archéologique sont décrits sous la forme d'un modèle itératif quantitatif (fig. 1).
Ce modèle peut être également traduit sous forme graphique à l'aide de quatre diagrammes discriminants (fig. 2) reprenant les critères similaires au modèle quantitatif.
Le premier est le diagramme ternaire V-Cr-Fe qui permet d'individualiser la variscite de Pannecé (F), très caractéristique et très homogène, ainsi que les échantillons provenant de Palazuelo, très spécifiques tant en composition qu'en terme d'étalement de composition. Les différences entre les rapports Cr/V des séries sont également très bien mises en évidence dans ce diagramme ainsi que les variations relatives en fer.
Le diagramme binaire U *versus* Zr individualise le gisement d'El Bostal, enrichi en uranium mais sans zirconium, ainsi que le gisement de Pannecé, qui ne contient aucun de ces deux éléments.
Le diagramme binaire Cr+V *versus* As isole les échantillons de variscite provenant d'Encinasola, avec leurs teneurs en As très étalées, pouvant atteindre de très fortes concentrations en cet élément.
Le diagramme binaire Si *versus* Ca met en exergue les points représentatifs des variscites de Gavà, qui s'individualisent nettement avec des teneurs très variables et parfois élevées pour ces deux éléments chimiques contrairement à la variscite des autres gisements.
L'ensemble des différences entre les cinq gisements de variscite est également mis en évidence lorsque l'on compare les moyennes, les écart-types [tabl. I] et également l'ensemble des variables décrites précédemment à savoir : V*, Cr*, Fe* (valeurs normalisées à 100% par rapport à V+Cr+Fe), le rapport Cr/V, les concentrations en U, Zr, (Cr+V), As, Ca et Si (fig. 3).
L'attribution univoque à une source d'un groupe d'analyses correspondant à un lot d'éléments de parure nécessite de remplir la totalité des critères géochimiques représentés dans chacun des quatre diagrammes géochimiques, et uniquement eux.
Dans certains cas, le modèle peut échouer dans la détemination de la provenance des objets étudiés. C'est notamment le cas lorsque le nombre d'objets en variscite pour un site est faible et/ou lorsque la composition chimique des objets est ubiquiste dans un ou plusieurs diagrammes. Des cas de ce type seront décrits lors de l'étude des lots par site.

1.2 Analyse PIXE des objets archéologiques

Le modèle chimiométrique ayant pour objectif de déterminer l'origine des objets en variscite est basé sur l'analyse chimique par PIXE des références géologiques de ce minéral (Querré *et al*., ce volume). Par souci de cohérence, c'est le même protocole analytique qui a été utilisé pour caractériser les éléments archéologiques eux-mêmes. Ce sont également des conditions d'analyse comparables qui ont été employées, en compensant leur évolution au cours du programme pour garantir la quantification des éléments discriminants utilisés dans le modèle (Querré *et al*., 2015, ce volume). Ce sont les mêmes éléments chimiques qui sont dosés (Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Ni, Mo et U). Les concentrations des éléments majeurs de la variscite, Al et P, ne sont pas apparus significatifs pour la détermination de la provenance des éléments de parure en variscite comme proposé par Odriozola (Odriozola, 2015; Odriozola *et al*., 2010, 2013). Par contre, ce sont huit éléments mineurs et en éléments traces (Fe, V, Cr, As, Ca, Si, Zr et U) qui permettent de discriminer les cinq principales sources de variscite de l'Europe occidentale.

	Can Tintorer Gavà (n=27)					Encinasola (n=77)					El Bostal (n=24)				
	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %
Na	315	12680	2835	2591	91	0	4302	867	783	90	0	2336	721	597	83
Mg	851	13434	4197	3156	75	0	1811	329	477	145	0	2020	880	597	68
Al	17713	207192	140062	41732	30	103031	221506	203260	17109	8	179919	215783	201001	7058	4
Si	14567	300262	112706	74521	66	0	37564	4900	7895	161	0	13361	5885	4421	75
P	29621	239250	157836	63047	40	206093	266367	245676	10696	4	242177	261510	254794	6055	2
K	167	7637	2980	2035	68	0	5388	671	842	125	78	1800	672	432	64
Ca	4187	345476	61374	80461	131	0	3666	439	515	117	0	6872	641	1343	210
Ti	0	15127	2699	3571	132	34	3000	573	600	105	0	812	191	175	91
V	1	888	365	243	67	581	5287	2507	921	37	1729	3594	2763	464	17
Cr	1	720	443	189	43	125	3860	1691	894	53	550	1281	968	179	18
Mn	0	184	35	49	142	0	44	6	8	132	0	114	16	24	154
Fe	7306	24426	13079	4600	35	2274	201149	21386	30558	143	3964	26082	8190	5074	62
Co	0	81	26	22	84	0	55	9	12	130	0	80	23	18	82
Ni	0	586	71	122	172	0	189	11	32	279	0	14	4	4	99
Cu	11	393	98	108	110	0	3197	416	819	197	64	3510	560	1027	183
Zn	11	163	45	43	96	1	98	21	23	111	217	593	399	88	22
Ga	12	259	45	62	138	0	362	71	79	111	9	73	30	20	65
As	127	432	302	90	30	45	4783	610	802	131	39	210	62	35	57
Rb	0	51	7	11	145	0	201	8	24	299	0	12	4	4	99
Sr	96	34525	4847	10011	207	0	322	20	49	245	0	21	4	6	145
Y	0	151	19	35	179	0	128	13	25	200	6	55	23	10	43
Zr	0	127	36	26	73	0	256	50	52	104	0	16	6	4	78
Nb	0	42	5	9	201	0	14	2	3	179	0	24	3	6	179
U	0	205	35	53	153	0	152	17	33	193	37	1468	306	267	87
V*	0	7	3	2	70	1	41	18	11	62	8	37	26	8	31
Cr*	0	6	3	2	50	0	38	13	11	88	3	12	9	3	29
Fe*	88	100	93	4	4	31	98	70	20	29	51	89	65	10	16
Cr/V	0,01	126	6,49	24,48	377	0,06	1,77	0,74	0,41	55,37	0,23	0,41	0,35	0,04	11,52
Cr+V	67	1464	809	397	49	1293	9147	4198	1429	34	2315	4875	3731	618	17

	Palazuelo (n=81)					Pannecé (n=26)				
	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %	Min	Max	Moyenne	Ecart-Type	δ %
Na	0	5285	1266	1072	85	65	9503	2771	2207	80
Mg	0	2891	604	677	112	0	3485	826	899	109
Al	37377	217013	185243	43748	24	191379	218757	202580	7651	4
Si	0	211451	16348	37102	227	0	10728	2342	3297	141
P	138422	258780	237810	22335	9	245949	262549	257847	5090	2
K	0	81919	1769	9052	512	69	2524	1170	689	59
Ca	38	19787	846	2183	258	286	4756	1614	1149	71
Ti	159	2908	1211	628	52	30	334	134	74	55
V	35	2773	1106	609	55	2594	4333	3249	565	17
Cr	1207	8980	3734	1527	41	1163	1791	1449	188	13
Mn	0	174	20	26	129	0	19	6	6	100
Fe	1130	298779	35907	71654	200	1185	2090	1586	249	16
Co	0	227	19	41	208	0	18	7	5	78
Ni	0	70	4	9	220	0	11	3	3	92
Cu	8	2768	427	871	204	2	112	27	25	92
Zn	1	138	26	27	107	8	117	22	23	106
Ga	4	420	137	91	66	92	223	163	23	14
As	26	702	138	126	91	3	16	9	3	31
Rb	0	712	14	80	576	0	4	1	1	126
Sr	0	2590	55	290	531	0	74	19	22	119
Y	0	133	7	18	270	0	7	1	2	256
Zr	0	240	48	46	95	0	10	1	2	235
Nb	0	35	2	6	252	0	6	1	2	174
U	0	262	13	35	268	0	12	4	3	82
V*	0	21	8	6	75	44	55	52	3	5
Cr*	1	59	25	15	62	22	25	23	1	3
Fe*	31	99	66	20	30	22	31	25	2	10
Cr/V	0,94	56,29	5,08	6,48	127,37	0,4	0,57	0,45	0,04	8,66
Cr+V	1570	10366	4841	1732	36	3848	6116	4698	736	16

Tabl. I : Composition chimique des 5 grands gisements européens de variscite d'Europe occidentale. «n» correspond au nombre d'analyses par site. Min, Max les valeurs maximum et minimum de la variable considérée, δ% correspond au pourcentage de l'étalement [(écart-type/moyenne)*100], V*, Cr*, Fe* sont les valeurs normalisées à 100% par rapport à la somme (V+Cr+Fe). Toutes les concentrations élémentaires sont exprimées en partie par million (ppm).

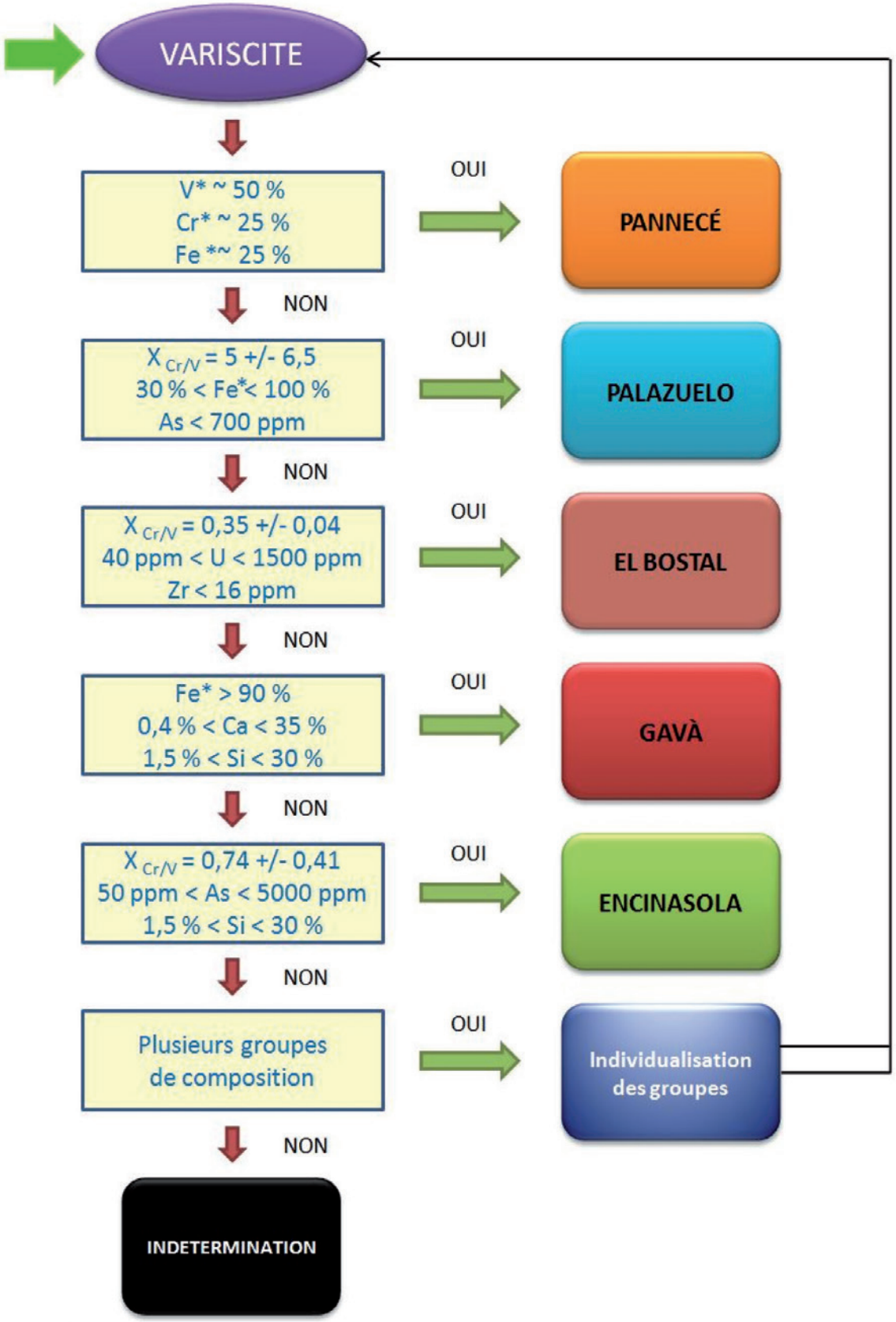


Fig. 1 : modèle chimiométrique sous sa forme itérative.

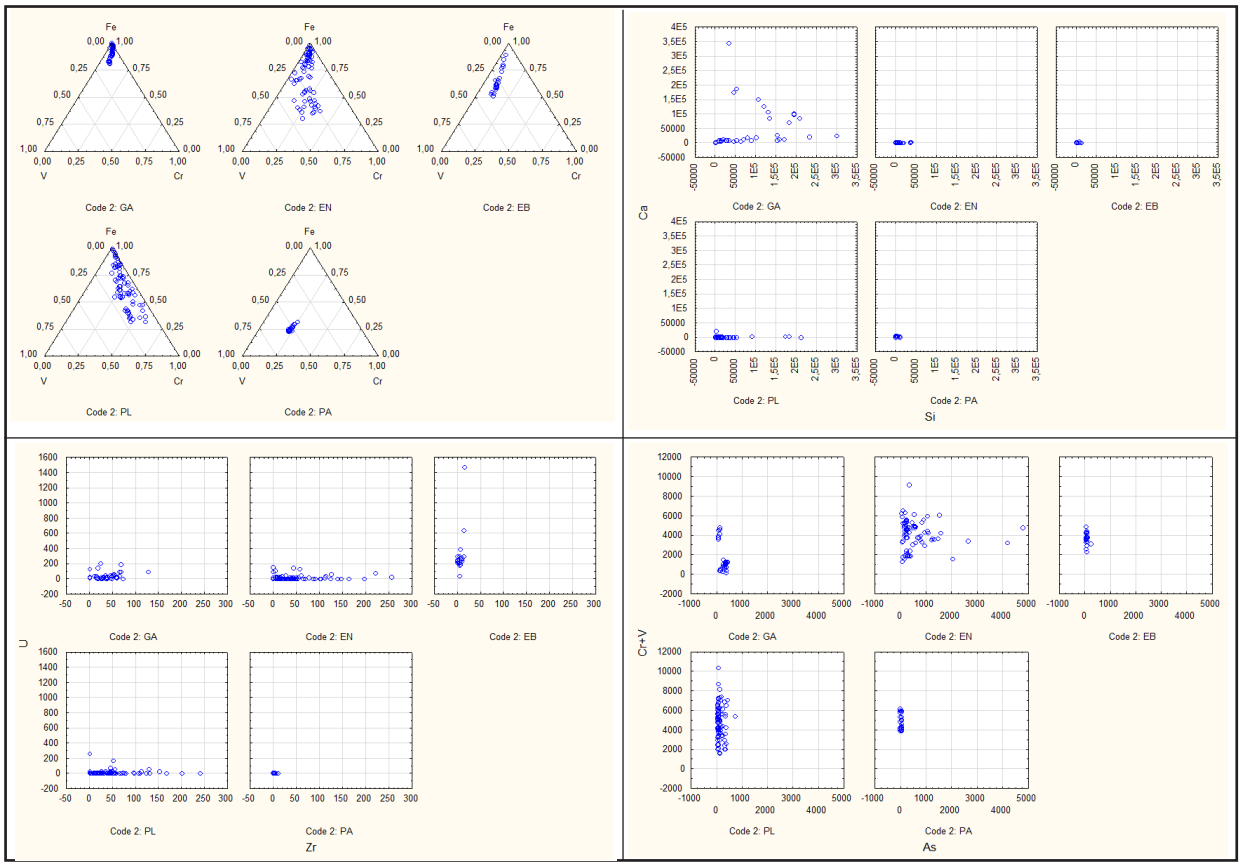


Fig. 2 : Modèle chimiométrique sous sa forme graphique.

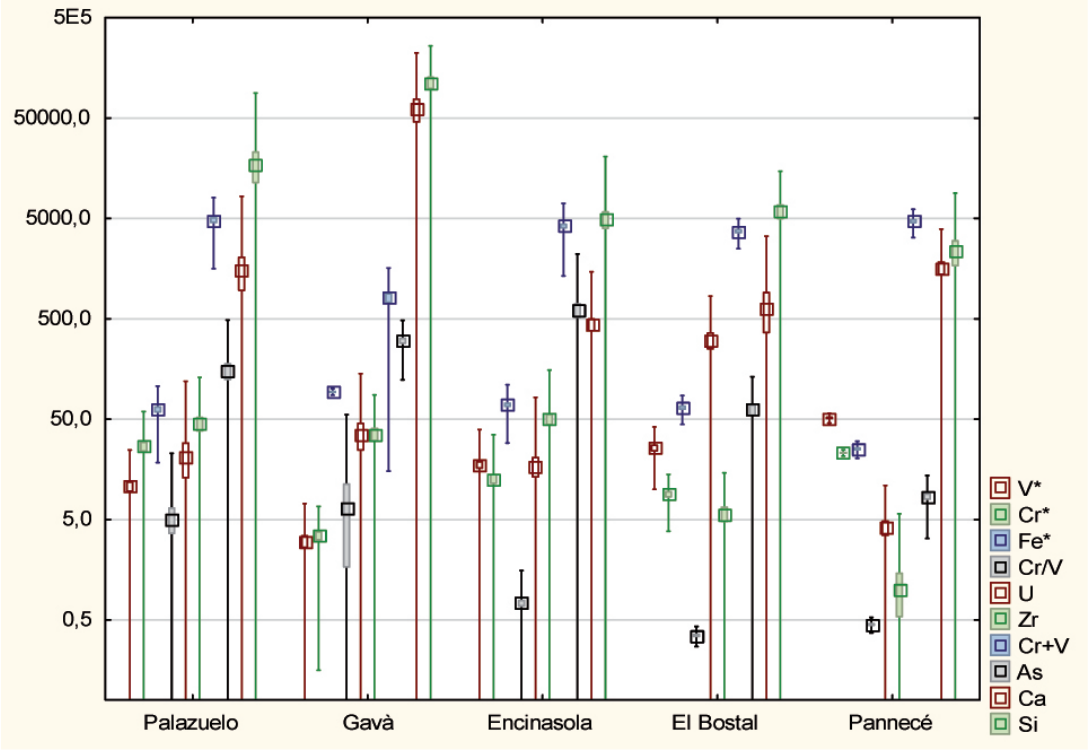


Fig. 3 : Comparaison des cinq gisements européens de variscite sur la base des variations prises en compte dans le modèle chimiométrique : V*, Cr*, Fe* (valeurs normalisées à 100% par rapport à V+Cr+Fe), le rapport Cr/V, les concentrations en U, Zr, (Cr+V), As, Ca et Si.

Site	commune	dpt	nb obj	nb anal
Beg er Hâvre	Plouhinec	56	1	1
Couronne Blanche	Petit-Auverné	44	1	3
Er Grah	Locmariaquer	56	18	36
Er Lannic	Arzon	56	2	2
Ile Carn	Ploudalmézeau	29	3	3
Joselière	Pornic	44	3	9
Kercado	Carnac	56	150	151
Kerdro Vihan	La Trinité-sur-Mer	56	1	1
Kerlagad	Carnac	56	48	87
Keriaval	Carnac	56	2	2
Kervilor	La Trinité-sur-Mer	56	15	40
Lutfang	Crac'h	56	12	36
Le Moustoir	Carnac	56	1	1
Mane er Hroëck	Locmariaquer	56	51	56
Mane Lud	Locmariaquer	56	27	28
Mane Rutual	Locmariaquer	56	1	1
Petit Mont	Arzon	56	6	19
Roh Vras	Saint-Philibert	56	1	1
Saint-Michel	Carnac	56	135	146
Table des Marchands	Locmariaquer	56	1	7
Tumiac	Arzon	56	254	260
Bouguon	Bougon	79	4	12
Lazzaro	Colombelles	14	1	3
Les Monts	Plichancourt	52	1	2
Les Sables	Saint Laurent-Médoc	33	3	3
Replat	Aime	73	2	2
Tassin	Marclopt	42	3	3
TOTAL			**747**	**915**

Tabl. II : Les sites archéologiques de la moitié nord de la France étudiés dans la cadre du programme *CALLAÏS* avec le nombre d'objets archéologiques en variscite provenant de chaque site, analysés par PIXE et nombre total d'analyses PIXE par site.

2. Interprétation des analyses PIXE des éléments de parure

Le programme *Callaïs* a permis de caractériser plus de 900 perles et pendeloques en variscite issues de 46 sites archéologiques de France, d'Espagne et du Portugal qui représentent près de 1200 analyses PIXE. Nous nous focaliserons dans cet article sur des sites localisés dans la moitié nord de la France ce qui représente 915 analyses de 747 objets provenant de 27 sites archéologiques [tabl. II]. La plupart des sites, 17, se trouvent dans le Morbihan, deux sont situés en Loire-Atlantique, un dans le Finistère, un dans le Calvados, un dans la Marne, un en Gironde, un en Savoie et un dans le Rhône.

L'étude de la parure provenant de sites du sud de la France a déjà fait l'objet d'une publication (Guilaine *et al.,* 2015). Celle concernant le mobilier en variscite de sites localisés en Espagne et au Portugal est présentée dans un autre article de ce volume (Dominguez-Bella *et al.*, ce volume).

On pourra s'étonner parfois du plus grand nombre d'analyses par rapport au nombre d'objets archéologiques étudiés [tabl. II]. Ceci s'explique du fait de l'évolution de la méthode analytique. Durant les premières années du programme *Callaïs*, chaque perle ou pendeloque faisait l'objet de trois analyses pour tenir compte de l'hétérogénéité éventuelle de la matière. À partir de 2008, le faisceau extrait d'AGLAE a été équipé d'un système de balayage qui permet de moyenner la composition sur une surface représentative du matériau, dans notre cas sur un carré d'un demi millimètre de côté (Querré *et al*., 2013). Une seule analyse par objet a suffit dans ce cas. On constatera donc, selon la période d'analyse, soit un nombre d'analyses supérieur à celui des objets, soit un nombre égal.
Les perles et pendeloques étudiées sont conservées au musée de Préhistoire Miln-Le Rouzic de Carnac, au musée d'Histoire et d'Archéologie de la Ville de Vannes (Fonds Société polymathique du Morbihan), dans les dépôts de fouille de Bretagne, Champagne Ardennes, Normandie des Services régionaux de l'archéologie des DRAC, au musée d'Archéologie Nationale de Saint-Germain-en-Laye, au musée de Préhistoire Finistérienne de Penmarc'h, au Bristish Museum de Londres pour une pendeloque du Mané er Hroëck. Enfin, un objet provient d'une collection particulière.

L'analyse chimique par PIXE permet d'établir très rapidement la nature minéralogique des éléments de parure et de répondre à la question : s'agit-il de variscite ou de turquoise ou d'une autre nature minéralogique ? Contrairement à certains sites du sud de la France comme la grotte de Las Claousos IV ou de la grotte René-Carrié (Guilaine *et al*., 2015), aucune perle en malachite n'a été mise en évidence. Parmi les 747 perles et pendeloques analysées, seules cinq d'entre elles sont en turquoise, une provenant du Mané Lud, deux du tumulus Saint-Michel, une de la sépulture de Beg er Hâvre à Plouhinec et une du site d'Aimé en Savoie. Cela représente 0,7 % du total du corpus, soit une proportion largement minoritaire. Une perle du Tumulus Saint-Michel est en quartz de couleur verdâtre pouvant être confondue avec une perle en variscite. La très grande majorité des objets possèdent une composition dominée par le phosphore et l'aluminium, caractéristique de la variscite.

Les résultats obtenus en appliquant le modèle aux séries d'objets issues de chacun des sites sont présentés ci-dessous.
N.B. : Afin de ne pas alourdir cet article, nous avons choisi de ne faire figurer dans le corps du texte que les compositions moyennes des objets, les écart-types, maximum et minimum pour chaque site archéologique, ainsi qu'une figure comparant les principales variables discriminantes du modèle chimiométrique, des objets archéologiques d'une part et de la source proposée d'autre part. Pour plus de détail, le lecteur trouvera en annexe les analyses PIXE individuelles (annexe 3).

2.1 Beg er Hâvre (Plouhinec, 56)

La sépulture de Beg er Hâvre a fourni une unique perle-pendeloque de couleur plutôt bleutée que verte (cf. Cassen *et al.*, ce volume). L'analyse par PIXE a révélée qu'il s'agissait d'un objet non pas en variscite mais en turquoise (un phosphate d'aluminium et de cuivre hydraté).

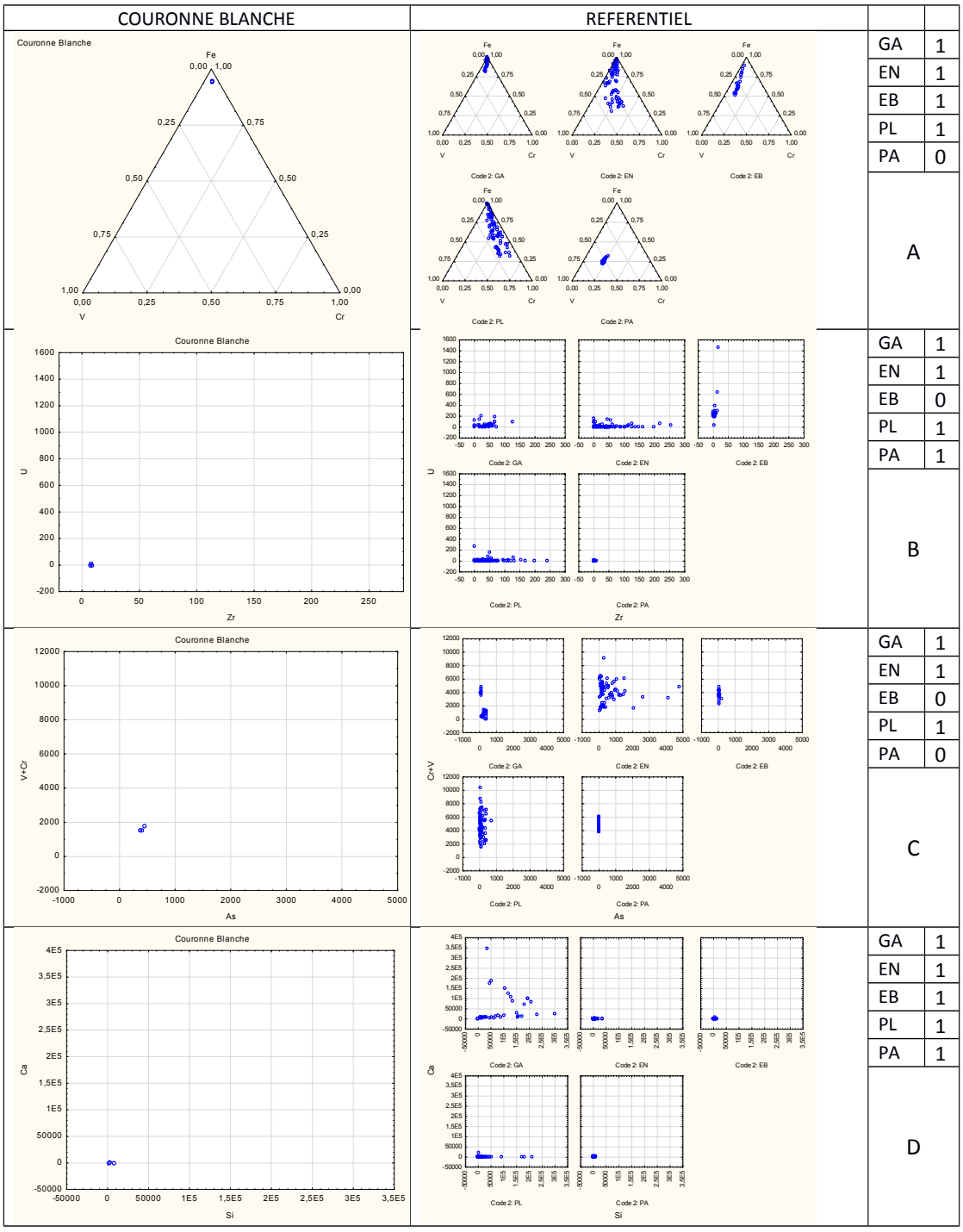
2.2 Couronne Blanche (Grand-Auverné, 44) [tabl. III], (pl. 1)

Il s'agit d'une unique perle en « *callaïs* » découverte anciennement et conservée au musée départemental Dobrée de Nantes. Elle est inventoriée comme provenant du « Dolmen de Couronne Blanche, Petit-Auverné, L.-A, Perle turquoise, *CALLAÏS*, tombelles formée de 4 pierres d'ardoises », mais cette attribution diffère de celle du catalogue du musée probablement plus juste : sépulture en coffre (« *stone-cist* ») du Moulin de Roche-Mort, Grand-Auverné (Loire-Atlantique). Cette sépulture en ciste est incluse dans une nécropole de tombes semblables dans laquelle un des fouilleurs mentionne un vase à ouverture elliptique caractéristique d'une étape ancienne du Néolithique moyen (Cassen *et al*., ce volume).
La composition chimique moyenne obtenue par PIXE de cet unique objet confirme la nature minéralogique de celui-ci, à savoir de la variscite. Les trois analyses sont quasi identiques et ne permettent pas de déterminer l'origine de la matière première (cf. annexe A, fig. 1). Les principaux caractères peuvent correspondre à trois gisements. Il y a donc **indétermination** sur la provenance de l'unique perle en variscite de Couronne Blanche.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Couronne Blanche	1	3	**min**	989	300	181961	1573	255513	306	122	1363	638	851	0	25436	29
			max	1279	1157	184044	8332	263915	516	404	2084	742	1015	5	30530	35
			X	1145	664	183229	4339	260619	437	223	1660	680	913	2	27136	32
			σ	146	443	1113	3543	4484	114	157	377	55	89	3	2939	3
			δ%	13	67	1	82	2	26	70	23	8	10	173	11	9

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	22	19	44	368	0	3	0	7	0	0	2	3	94	1,29	1510
max	4	90	61	56	442	12	7	5	9	0	10	2	3	95	1,37	1757
X	2	58	45	48	402	4	5	3	8	0	3	2	3	94	1,34	1593
σ	2	34	23	7	37	7	2	3	1	0	6	0	0	0	0,05	142
δ%	100	59	50	14	9	154	45	87	13	-	173	3	2	0	3,44	9

Tabl. III : Composition chimique des objets en variscite du site de Couronne-Blanche (44). « no » nombre d'objets analysés ; « na » : nombre total d'analyses PIXE ; min, max : valeurs minimum et maximum de la variable ; X et σ : moyenne et écart-type ; δ% : coefficient de dispersion en pourcentage ([σ/X]x100) ; V*, Cr*, Fe* sont les valeurs normalisées à 100% par rapport à la somme (V+Cr+Fe). Toutes les concentrations élémentaires sont exprimées en partie par million (ppm).



COURONNE BLANCHE						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	1	1	1	Indétermination
EN	1	1	1	1	1	
EB	1	0	0	1	0	
PL	1	1	1	1	1	
PA	0	1	0	1	0	

NOM DU SITE : Couronne-Blanche (Grand-Auverné, 44) Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 3	Réponse non univoque : indétermination

Planche 1 : Comparaison des analyses chimiques des objets en variscite avec le référentiel du modèle chimiométrique appliquée au site de Couronne Blanche (44).

2.3 Tumulus d'Er Grah (Locmariaquer, 56) [tabl. IV], (fig. 4, pl. 2)

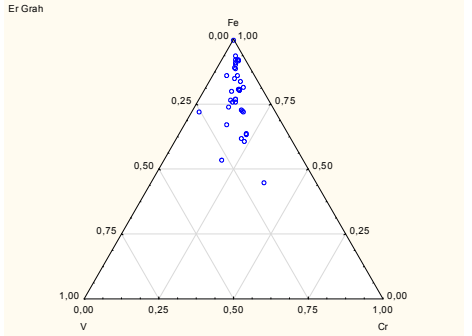
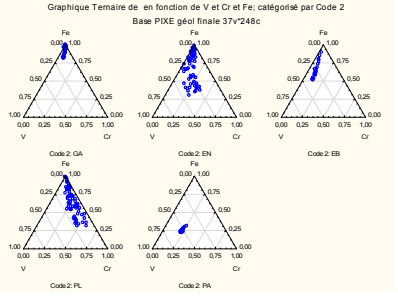
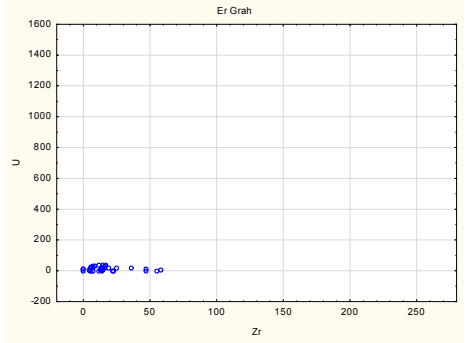
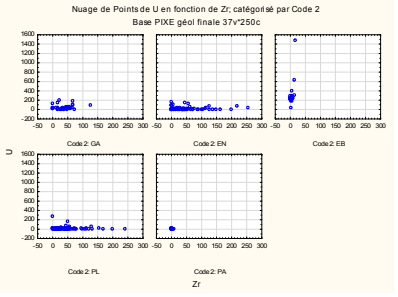
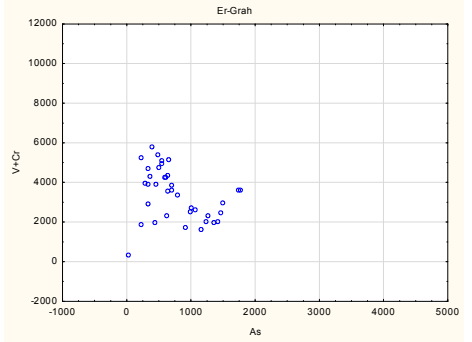
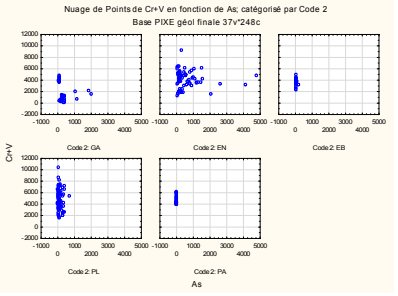
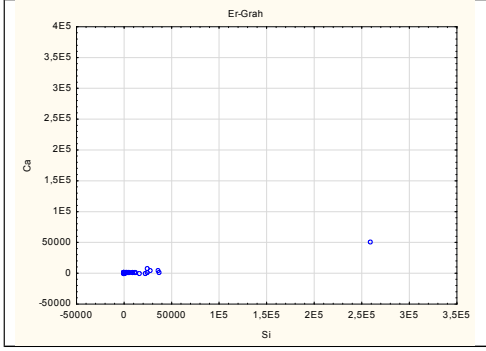
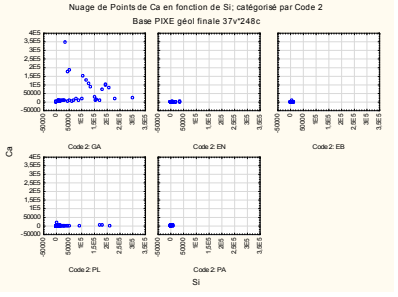
Le site fouillé dans les années 1980 a permis la mise au jour de plusieurs perles en *callaïs*. Une partie d'entre elles ont été publiées (Le Roux, 2006). La série de perles publiée a déjà fait l'objet d'analyses chimiques (Kiratisin et Demaille, 2006). Cette étude analytique qui a mis en œuvre des analyses chimiques par microanalyse X sur un microscope électronique à balayage n'a pas permis de déterminer réellement l'origine des perles. Au cours du programme « *Callaïs* », 36 analyses PIXE ont été faites sur 18 objets [tabl. IV]. Les perles sont celles qui figurent dans la publication de Le Roux et ses collaborateurs (Le Roux, 2006), d'autres sont inédites. Par contre, il apparaît assez difficile de déterminer pour certaines d'entre elles si elles ont été découvertes dans le sol enterré du tumulus ou bien au sein même de la ciste ou bien même des deux. Quoiqu'il en soit, les analyses montrent un ensemble cohérent sans distinction de plusieurs groupes de composition. L'ensemble des analyses est traité selon l'hypothèse où ces éléments de parure ont une même origine.

Les perles d'Er Grah présentent un rapport Cr/V proche de 1 (moyenne 1,35+/-0,49 , tabl. IV, fig. 4). Ce caractère est typique des échantillons d'Encinasola et uniquement ce gisement ($Cr/V_{Encinasola}$ = 0,74+/-0,41). Les autres données géochimiques sont tout à fait cohérentes avec cette origine : des concentrations extrêmement faibles en uranium de 0 à 39 ppm (0 ppm< $U_{Encinasola}$ <152ppm). De très fortes teneurs en arsenic pouvant atteindre près de 2000 ppm (50 ppm< $As_{Encinasola}$ <5000 ppm) ainsi qu'une somme des concentrations en vanadium et chrome également élevée ($Cr+V_{Er\ Grah}$ = 3500+/-1200 ppm ; $Cr+V_{Encinasola}$ = 4200+/-1500 ppm). Le silicium est très peu abondant ainsi que le calcium. Tous ces caractères géochimiques de perles en variscite issus du tumulus d'Er Grah sont semblables aux échantillons d'**Encinasola**, origine la plus probable de ces objets.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Er Grah	18	36	**min**	484	0	161613	0	228680	176	133	276	635	496	0	4471	0
			max	3295	2506	213532	36602	259632	3353	8146	2248	4754	3979	75	42394	58
			X	1664	795	197359	7315	250243	1224	983	973	1546	1949	11	15258	17
			σ	690	606	12918	10637	8652	781	1558	508	702	878	19	9139	16
			δ%	41	76	7	145	3	64	158	52	45	45	163	60	95

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	10	11	15	229	0	0	0	0	0	0	2	3	45	0,1	1646
max	38	656	1890	370	1766	16	403	26	58	11	39	27	38	93	2,24	5803
X	9	89	191	164	786	3	27	5	16	2	13	10	12	78	1,35	3495
σ	9	123	361	105	441	4	73	6	14	3	12	6	7	12	0,49	1205
δ%	105	138	189	64	56	130	267	108	89	196	91	60	60	15	36,14	34

Tabl. IV : Composition chimique des objets en variscite du site de Er Grah (56). Même légende que le tabl. III.

ER GRAH	REFERENTIEL		
		GA	-
		EN	1
		EB	-
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	-
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

ER GRAH						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	-	1	-	0		
EN	1	1	1	1		Encinasola
EB	-	0	0	0		
PL	0	1	0	1		
PA	0	0	0	0		

NOM DU SITE : Tumulus d'Er Grah (Locmariaquer, 56). Nombre d'objets total : 18 Nombre d'analyses : 36	Réponse univoque : Encinasola,

Planche 2 : Même légende que planche 1 appliquée au site d'Er Grah (Locmariaquer, 56).

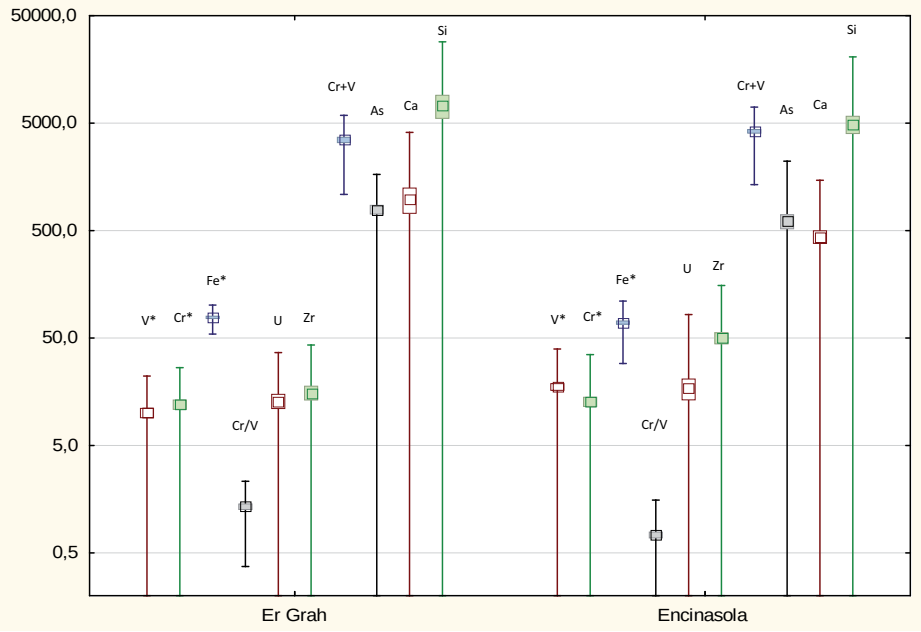


Fig. 4 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Er Grah (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Par ordre : V*, Cr*, Fe* (valeurs normalisées à 100% par rapport à V+Cr+Fe), le rapport Cr/V, les concentrations en U, Zr, (Cr+V), As, Ca et Si.

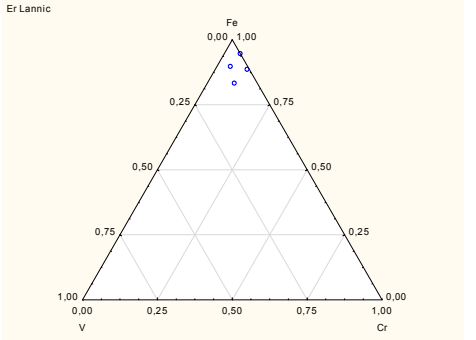
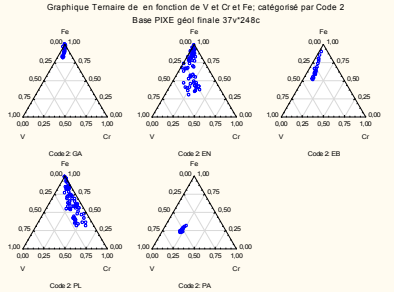
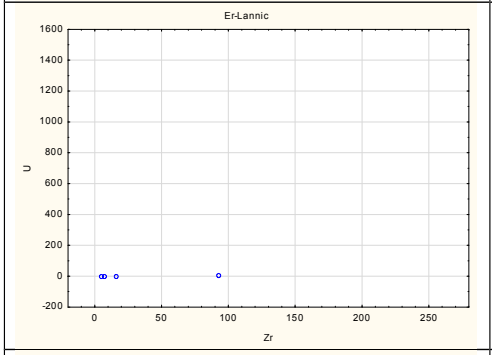
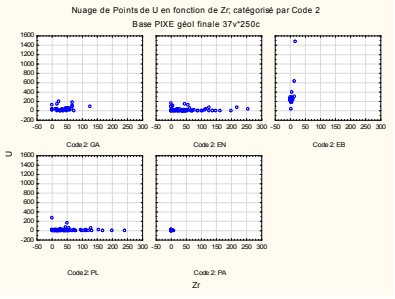
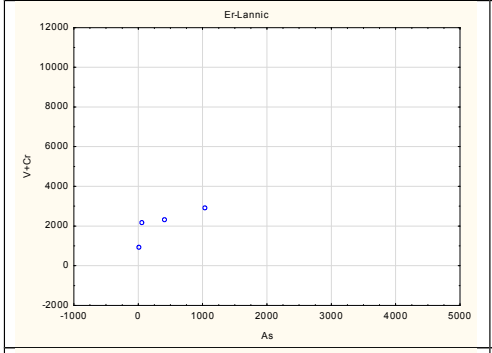
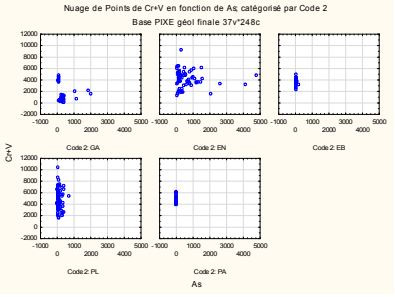
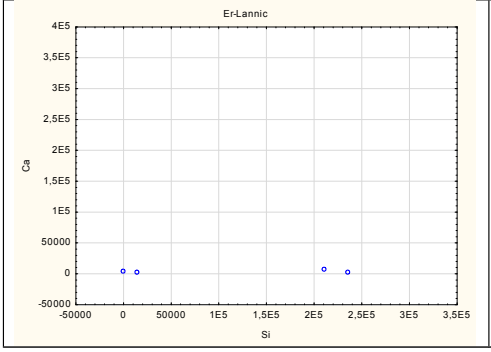
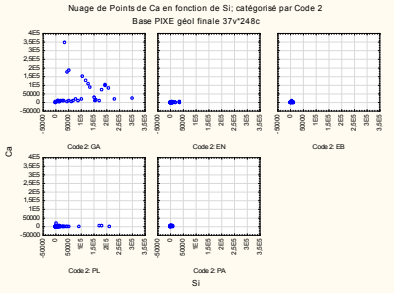
2.4 Er Lannic (Arzon, 56) [tabl. V], (pl. 3)

Deux perles ont été analysées pour ce site [tabl. V]. Il s'agit bien de variscite, mais comme pour la perle du dolmen de Couronne-Blanche, la composition de ces deux objets est ubiquiste. Le modèle aboutit à une réponse non univoque puisque certains caractères peuvent à la fois correspondre aux variscites d'Encinasola et à celles de Palazuelo. Pour le site d'Er Lannic, aucune origine des perles en variscite ne peut être proposée sur la base des analyses PIXE ; il y a **indétermination** de provenance pour ces deux perles.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Er Lannic	2	2	**min**	8678	3349	190527	0	236045	3617	2538	740	1097	1239	0	11671	0
			max	11118	3381	193963	14090	244050	3643	4499	2870	1699	1246	0	26122	15
			X	9898	3365	192245	7045	240048	3630	3519	1805	1398	1243	0	18897	8
			σ	1725	23	2430	9963	5660	18	1387	1506	426	5	0	10218	11
			δ%	17	1	1	141	2	1	39	83	30	0	-	54	141

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	8	36	416	20	406	0	44	5	16	1	0	6	4	83	0,73	2343
max	23	137	813	201	1032	2	87	9	93	5	6	8	9	90	1,14	2938
X	16	87	615	111	719	1	66	7	55	3	3	7	7	87	0,93	2641
σ	11	71	281	128	443	1	30	3	54	3	4	1	3	5	0,29	421
δ%	68	83	46	116	62	141	46	40	100	94	141	20	50	5	30,83	16

Tabl.V : Composition chimique des objets en variscite du site de Er Lannic (56). Même légende que le tabl. III.

ER LANNIC	REFERENTIEL		
		GA	-
		EN	1
		EB	-
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

ER LANNIC						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	-	1	1	0	0	
EN	1	1	1	0	0	Encinasola
EB	-	0	0	0	0	
PL	1	1	0	1	0	Palazuelo
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Er Lannic (Arzon, 56). Nombre d'objets total : 2 Nombre d'analyses : 2	Réponse non univoque : indétermination - Encinasola ou Palazuelo

Planche 3 : Même légende que planche 1 appliquée au site dEr Lannic (Arzon, 56).

2.5 Île Carn (Ploudalmézeau,29) [tabl. VI], (fig. 5, pl. 4)

Trois perles découverte par P.-R. Giot lors des fouilles du tumulus de l'île Carn ont été analysées [tabl. VI]. Malgré le faible nombre d'analyses, il est possible d'attribuer leur origine au gisement **d'Encinasola**. En effet, les caractères chimiques de ces perles sont suffisamment marqués et tout à fait similaires aux variscites d'Encinasola, en particulier le rapport Cr/V proche de 1 (Cr/V = 1,17+/-0,49, tabl. VI, fig. 5), caractéristique des échantillons d'Encinasola et uniquement ce gisement ($Cr/V_{Encinasola}$ = 0,74+/-0,41), les faibles teneurs relatives en fer par rapport au vanadium et chrome ainsi que les fortes teneurs en arsenic des perles comprises entre 500 et 2100 ppm (50 ppm< $As_{Encinasola}$ <4800 ppm).

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Ile Carn	3	3	**min**	843	722	188778	0	254384	470	429	394	1147	1290	0	5806	0
			max	2045	1910	200880	2822	262306	788	788	867	2711	1997	0	27026	7
			X	1395	1239	196186	941	259133	600	595	571	1683	1730	0	14270	4
			σ	607	609	6492	1629	4190	167	181	258	891	384	0	11242	4
			δ%	43	49	3	173	2	28	30	45	53	22	-	79	90

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	1	20	28	50	484	0	0	5	3	0	2	4	4	65	0,7	2437
max	27	44	36	90	2059	0	12	8	23	4	16	19	22	92	1,68	4615
X	11	33	31	70	1099	0	6	7	10	3	8	12	13	75	1,17	3413
σ	14	12	4	20	842	0	6	2	11	2	7	7	9	15	0,49	1106
δ%	122	37	14	28	77	-	106	23	113	87	85	62	67	20	41,89	32

Tabl. VI : Composition chimique des objets en variscite du site de Ile Carn (29). Même légende que le tabl. III.

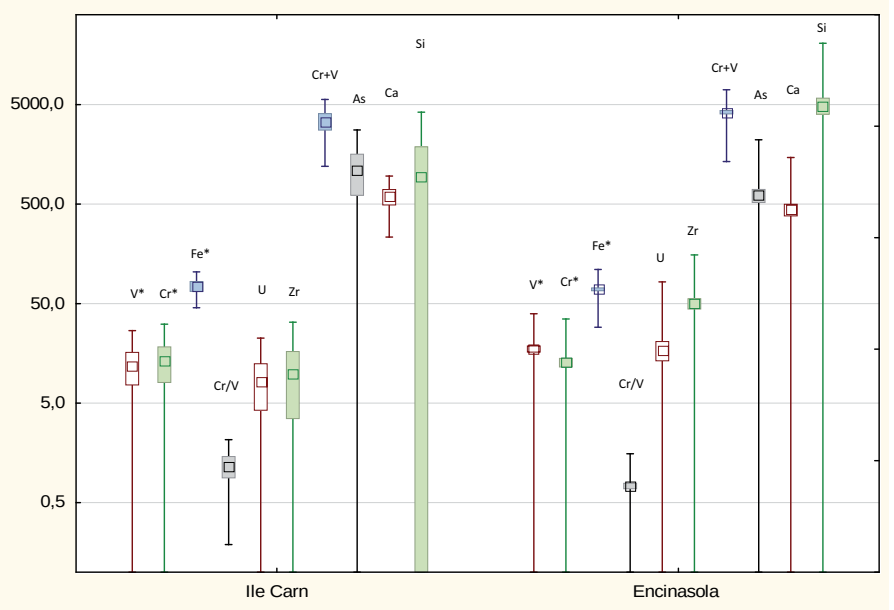
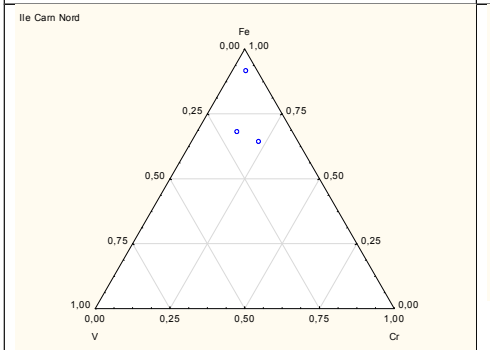
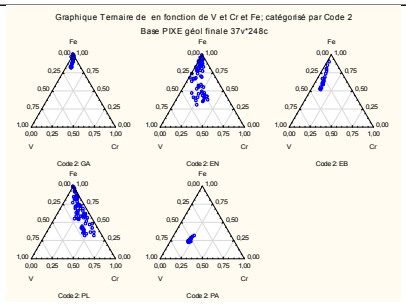
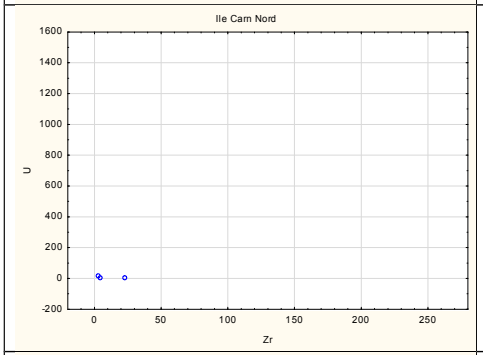
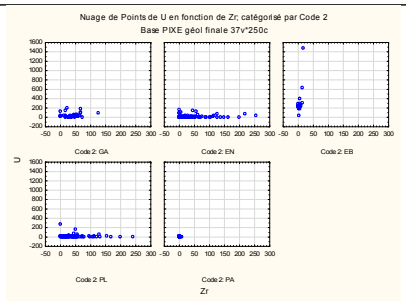
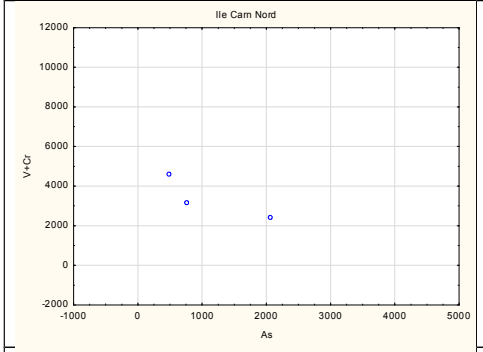
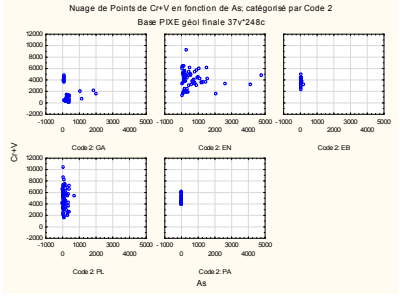
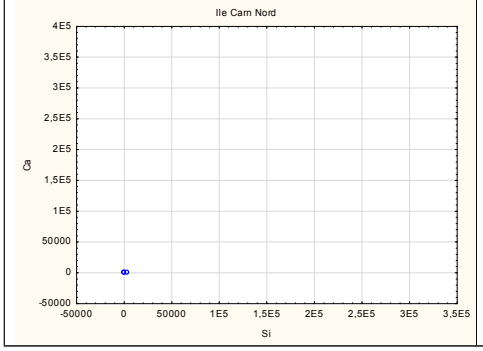
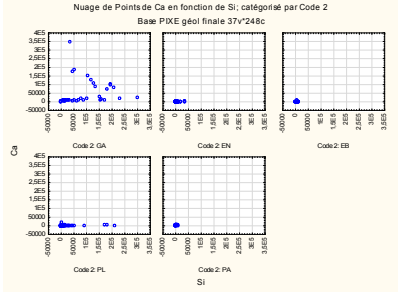


Fig. 5 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de l'île Carn (29) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

ILE CARN Nord	REFERENTIEL		
			GA 0 EN 1 EB 0 PL 0 PA 0 A
			GA 1 EN 1 EB 0 PL 1 PA 1 B
			GA 0 EN 1 EB 0 PL 0 PA 0 C
			GA 1 EN 1 EB 1 PL 1 PA 1 D

ILE CARN Nord						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	1	0	1	0	

NOM DU SITE : Île Carn - nord (Ploudalmézeau, 29). Nombre d'objets total : 3 Nombre d'analyses : 3	Réponse univoque : Encinasola

Planche 4 : Même légende que planche 1 appliquée au site Île Carn (Ploudalmézeau, 29).

2.6 La Joselière (Pornic, 44) [tabl. VII], (fig. 6, pl. 5)

Trois perles discoïdes beige et vert pâle ont été découvertes dans la chambre sud du dolmen de La Joselière, monument attribué au Néolithique moyen II vers 4100-3600 av. J.-C. Les neuf analyses obtenues sur ces objets présentent un rapport Cr/V proche de l'unité (Cr/V = 1,13+/-0,52) (tabl. VII, fig. 6) comme les échantillons de variscite d'Encinasola, avec également des teneurs élevées en arsenic (300 ppm< As $_{\text{La Joselière}}$ < 1300 ppm). Ces valeurs ainsi que celles des autres éléments chimiques discriminants sont les mêmes que la variscite **d'Encinasola**. Les objets de La Joselière proviennent donc probablement de la source d'Andalousie.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
La Joselière	3	9	**min**	354	473	158170	2013	192343	277	53	232	1389	1255	0	6439	0
			max	5339	7170	198051	77670	263327	8389	1297	1029	2363	2972	27	41014	64
			X	2352	2278	182447	20180	245193	2099	458	695	1872	1995	8	22323	24
			σ	1614	2119	14499	24464	23317	2624	463	256	343	639	9	14345	19
			δ%	69	93	8	121	10	125	101	37	18	32	112	64	80

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	5	15	31	302	0	0	0	0	0	0	3	6	64	0,53	3189
max	3	45	34	164	1311	38	15	14	53	5	25	23	13	91	1,82	4624
X	1	19	21	78	678	7	3	8	22	1	9	10	9	81	1,13	3867
σ	1	13	7	52	395	12	5	5	17	2	10	7	3	10	0,52	524
δ%	153	68	35	67	58	180	155	63	77	200	119	68	34	12	45,52	14

Tabl. VII : Composition chimique des objets en variscite du site de Joselière (44). Même légende que le tabl. III.

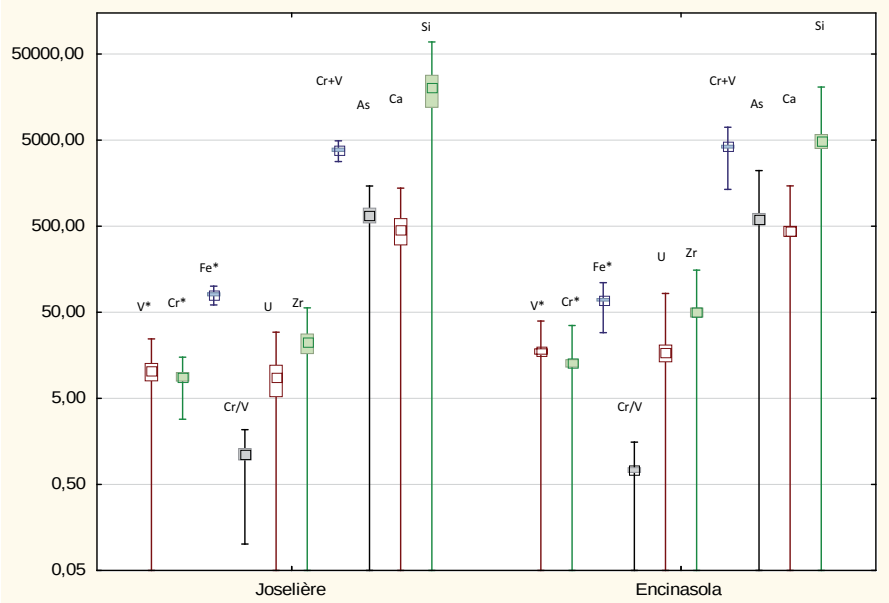
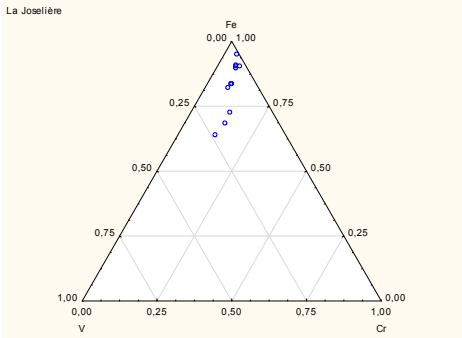
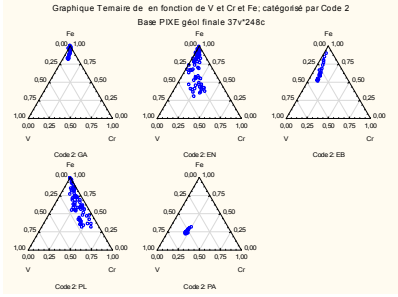
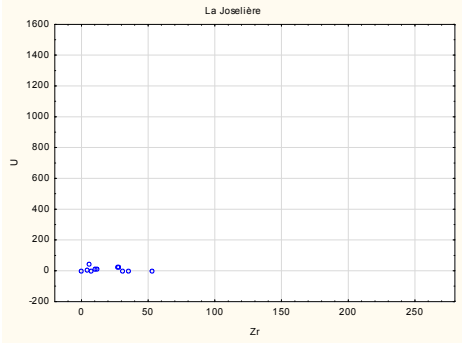
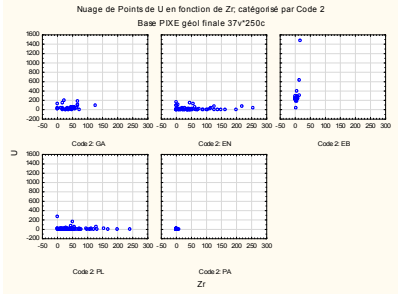
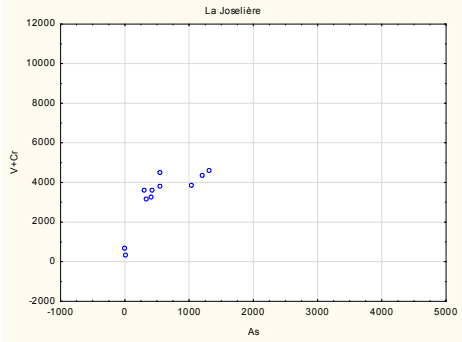
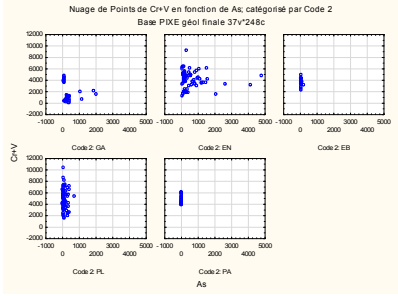
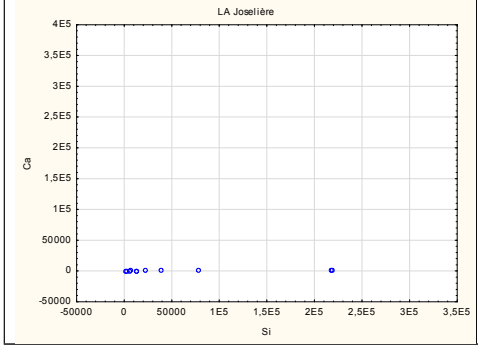
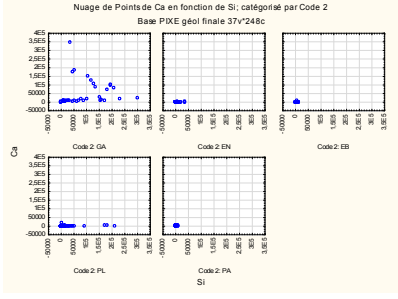


Fig. 6 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de la Joselière (44) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

LA JOSELIERE	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

LA JOSELIERE						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	1	0	0	0	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : La Joselière (Pornic, 44). Nombre d'objets total : 3 Nombre d'analyses : 9	Réponse univoque : Encinasola

Planche 5 : Même légende que planche 1 appliquée au site La Joselière (Pornic, 44).

2.7 Kercado (Carnac, 56) [tabl. VIII], (fig. 7, pl. 6)

Ce monument est parmi ceux qui ont fourni un nombre très important d'éléments de parure dans le sud de l'Armorique. 150 objets en variscite ont été analysés [tabl. VIII]. L'importante série, 151 analyses chimiques, permet de couvrir une large gamme de composition. Comme pour les précédents sites, tous les paramètres discriminants du modèle chimiométrique sont en accord avec la composition des variscites d'Encinasola : rapport Cr/V proche de 1, proportion du fer relativement faible par rapport au chrome et au vanadium, zirconium de faiblement concentré à de fortes teneurs, pas d'uranium, teneurs en arsenic de faibles à élevées, pas de silicium ni de calcium (fig. 7). Ce sont donc des mines de Pico Centeno à **Encinasola** d'où provient la série de perles et pendeloques en variscite déposée dans le monument de Kercado.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Kercado	150	151	**min**	1170	0	139680	0	188814	261	190	161	458	925	0	5772	0
			max	10886	6251	217336	94688	256487	7191	36222	3446	6090	3892	49	70522	48
			X	4768	2250	191367	14523	239530	1653	2383	1178	1730	2126	4	21312	16
			σ	1598	789	13718	20412	12653	1051	3812	665	638	636	7	11847	11
			δ%	34	35	7	141	5	64	160	56	37	30	207	56	73

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	27	38	16	72	0	0	0	0	0	0	1	2	58	0,25	1978
max	71	1224	1332	1097	2952	38	2594	78	297	20	150	25	23	95	3,42	7596
X	5	279	177	120	821	9	99	10	42	2	15	8	10	82	1,37	3857
σ	10	144	154	105	496	9	302	13	56	4	16	5	5	8	0,59	873
δ%	224	51	87	88	60	95	307	124	134	156	105	55	47	10	43,11	23

Tabl. VIII : Composition chimique des objets en variscite du site de Kercado (56). Même légende que le tabl. III.

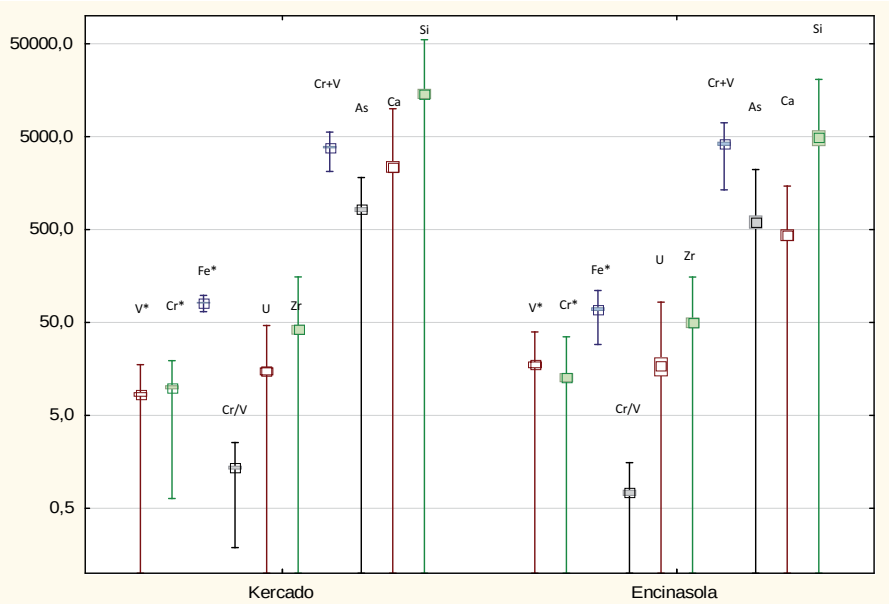
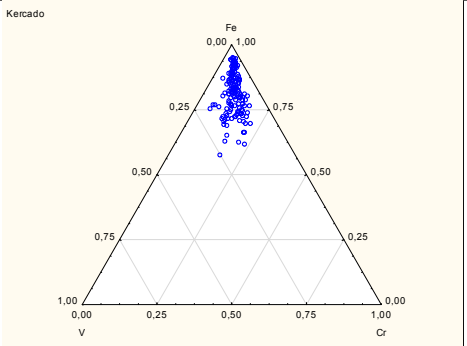
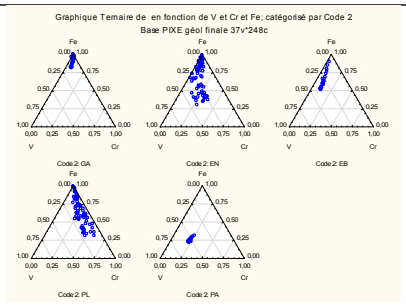
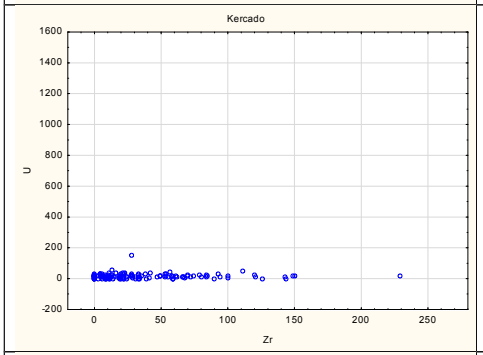
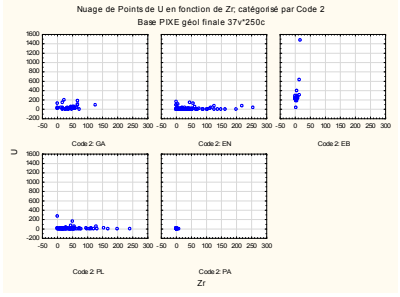
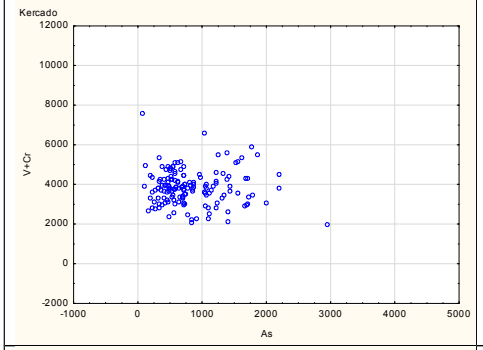
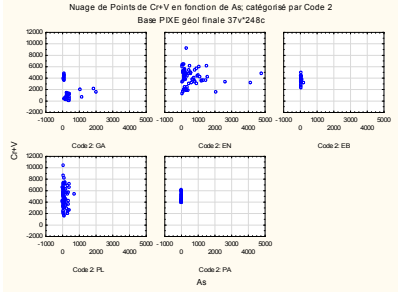
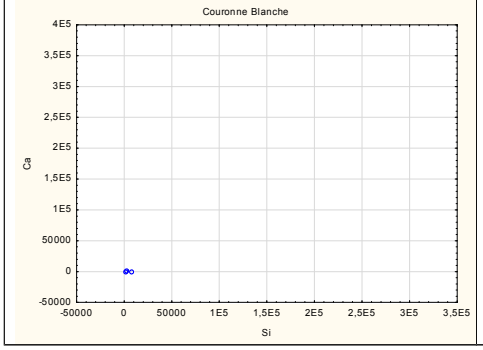
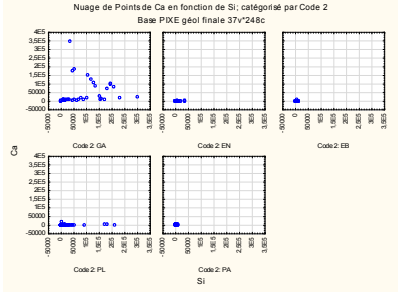


Fig. 7 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Kercado (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

KERCADO	REFERENTIEL		
		GA	-
		EN	1
		EB	-
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	-
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

SITE						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	-	-	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	-	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : Kercado (Carnac, 56).	Réponse univoque : Encinasola
Nombre d'objets total : 150	
Nombre d'analyses : 151	

Planche 6 : Même légende que planche 1 appliquée au site Kercado (Carnac, 56).

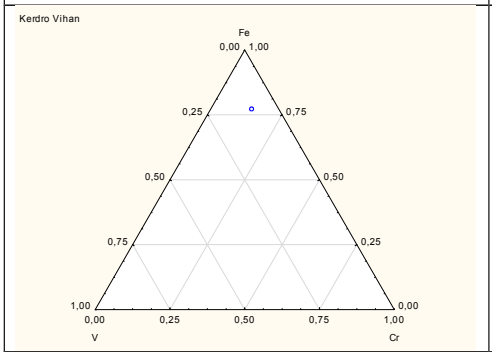
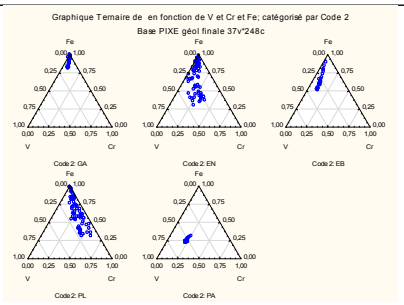
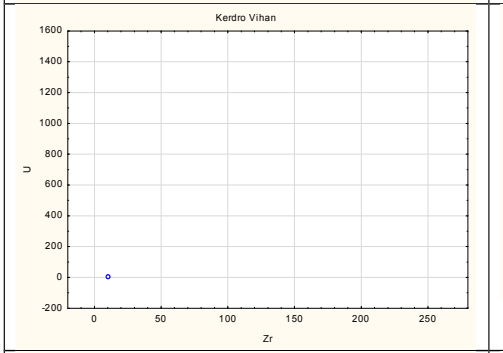
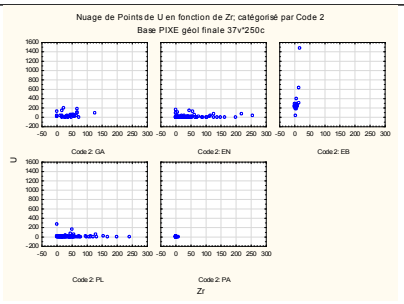
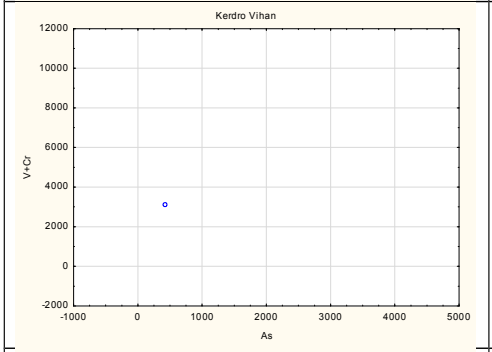
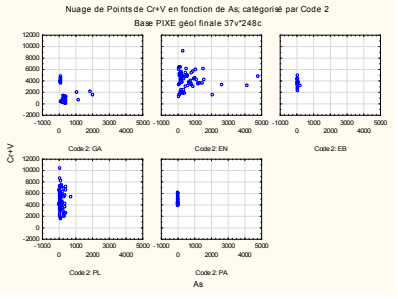
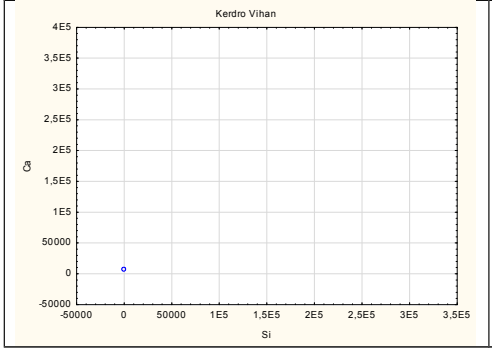
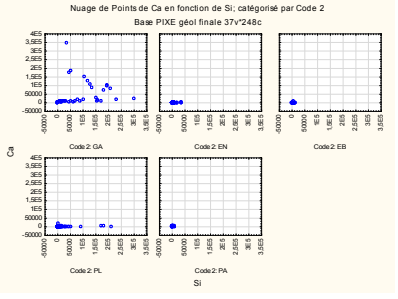
2.8 Kerdro Vihan (La Trinité-sur-Mer, 56) [tabl. IX], (pl. 7)

Nous disposons uniquement de l'analyse d'un seul objet en variscite issu de ce site [tabl. IX]. Malheureusement, sa composition chimique n'est pas suffisamment spécifique d'un gisement pour pouvoir en attribuer l'origine. C'est donc un cas **d'indétermination** pour cette unique perle de Kerdro Vihan.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Kerdro Vihan	1	1	2996	2192	204473	0	248766	635	8204	629	1270	1862	0	10643	0

Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1	58	472	58	422	0	821	5	10	5	2	9	14	77	1,47	3132

Tabl. IX : composition chimique de la perle en variscite du site de Kerdro Vihan (56). Même légende que le tabl. III.

KERDRO VIHAN	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	-
		PL	1
		PA	1
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

KERDRO VIHAN						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	indétermination
EN	1	1	1	1	1	
EB	0	-	1	1	0	
PL	1	1	1	1	1	
PA	0	1	1	1	0	

NOM DU SITE : Kerdro Vihan (La Trinité-sur-Mer, 56). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 1	Réponse non univoque : indétermination - Encinasola ou Palazuelo

Planche 7 : Même légende que planche 1 appliquée au site Kerdro Vihan (La Trinité-sur-Mer, 56).

2.9 Kerlagad 1 (Carnac, 56) [tabl. X], (fig. 8, pl. 8)

La fouille de cette tombe à couloir a permis de mettre au jour une importante série de perles en variscite. Nous en avons analysé 48, ce qui représente 87 analyses. La composition des objets est très étalée, en particulier en ce qui concerne le fer par rapport au vanadium et au chrome. Le rapport Cr/V est très élevé puisqu'il varie entre 1,64 et 10,54 (tabl. X et fig. 8) avec une moyenne de 4,76+/-1,88, ce qui est une moyenne quasi identique à celle des échantillons de Palazuelo ($Cr/V_{Palazuelo}$ = 5,1 +/-6,5). Les autres éléments chimiques de ce groupe d'objets sont tout à fait semblables à ceux des échantillons provenant du gisement de Palazuelo (fig. 8). D'après leur analyse, les perles de Kerlagad proviennent donc du gisement de **Palazuelo**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Kerlagad	48	87	**min**	668	234	179739	0	238276	279	163	186	386	1643	0	2068	0
			max	8662	2381	202875	16137	262304	4198	2955	3035	1545	7331	25	28490	22
			X	2354	924	196999	3140	257151	1201	553	1033	911	4119	4	8028	8
			σ	1545	398	4485	3429	4738	824	387	635	266	1503	6	5309	6
			δ%	66	43	2	109	2	69	70	61	29	36	177	66	76

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	6	49	43	22	0	0	0	0	0	0	2	9	24	1,64	2114
max	11	509	477	484	479	11	37	8	188	8	26	16	65	89	10,54	8567
X	2	50	187	156	151	2	4	1	43	1	4	8	35	58	4,76	5030
σ	2	62	80	100	92	2	6	2	44	2	5	3	13	15	1,88	1609
δ%	128	125	43	65	61	140	143	171	104	173	125	40	38	26	39,38	32

Tabl. X : Composition chimique des objets en variscite du site de Kerlagad (56). Même légende que le tabl. III.

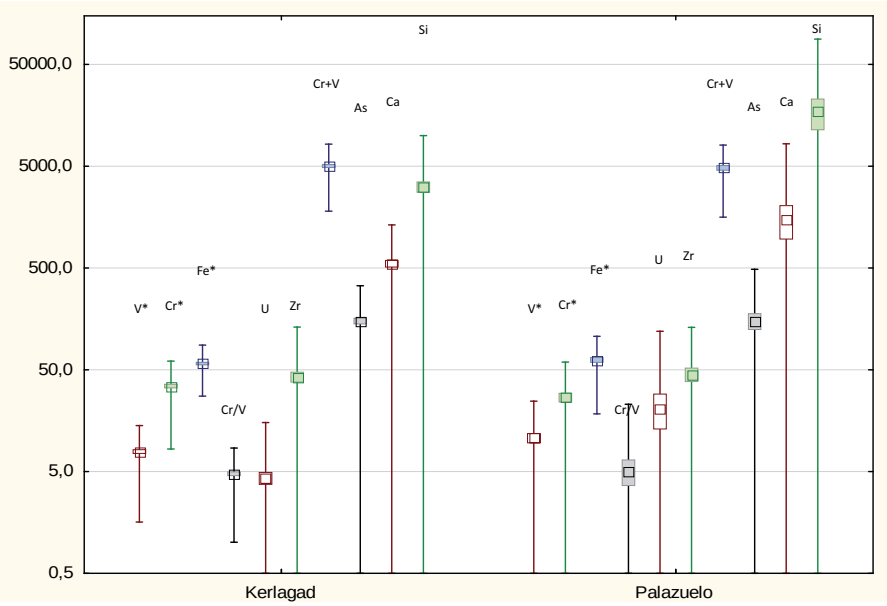
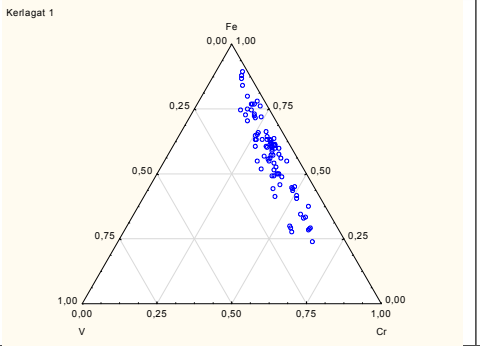
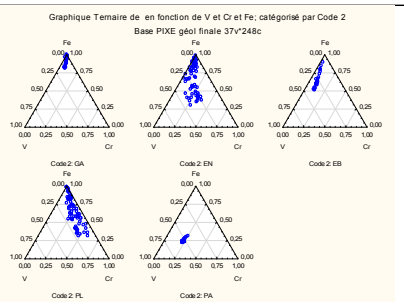
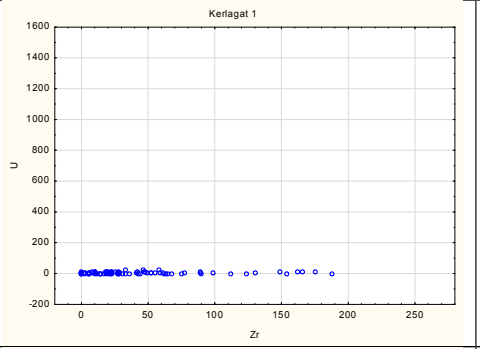
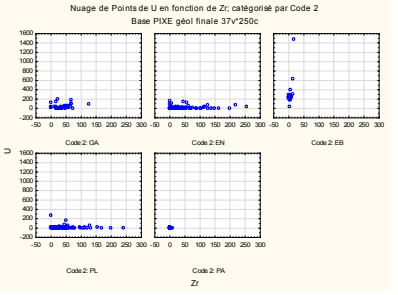
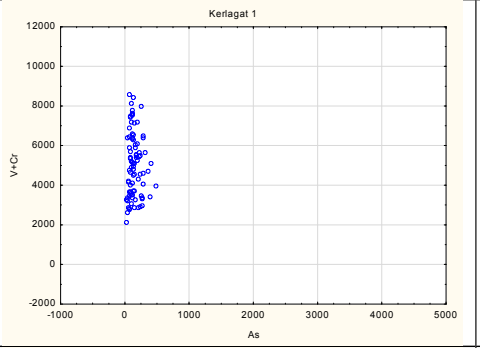
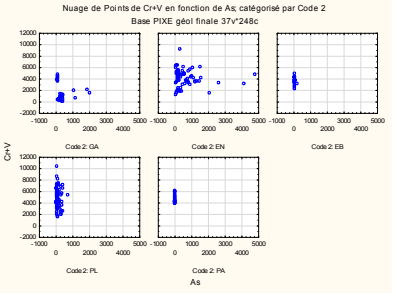
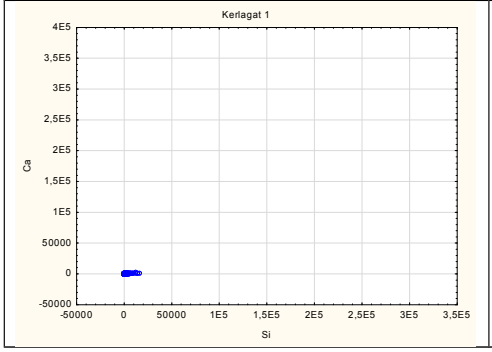
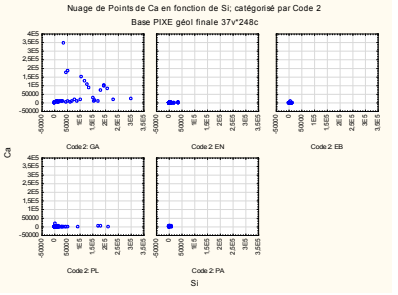


Fig. 8 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Kerlagad (56) avec celles du gisement de Palazuelo. Même légende que fig. 4.

KERLAGAT 1	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	0
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

KERLAGAT 1						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	0	0	
EN	0	1	0	1	0	
EB	0	0	1	1	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	1	1	0	

NOM DU SITE : Kerlagat 1 (Carnac, 56). Nombre d'objets total : 48 Nombre d'analyses : 87	Réponse univoque : Palazuelo

Planche 8 : Même légende que planche 1 appliquée au site Kerlagad 1 (Carnac, 56).

2.10 Keriaval (Carnac, 56) [tabl. XI], (fig. 9, pl. 9)

Deux perles provenant de cette tombe à couloir sont connues et ont été analysées par PIXE. Malgré le faible nombre d'analyses, une par perle (tabl. XI et fig. 9), leur composition est suffisamment typique pour que l'on puisse leur attribuer une origine. Les proportions relatives en V, Cr et Fe sont telles que les gisements de Gavà, Pannecé et El Bostal ne correspondent pas à celles des perles. Le rapport Cr/V des perles est faible (0,87 et 2,13), plus compatible avec les échantillons d'Encinasola. Les teneurs des autres éléments, en particulier les fortes concentrations en As (entre 460 et 880 ppm) et les faibles teneurs en silice (entre 7700 et 14900 ppm), sont caractéristiques de celles observées pour les variscites provenant d'Encinasola (As=620ppm+/-800 et Si = 5000 ppm +/-7900) et non celles de Palazuelo (As=140ppm+/-130 et Si=16600ppm+/-38000). Les deux perles issues du monument de Keriaval proviennent plus probablement **d'Encinasola**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Keriaval	2	2	**min**	1985	1444	162433	7695	246263	1446	360	2256	1524	2126	5	20276	0
			max	2355	1880	193753	14920	254361	2116	2175	3836	2442	3243	11	21103	0
			X	2170	1662	178093	11308	250312	1781	1268	3046	1983	2685	8	20690	0
			σ	262	308	22147	5109	5726	474	1283	1117	649	790	4	585	0
			δ%	12	19	12	45	2	27	101	37	33	29	53	3	-

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	3	114	61	45	457	10	1	6	50	0	0	6	9	82	0,87	4568
max	10	250	157	133	885	19	1	14	644	0	0	10	13	82	2,13	4767
X	7	182	109	89	671	15	1	10	347	0	0	8	11	82	1,5	4668
σ	5	96	68	62	303	6	0	6	420	0	0	3	3	0	0,89	141
δ%	76	53	62	70	45	44	0	57	121	-	-	35	27	0	59,3	3

Tabl. XI : Composition chimique des objets en variscite du site de Keryaval (56). Même légende que le tabl. III.

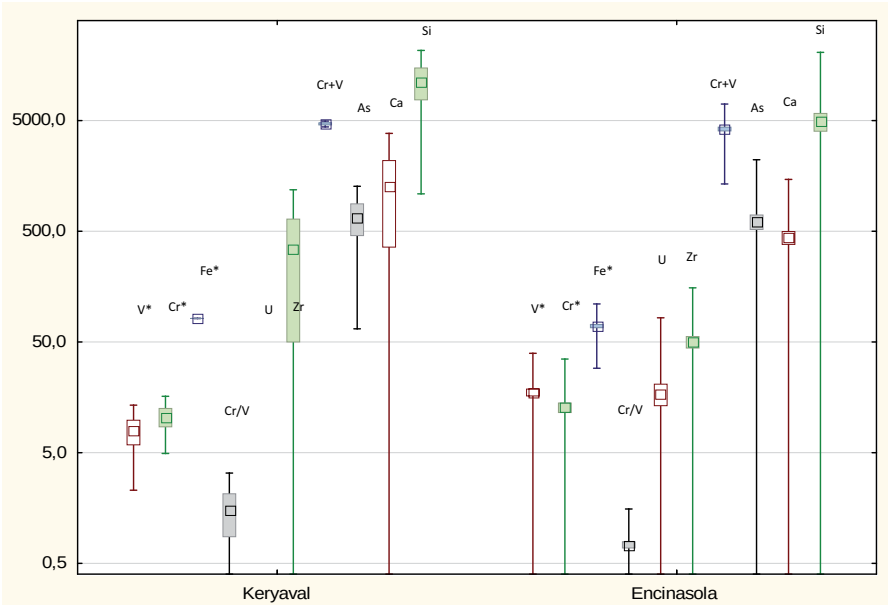
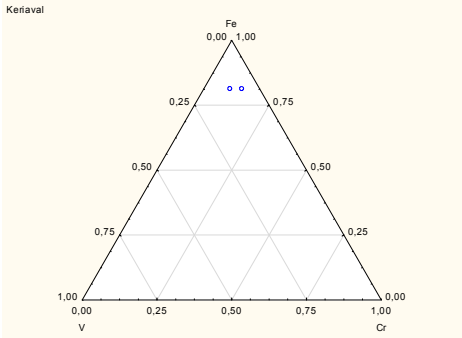
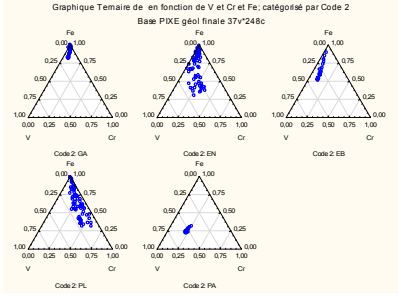
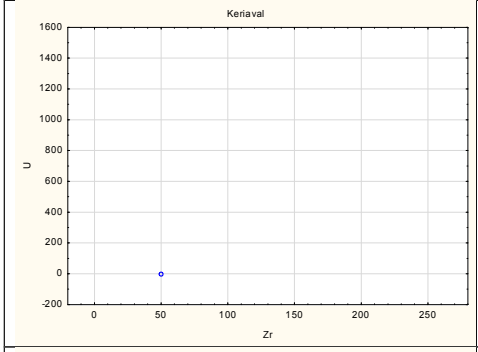
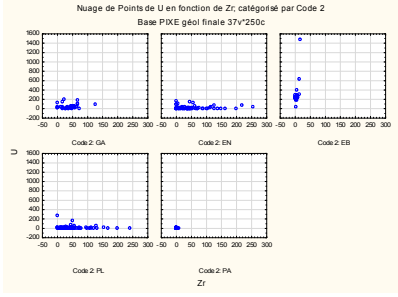
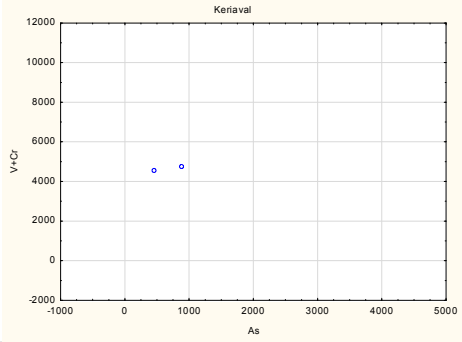
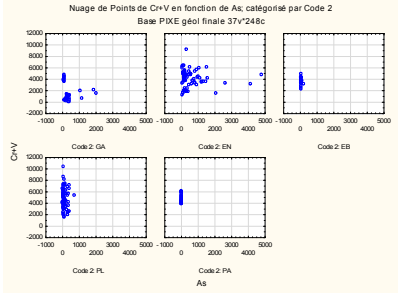
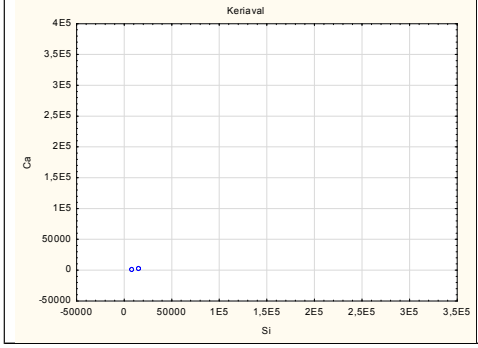
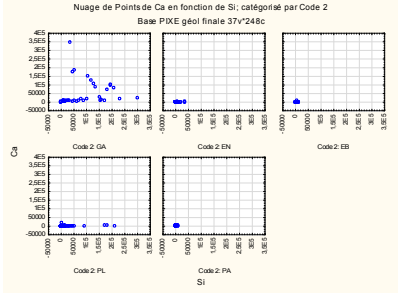


Fig. 9 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Keriaval (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

KERIAVAL	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

KERIAVAL						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	1	0	
PL	1	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : Keriaval (Carnac, 56). Nombre d'objets total : 2 Nombre d'analyses : 2	Réponse univoque : Encinasola

Planche 9 : Même légende que planche 1 appliquée au site Keriaval (Carnac, 56).

2.11 Kervilor (La Trinité-sur-Mer, 56) [tabl. XII], (fig. 10, pl. 10)

C'est un ensemble de 15 perles dans la tombe à couloir de Kervilor située au lieu dit le Mané Bras de la commune de La Trinité-sur-Mer qui a été l'objet d'une analyse PIXE. Quarante analyses chimiques ont été obtenues et traitées avec le modèle chimiométrique (tabl. XII et fig. 10). Le nombre élevé des analyses, leur grande diversité et leurs caractéristiques très marquées font que les critères du modèle chimiométrique sont tous réalisés. C'est donc sans aucune ambiguïté que l'on peut attribuer l'origine des perles de Kervilor à **Encinasola**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Kervilor	15	40	**min**	1054	0	163280	0	196887	362	132	124	1084	786	0	3761	0
			max	6487	4279	211372	32476	258841	4358	61061	3212	6380	3697	120	59237	74
			X	2615	2246	188181	12842	246047	1216	2303	1170	2544	2226	8	22058	29
			σ	1155	884	8445	6410	10723	692	9551	645	1236	815	21	15120	22
			δ%	44	39	4	50	4	57	415	55	49	37	254	69	75

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	28	27	11	219	0	0	0	0	0	0	3	1	46	0,21	3035
max	26	303	356	259	2583	35	7572	31	130	19	90	33	29	95	2,23	9312
X	4	92	75	91	974	5	232	5	26	2	21	13	11	76	1,07	4770
σ	7	63	63	60	577	8	1197	7	29	4	23	9	7	14	0,59	1335
δ%	165	69	84	66	59	145	516	138	112	182	109	70	65	19	55,46	28

Tabl. XII : composition chimique des objets en variscite du site de Kervilor (56). Même légende que le tabl. III.

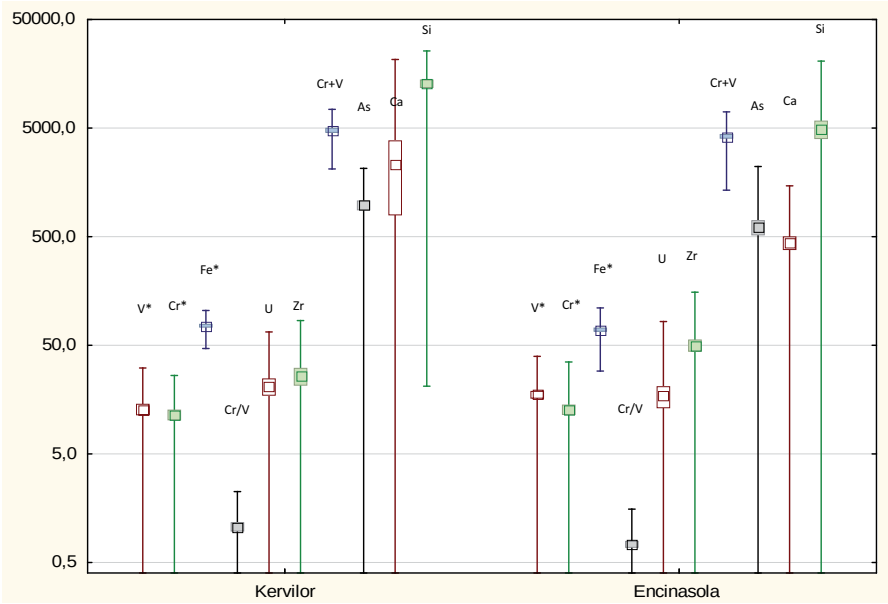
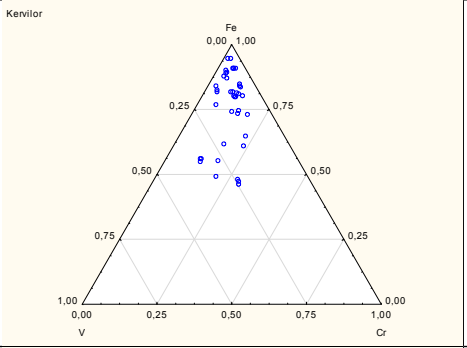
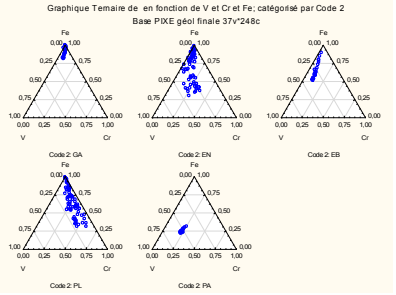
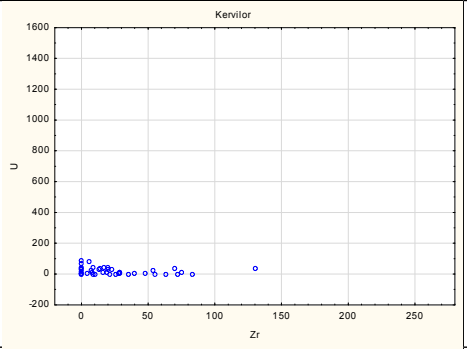
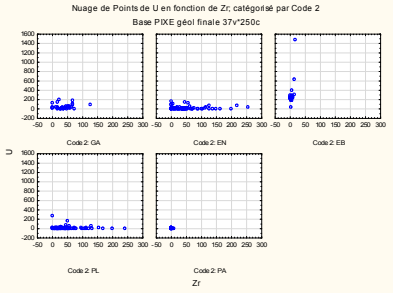
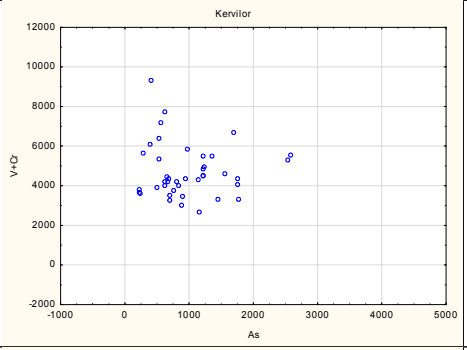
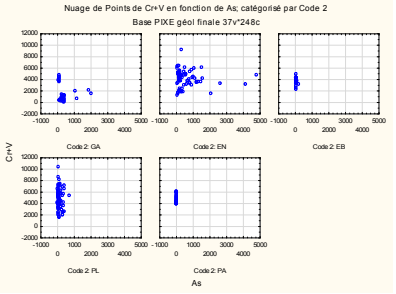
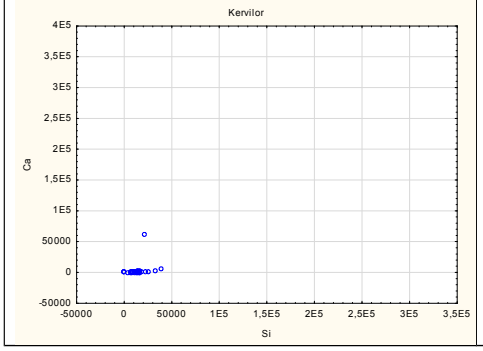
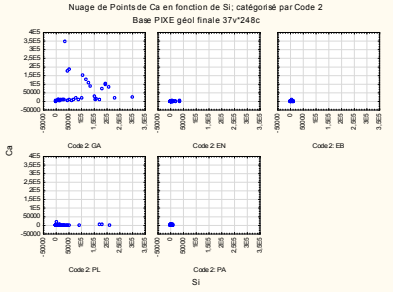


Fig. 10 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Kervilor (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

KERVILOR	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

KERVILOR						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	0	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Kervilor (La Trinité-sur-Mer, 56). Nombre d'objets total : 15 Nombre d'analyses : 40	Réponse univoque : Encinasola

Planche 10 : Même légende que planche 1 appliquée au site Kervilor (La Trinité-sur-Mer, 56).

2.12 Luffang (Crac'h, 56) [tabl. XIII], (fig. 11, pl. 11)

La fouille de l'allée sépulcrale coudée de Luffang a permis de mettre au jour 12 perles dont chacune a fait l'objet de trois analyses par la méthode PIXE. Nous disposons ainsi de 36 analyses chimiques élémentaires de cet ensemble (tabl. XIII et fig. 11). Comme pour la précédente série d'analyses, celles des perles de Luffang se répartissent de manière tout à fait symptomatique et correspondent en tout point aux compositions des échantillons de **Palazuelo**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Luffang	12	36	**min**	441	0	173580	0	228020	348	178	283	454	1591	0	2226	0
			max	13963	5589	204171	55144	262518	5962	2197	2127	1632	4539	25	12013	28
			X	2722	1212	198481	7181	254780	1243	567	929	866	3010	5	5222	12
			σ	3078	1192	6223	11517	9405	1336	484	544	298	845	7	2258	8
			δ%	113	98	3	160	4	107	85	59	34	28	146	43	66

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	13	70	34	29	0	0	0	4	0	0	6	17	30	2,06	2263
max	66	266	575	334	236	10	50	7	171	10	15	17	61	76	7,01	5514
X	6	49	230	132	105	2	5	2	35	2	4	10	34	56	3,89	3876
σ	11	50	129	78	48	3	9	2	41	3	4	3	10	11	1,74	890
δ%	200	103	56	59	45	123	193	138	119	143	88	33	30	19	44,82	23

Tabl. XIII : Composition chimique des objets en variscite du site de Luffang (56). Même légende que le tabl. III.

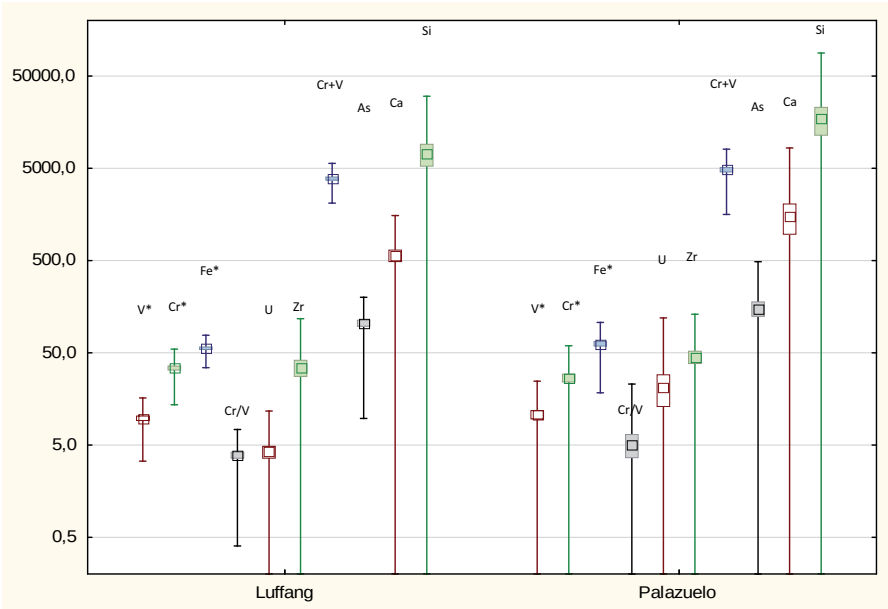
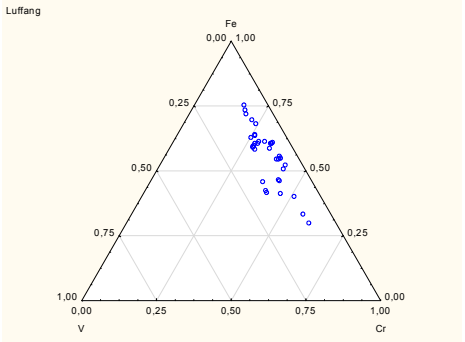
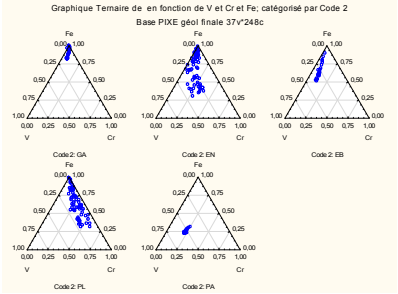
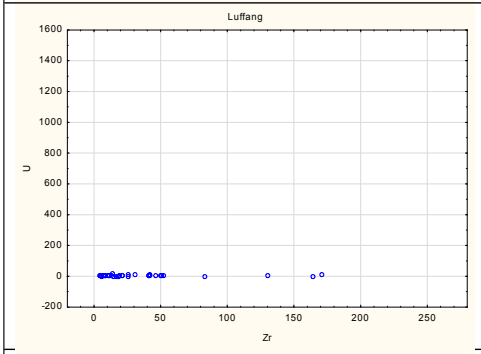
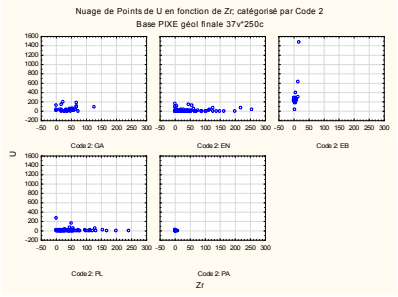
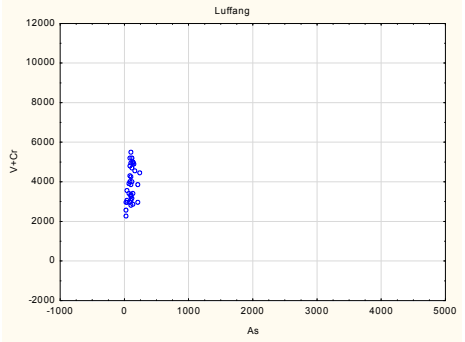
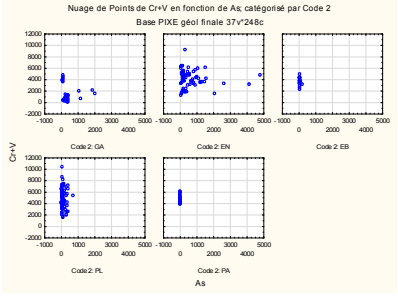
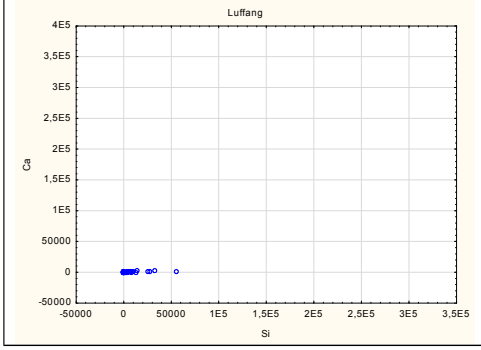
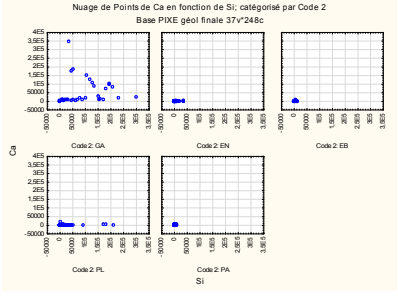


Fig. 11 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Luffang (56) avec celles du gisement de Palazuelo. Même légende que fig. 4.

LUFFANG	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	0
		EB	1
		PL	1
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

LUTFANG						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	1	0	
EN	0	1	0	1	0	
EB	0	0	1	0	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Luffang (Crac'h, 56). Nombre d'objets total : 9 Nombre d'analyses : 36	Réponse univoque : Palazuelo

Planche 11 : Même légende que planche 1 appliquée au site Luffang (Crac'h, 56).

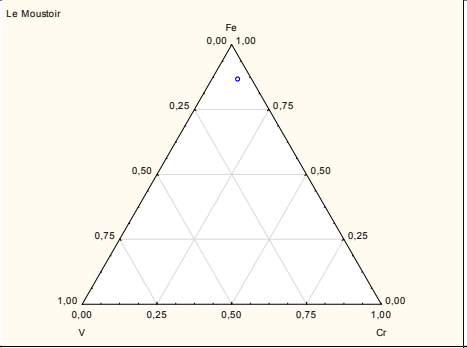
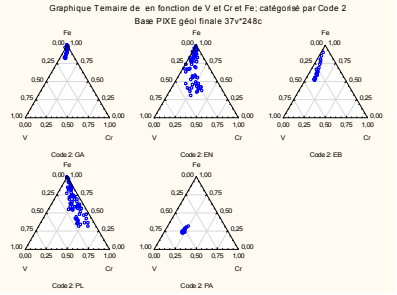
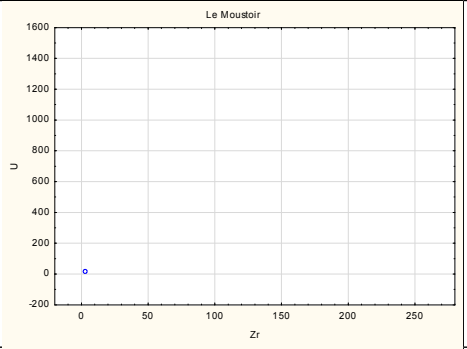
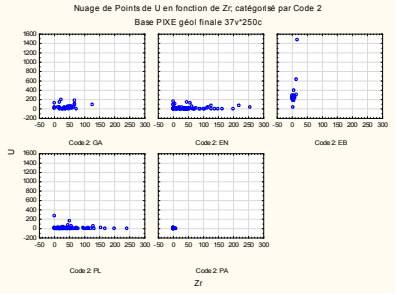
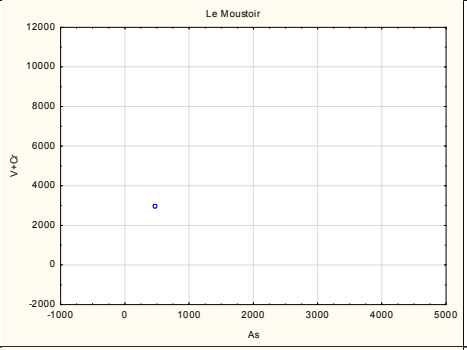
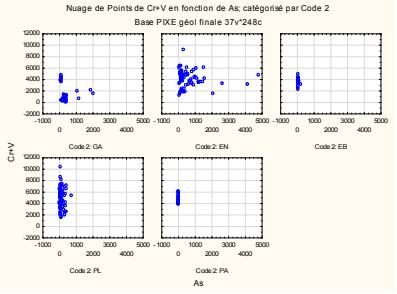
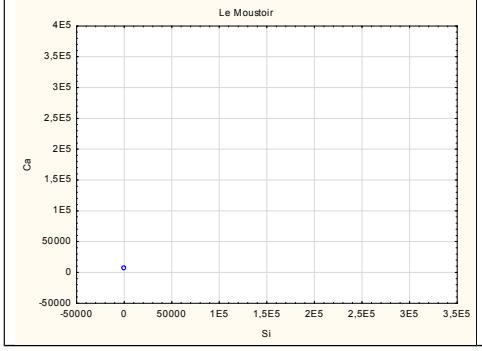
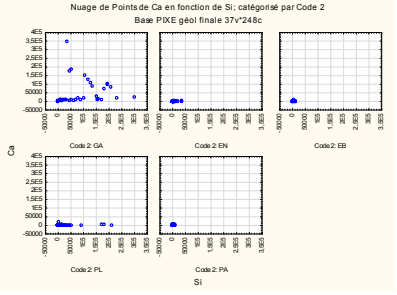
2.13 Le Moustoir (Carnac, 56) [tabl. XIV], (pl. 12)

Une seule perle a été découverte dans la tombe ouest du site du Moustoir et nous ne disposons que d'une seule analyse [tabl. XIV]. Malheureusement, la composition chimique de la variscite n'est pas suffisamment caractéristique pour que le modèle chimiométrique puisse en attribuer une provenance précise. Il existe une donc une **indétermination** sur la provenance de la perle du Moustoir.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Le Moustoir	1	1	9522	3507	204878	0	235235	2044	7649	294	1047	1908	0	19288	9

Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
0	622	48	197	476	0	163	30	3	4	17	5	9	87	1,82	2955

Tabl. XIV : composition chimique de la perle en variscite du site du Moustoir (56). Même légende que le tabl. III.

LE MOUSTOIR	REFERENTIEL		
		GA	-
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		B	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

LE MOUSTOIR						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	1	1	1	indétermination
EN	1	1	1	1	1	
EB	0	1	0	1	0	
PL	1	1	1	1	1	
PA	0	1	0	1	0	

NOM DU SITE : Le Moustoir (Carnac, 56). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 1	Réponse non univoque : indétermination

Planche 12 : Même légende que planche 1 appliquée au site Le Moustoir (Carnac, 56).

2.14 Mane er Hroëck (Locmariaquer, 56) [tabl. XV], (fig. 12, pl. 13)

Cette tombe sous forme de ciste au sein d'un grand tumulus de type carnacéen était particulièrement riche en mobilier, y compris en parure de *callaïs*. En effet, 41 perles et 10 pendeloques ont été mises au jour pour ce site. 56 analyses PIXE ont été obtenues (tabl. XV et fig. 12). Le grand nombre d'analyses permet d'avoir une bonne représentativité de la source dont les objets sont issus et ainsi de déterminer, avec une meilleure probabilité, la provenance des éléments de parure. C'est le cas des objets du Mané er Hroëck pour lesquels l'ensemble des paramètres géochimiques sont cohérents avec une provenance de la variscite d'Encinasola. On notera en particulier le rapport Cr/V proche de 1 et les fortes teneurs en As qui sont caractéristiques de ce dernier gisement. Les perles et pendeloques découvertes au Mané er Hroëck ont donc été confectionnées avec de la variscite provenant **d'Encinasola**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Mane er Hroëck	51	56	**min**	2337	0	189114	0	230631	410	0	205	528	475	0	6205	0
			max	9868	4373	215946	6907	246339	2444	4162	4759	4318	4191	42	49803	38
			X	6323	2675	207167	233	241258	1148	917	1225	1453	1642	2	20920	9
			σ	1601	807	5086	1135	3542	448	840	846	692	747	8	9439	9
			δ%	25	30	2	486	1	39	92	69	48	45	371	45	104

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	17	16	16	100	0	0	0	0	0	0	2	3	70	0,16	1309
max	44	199	206	561	2341	8	3328	108	235	13	32	26	18	95	2,97	6932
X	8	74	82	110	824	2	66	9	35	2	12	7	7	86	1,27	3095
σ	8	48	36	119	428	2	444	15	44	4	8	4	3	7	0,55	1191
δ%	101	65	44	108	52	150	677	159	126	180	64	64	47	8	43,26	38

Tabl. XV : composition chimique des objets en variscite du site de Mane er Hroëck (56). Même légende que le tabl. III.

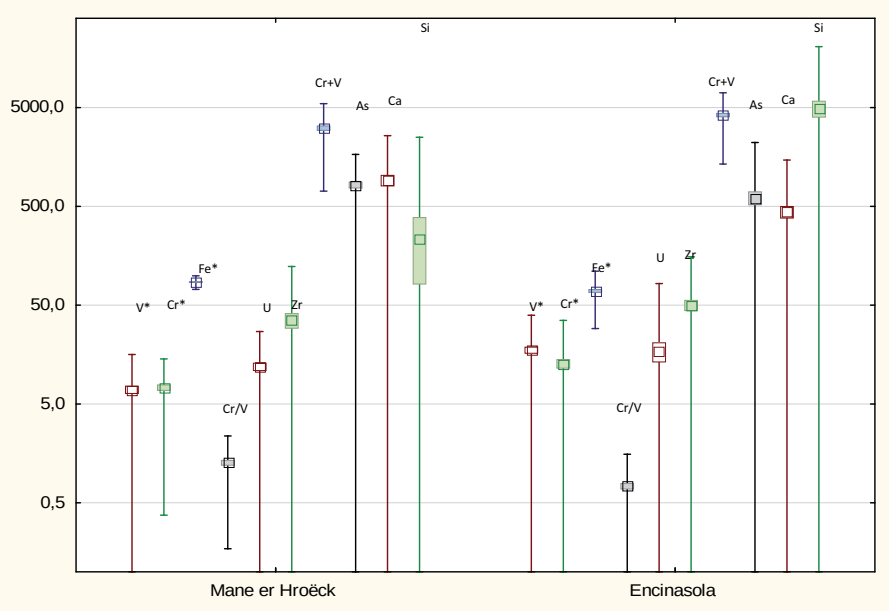
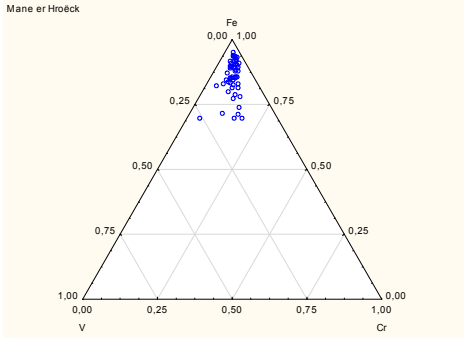
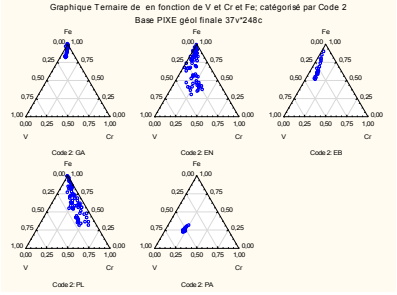
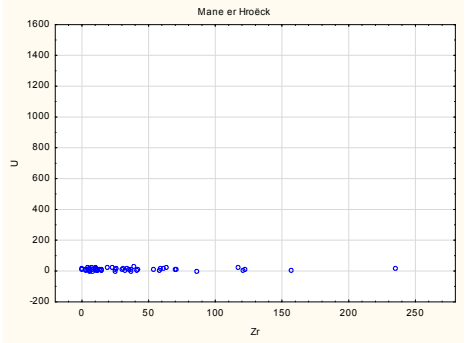
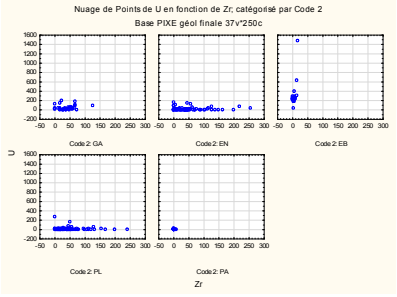
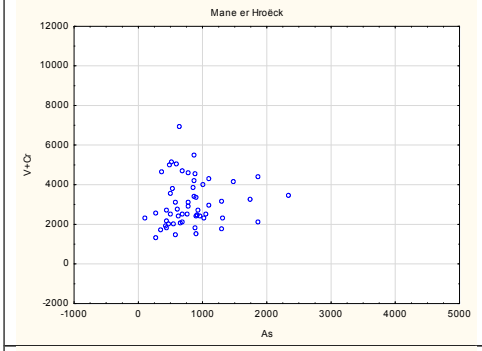
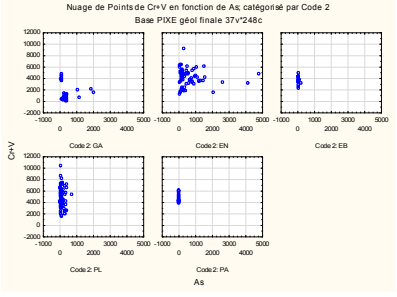
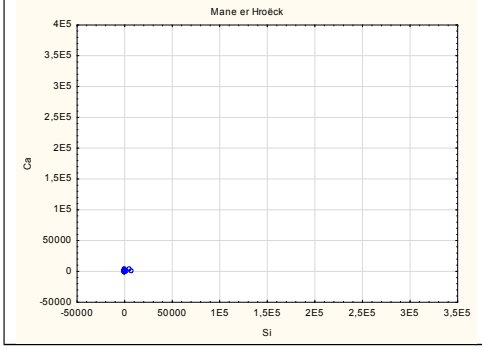
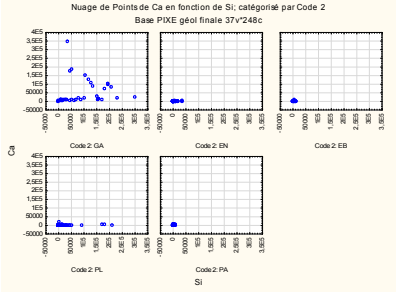


Fig. 12 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Mane er Hroëck (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

MANE ER HROËCK	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

MANE ER HROËCK						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	0	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : Mane er Hroëck (Locmariaquer, 56). Nombre d'objets total : 51 Nombre d'analyses : 56	Réponse univoque : Encinasola

Planche 13 : Même légende que planche 1 appliquée au site Mane er Hroëck (Locmariaquer, 56).

2.15 Mane Lud (Locmariaquer, 56) [tabl. XVI], (fig. 13, pl. 14)

Les analyses ont porté sur la totalité des 28 objets, une pendeloque et 27 perles en *callaïs* découvertes dans la tombe à couloir du Mané Lud. Au total, 29 analyses ont été obtenues (tabl. XVI et fig. 13). Lors des analyses sur AGLAE, une des perles s'est révélée être non pas en variscite mais en turquoise (inventaire musée de Préhistoire de Carnac : Mané Lud R82.9.17.13). Tous les autres objets sont en variscite.

La turquoise a la faculté de se modifier sous l'impact du faisceau de protons lors de l'analyse PIXE. Cela se traduit par un très léger brunissement sur le point d'impact et un taux de comptage extrêmement élevé pour le détecteur de rayons X haute énergie, du fait de la présence en grande quantité de cuivre, ce qui n'est pas le cas de la variscite qui, elle, ne change pas de couleur sous l'impact du faisceau et ne contient que des traces de cuivre. Pour la turquoise, les deux phénomènes sont détectés visuellement dans les premières fractions de seconde de l'analyse, le faisceau est immédiatement stoppé pour préserver l'objet. Par voie de conséquence, nous ne disposons pas de suffisamment de statistique pour déterminer la composition de la pierre en éléments traces, mais suffisamment pour confirmer sa nature. De toute manière, les analyses chimiques élémentaires de la turquoise ne sont pas suffisantes pour en déterminer la provenance comme l'ont montré de nombreux travaux sur ce matériau et il est nécessaire de procéder à des analyses isotopiques du plomb et du strontium par exemple (Thibodeau *et al.*, 2015) en utilisant des techniques de spectrométrie de masse nécessitant des prélèvements, ce qui n'était pas possible pour cette étude.

Du point de vue historique, la présence de turquoise dans la parure néolithique de l'ouest de la France est une nouvelle donnée qui n'avait pas encore été mise en évidence. En fait, pour le site du Mané Lud, la couleur de la perle en turquoise apparaît légèrement différente, un peu plus bleue, de celles des perles et pendeloques en variscite. Les deux types de minéraux pouvant être cogénétiques et associés dans les gisements, il est probable que les Néolithiques qui ont collectés la matière première sur le site d'extraction n'ont pas fait de différence entre les différentes variétés minéralogiques. Seule la couleur et la finesse des pierres leur importaient.

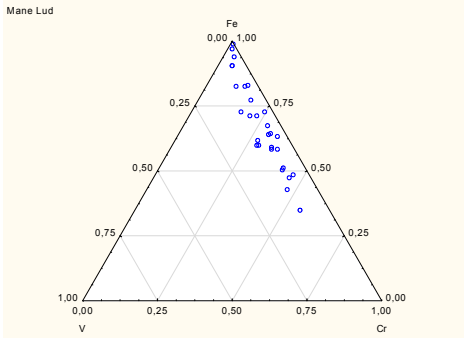
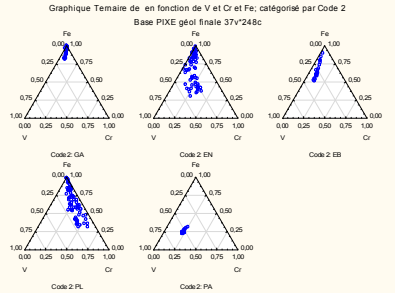
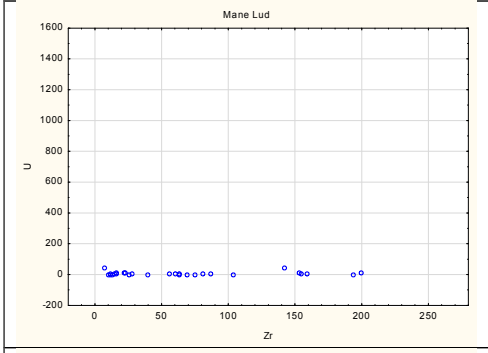
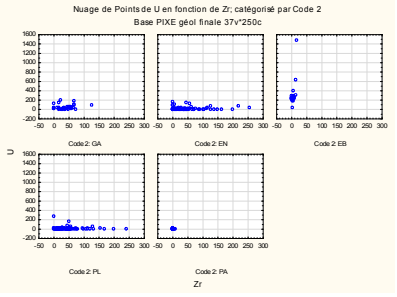
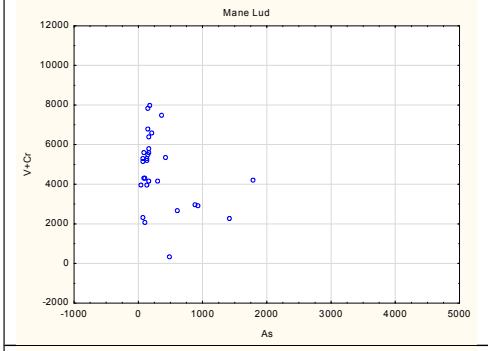
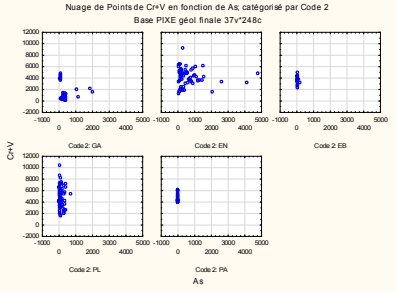
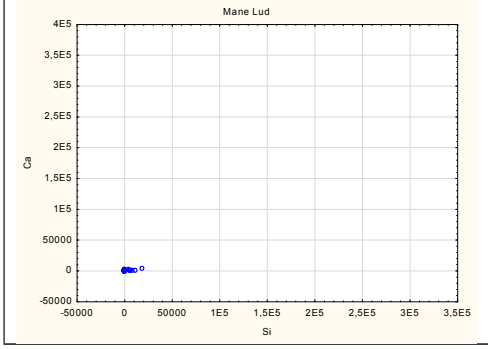
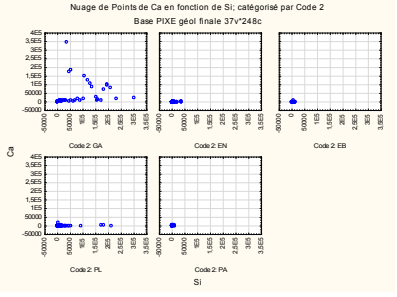
Les analyses des 27 objets en variscite replacées dans le modèle chimiométrique permettent d'attribuer la provenance de ces objets sans aucune ambiguïté au gisement de Palazuelo. Les critères déterminants sont les concentrations relatives en fer, vanadium et chrome tant dans leurs proportions relatives que dans leurs concentrations absolues ainsi que dans le rapport Cr/V particulièrement élevé, $Cr/V_{\text{Mané Lud}}$ = 4,25 +/-2,45, proche de celui de Palazuelo ($Cr/V_{\text{Palazuelo}}$ = 5,08 +/-6,48) alors que pour Encinasola le rapport est inférieur à 1 ($Cr/V_{\text{Encinasola}}$ = 0,74 +/-0,41).

Les perles et la pendeloque en variscite du Mané Lud proviennent fort probablement du site de **Palazuelo**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Mane Lud	27	28	**min**	1687	1365	169310	0	226280	301	137	586	648	1266	0	3436	0
			max	7944	2742	209117	18704	256911	8780	4227	4437	2218	7009	32	85064	17
			X	4354	2021	198816	2058	249373	1578	1077	1574	1035	3831	6	15301	4
			σ	1706	408	7365	4364	7223	1529	933	893	399	1682	10	16487	5
			δ%	39	20	4	212	3	97	87	57	39	44	165	108	126

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	11	32	39	47	0	0	0	10	0	0	2	2	35	1,02	2069
max	22	213	503	393	1793	89	59	17	333	11	43	12	55	97	9,79	7988
X	4	59	180	159	329	7	10	3	80	2	5	7	26	67	4,25	4866
σ	5	44	99	97	428	18	14	4	77	3	8	3	14	16	2,45	1661
δ%	135	74	55	61	130	264	140	149	97	133	175	43	55	24	57,55	34

Tabl. XVI : composition chimique des objets en variscite du site de Mane Lud (56). Même légende que le tabl. III.

MANE LUD	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

MANE LUD						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	0	0	
EN	0	1	1	1	0	
EB	0	0	0	1	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : Mané Lud (Locmariaquer, 56). Nombre d'objets total : 27 Nombre d'analyses : 28	Réponse univoque : Palazuelo

Planche 14 : Même légende que planche 1 appliquée au site Mane Lud (Locmariaquer, 56).

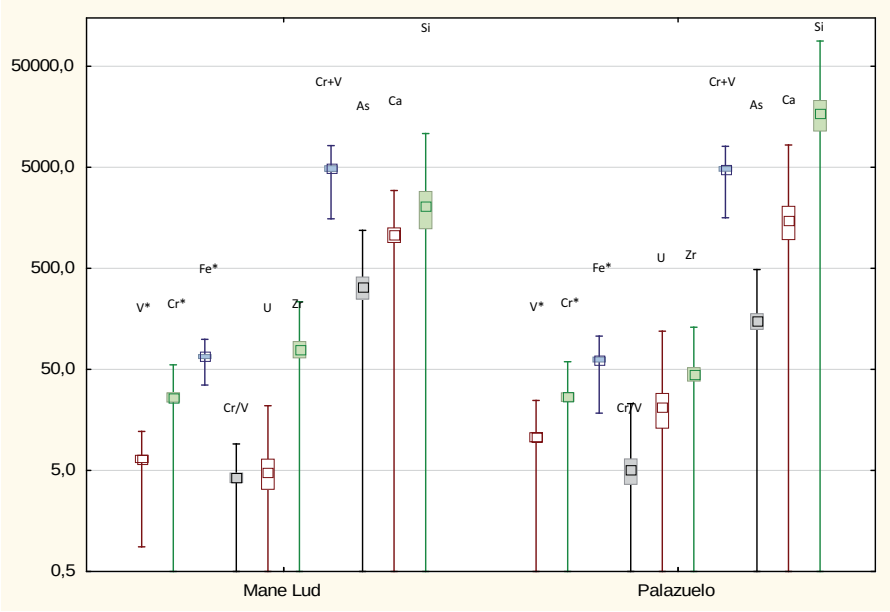


Fig. 13 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Mane Lud (56) avec celles du gisement de Palazuelo. Même légende que fig. 4.

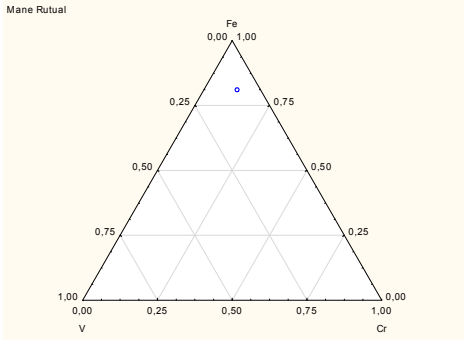
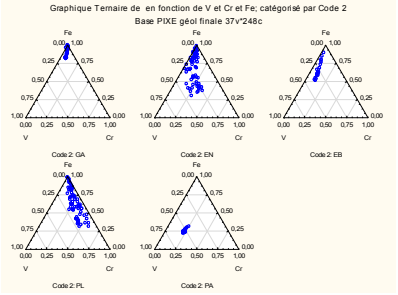
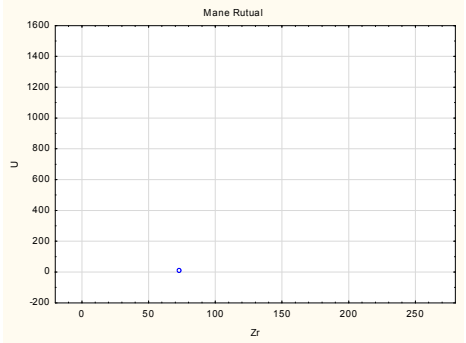
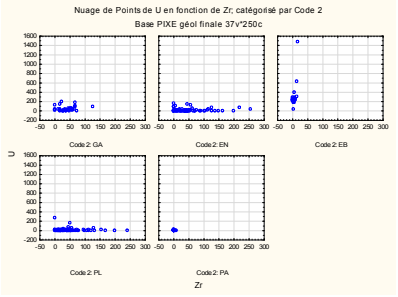
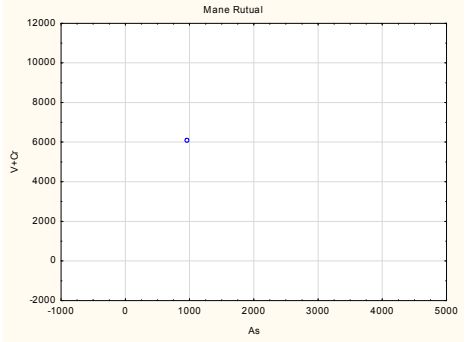
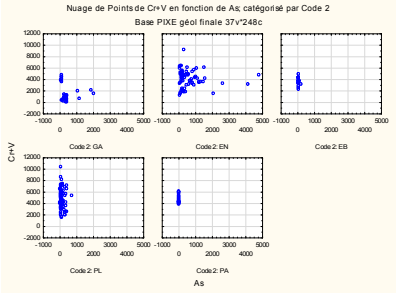
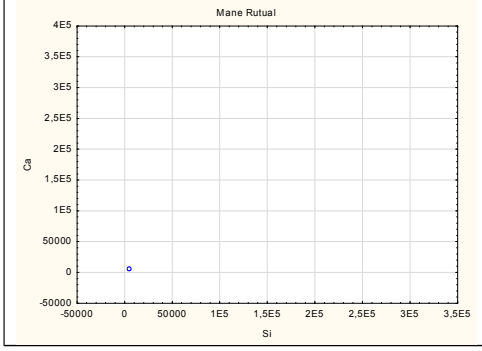
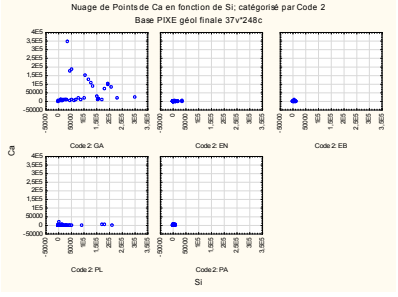
2.16 Mané Rutual (Locmariaquer, 56) [tabl. XVII], (fig. 14, pl. 15)

La tombe à couloir du Mané Rutual n'a fourni qu'une seule perle en *callaïs*. Son analyse chimique ne correspond aux échantillons ni de Pannecé, ni de El Bostal, ni de Gavà (tabl. XVII et fig. 14). Le rapport Cr/V est petit (1,38) et compatible avec le gisement d'Encinasola. La teneur en arsenic est également assez élevée ($As_{Mané\ Rutual}$ = 950 ppm) ce qui correspond également au gisement d'Encinasola ($As_{Encinasola}$ = 620 ppm +/-800) alors qu'il est quasiment absent des variscites de Palazuelo ($As_{Palazuelo}$ = 142 ppm +/-130). Ainsi, la perle du Mané Rutual présente plutôt les caractéristiques chimiques des échantillons **d'Encinasola** d'où elle proviendrait plus probablement.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Mané Rutual	1	1	1597	1605	192292	5240	241622	1117	5171	2603	2555	3530	3	26288	0

Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
2	58	80	71	953	16	1815	40	73	0	12	8	11	81	1,38	6085

Tabl. XVII : composition chimique de la perle en variscite du site de Mané Rutual (56). Même légende que le tabl. III.

MANE RUTUAL	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

MANE RUTUAL						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	1	0	
PL	1	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : Mané Rutual (Locmariaquer, 56). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 1	Réponse univoque : Encinasola

Planche 15 : Même légende que planche 1 appliquée au site Mané Rutual (Locmariaquer, 56).

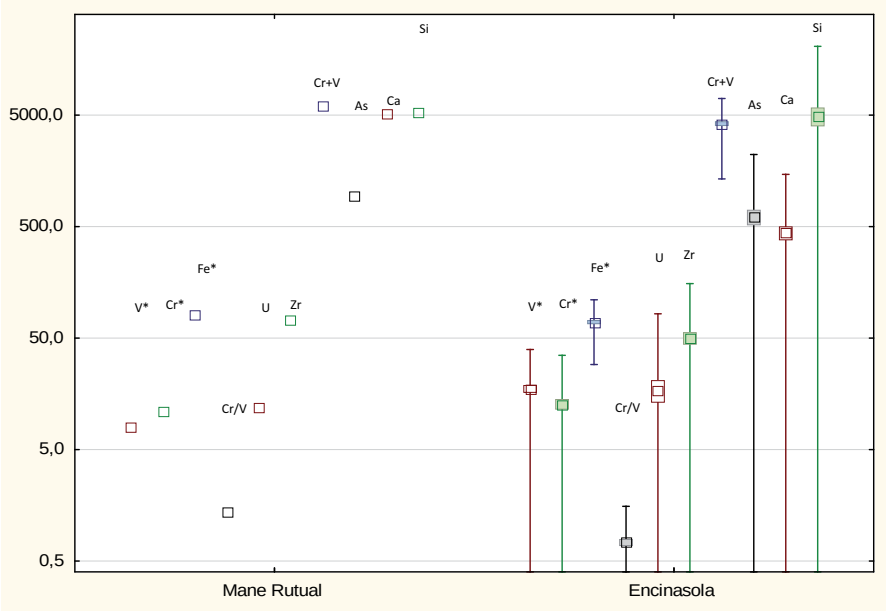
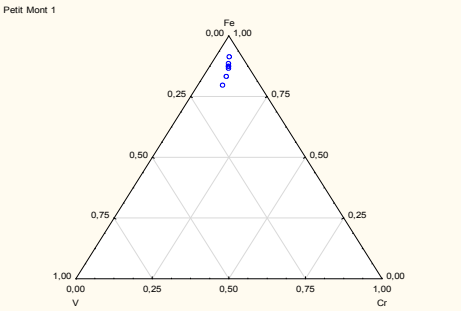
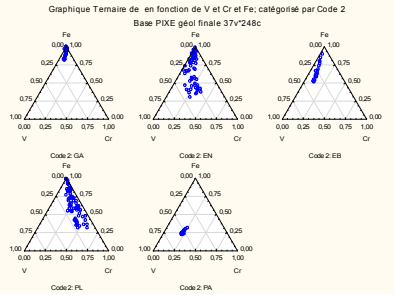
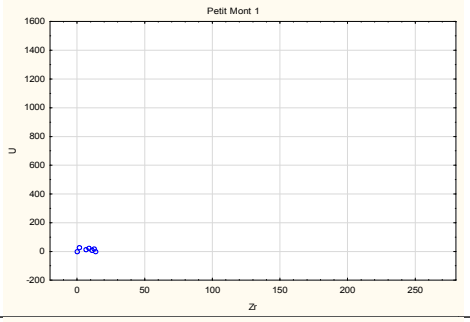
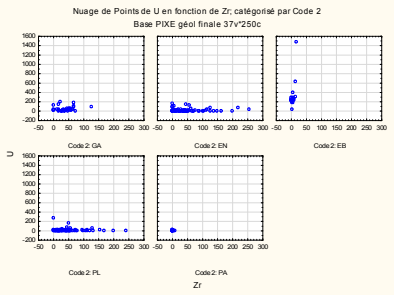
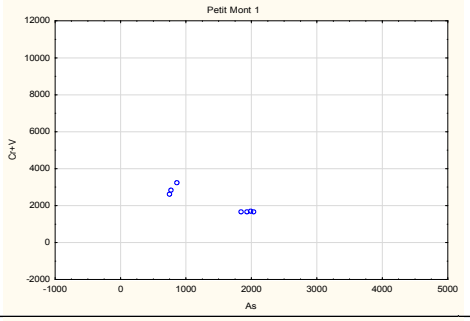
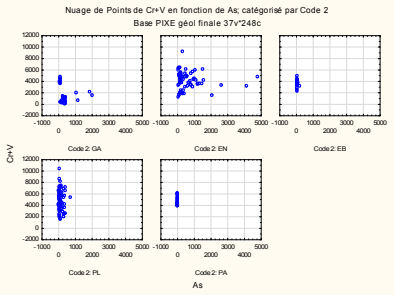
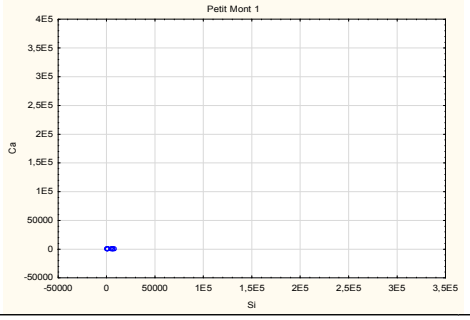
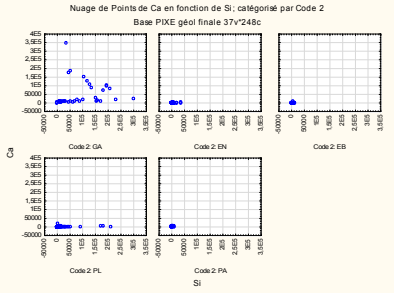


Figure 14 : Comparaison des compositions chimiques de la perle en variscite du site du Mane Rutual (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que figure 4.

2.17 Petit Mont (Arzon, 56) [tabl. XVIIIa et b], (fig. 15a et b, pl. 16 et 17)

Sur les 10 perles et la pendeloque provenant du Petit Mont signalées dans les publications (De Cussé, 1864 ; BSPM, 1866, p. 147 ; Lecornec, 1994), sept objets ont été analysés, la pendeloque et six perles, à partir desquels nous avons obtenus 19 analyses.

Le cas du Petit Mont est particulier dans le sens où l'on ne peut pas appliquer directement le modèle chimiométrique sur l'ensemble des analyses. En effet, deux groupes d'objets se distinguent au sein de l'ensemble en fonction de leurs compositions chimiques. Ces deux groupes sont particulièrement bien visibles dans le diagramme As versus (V+Cr) et, dans une moindre mesure, dans le diagramme ternaire V*-Cr*-Fe*. La distinction de deux types d'objets est confirmée par les fouilles anciennes et récentes, puisque la pendeloque a été découverte au contact du tumulus primaire et à l'extérieur de la tombe IIIA, et la plus grosse perle fut découverte dans les pierres du cairn et donc à l'extérieur de la chambre (Lecornec, 1988 ; rapport d'opération SRA Bretagne, p. 7). La pendeloque serait plus ancienne, datant du Néolithique moyen I, alors que 9 des 10 perles proviendraient de la tombe IIIA et dateraient ainsi du Néolithique moyen II (voir Cassen *et al*., ce volume). Les analyses confirment donc l'existence de

LE PETIT MONT 1	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	0
		PA	1
		D	

LE PETIT MONT 1						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	1	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	1	0	
PL	0	1	0	0		
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : LE PETIT MONT 1 Nombre d'objets total : 2 Nombre d'analyses : 7	Réponse univoque : Encinasola.

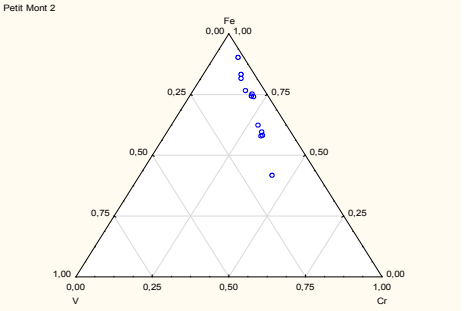
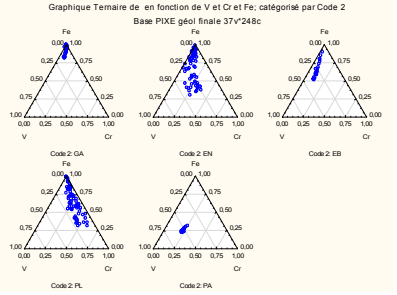
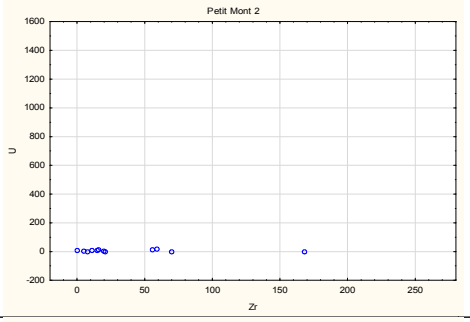
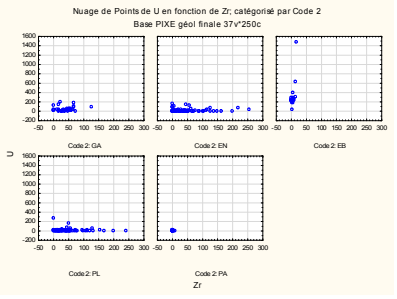
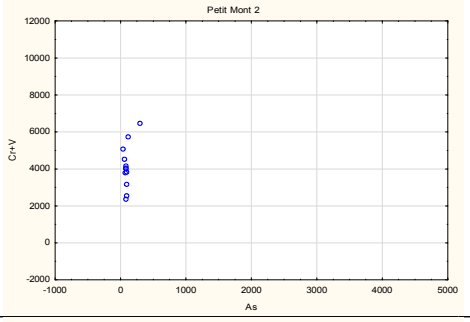
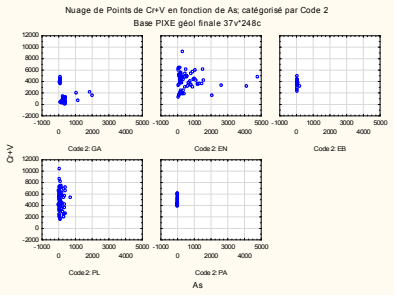
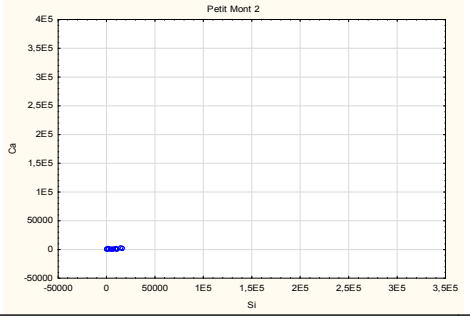
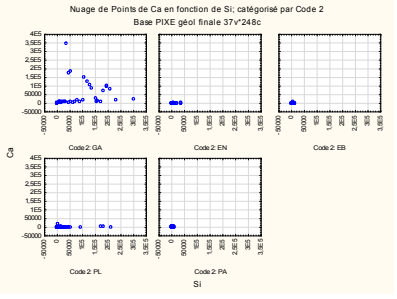
Planche 16 : Même légende que planche 1 appliquée au site Petit Mont (Arzon, 56).

deux groupes chronologiques ayant des compositions différentes et, éventuellement, deux sources de variscite. Toutefois, seule la pendeloque correspondrait à la période d'occupation la plus ancienne. Or, les analyses montrent qu'une des perles, la plus grosse et la plus globuleuse, se rapproche du point de vue géochimique de la pendeloque plutôt que des autres perles ; sa position stratigraphique la mettant à l'écart des autres perles, elle pourrait, elle-aussi, renvoyer à une phase antérieure au fonctionnement sépulcral de la chambre III. Nous avons donc utilisé le modèle chimiométrique sur chacun des groupes géochimiques pour en déterminer la provenance.

Le premier groupe composé de la pendeloque et de la perle sphérique présente les caractéristiques des échantillons d'Encinasola (tabl. XVIIIa et fig. 15a). Le rapport Cr/V est de 0,68 pour la pendeloque et de 1,07 pour la perle, les teneurs en arsenic sont élevées comme pour Encinasola, 750ppm et plus de 2000ppm. La pendeloque est attribuée au Néolithique moyen I et serait donc, avec la plus grosse perle, les objets en variscite les plus anciens du monument. Elles proviendraient du gisement d'Encinasola.

Le second groupe d'objets en variscite découverts au Petit Mont est composé de cinq perles (tabl. XVIIIb et fig. 15b). Ces objets présentent toutes les caractéristiques chimiques des variscites provenant du gisement de Palazuelo. Le rapport Cr/V est élevé : (Cr/V = 3,29 +/-0,6) et les teneurs As relativement basses (As = 100+/-70 ppm). Ce deuxième groupe d'objets en variscite correspond au Néolithique moyen II et serait donc plus récent que les objets du premier groupe.

Ainsi, les analyses des huit objets en variscite du Petit Mont correspondent à deux provenances différentes, l'une **d'Encinasola** pour les objets du Néolithique moyen I, l'autre de **Palazuelo** pour les objets du Néolithique moyen II.

LE PETIT MONT 2	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

LE PETIT MONT 2						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	1	1	0	
EN	0	1	1	1	0	
EB	0	0	0	1	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : LE PETIT MONT Nombre d'objets total : 4 Nombre d'analyses : 12	Réponse univoque : Palazuelo.

Planche 17 : Même légende que planche 1 appliquée au site Petit Mont (Arzon, 56).

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Petit Mont 1	2	7	**min**	416	713	195361	552	253167	350	229	286	800	809	0	11050	0
			max	1776	1808	200003	7638	259010	810	693	661	1924	1310	50	20285	12
			X	876	1148	198084	4015	256142	509	345	429	1176	1018	13	14125	3
			σ	469	469	1798	3037	2314	156	178	135	446	243	18	3454	5
			δ%	54	41	1	76	1	31	52	31	38	24	141	24	146

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	18	15	30	750	0	0	0	0	0	0	4	4	80	0,68	1652
max	14	42	30	80	2032	14	9	7	14	11	28	12	8	91	1,07	3234
X	3	27	20	48	1457	3	5	3	8	3	13	7	6	86	0,9	2194
σ	5	10	5	18	621	5	4	3	5	5	11	3	1	4	0,12	681
δ%	169	36	25	37	43	189	73	91	67	132	85	35	19	4	13,8	31

Tabl.XVIIIa : composition chimique des objets en variscite du groupe 1 du site de Petit Mont (56). Même légende que le tabl. III.

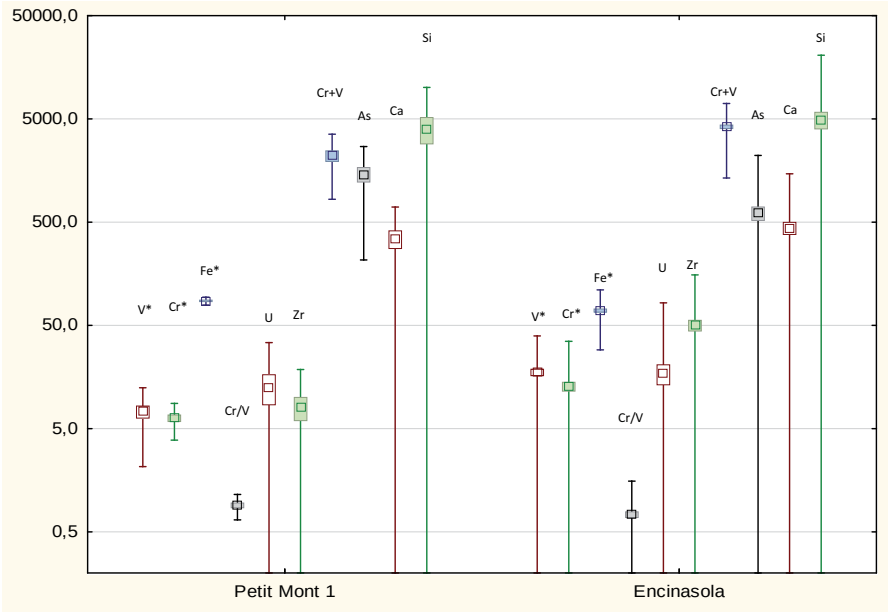


Fig. 15a : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site du Petit Mont 1 (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Petit Mont 2	4	12	min	268	0	184372	0	229861	426	194	365	453	1916	0	3639	0
			max	2608	1953	219585	16540	258542	4411	3264	4499	1356	5172	17	59151	16
			X	992	1160	196275	6890	251007	2197	967	1235	991	3149	2	13708	8
			σ	675	551	8519	5597	7708	1264	974	1102	309	925	5	15190	5
			δ%	68	48	4	81	3	58	101	89	31	29	268	111	70

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	13	4	70	40	0	0	0	0	0	0	2	8	42	2,53	2369
max	10	471	138	262	297	6	10	11	168	7	16	15	43	90	4,23	6454
X	2	69	24	125	99	1	3	3	37	1	5	7	23	70	3,29	4140
σ	3	127	38	56	65	2	3	3	47	2	5	4	10	14	0,6	1199
δ%	156	186	159	45	66	174	87	121	126	346	100	50	44	20	18,12	29

Tabl. XVIIIb : composition chimique des objets en variscite du groupe 2 du site de Petit Mont (56). Même légende que le tabl. 3.

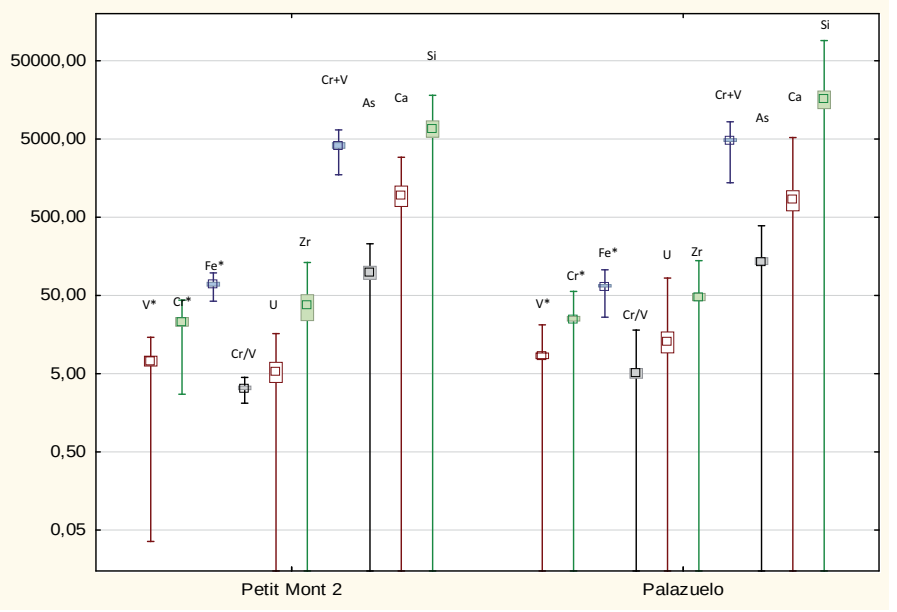


Fig. 15b : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site du Petit Mont 2 (56) avec celles du gisement de Palazuelo. Même légende que fig. 4.

2.18 Roh Vras (Saint-Philibert, 56) [tabl. IXX], (fig. 16, pl. 18)

Nous ne disposons pour la tombe à couloir de Roh Vras que d'une seule analyse sur une unique perle en variscite (tabl. IXX et fig. 16). Lorsque l'on applique le modèle chimiométrique à l'analyse de cette perle, les deux paramètres discriminants sont les proportions relatives V*-Cr*-Fe* ainsi que le rapport Cr/V. Ce dernier est particulièrement élevé (Cr/V = 6,93), compatible avec une variscite originaire de Palazuelo et uniquement ce site sachant que les autres critères du modèle sont ubiquistes. C'est donc plutôt une provenance de **Palazuelo** qui peut être proposée pour cette perle.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Roh Vras	1	1	3060	323	182615	7770	228498	1445	825	3606	661	4583	0	63775	0

Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
0	380	113	341	115	26	23	0	83	3	0	1	7	92	6,93	5244

Tabl. IXX : composition chimique de la perle en variscite du site de Roh Vras (56). Même légende que le tabl. III.

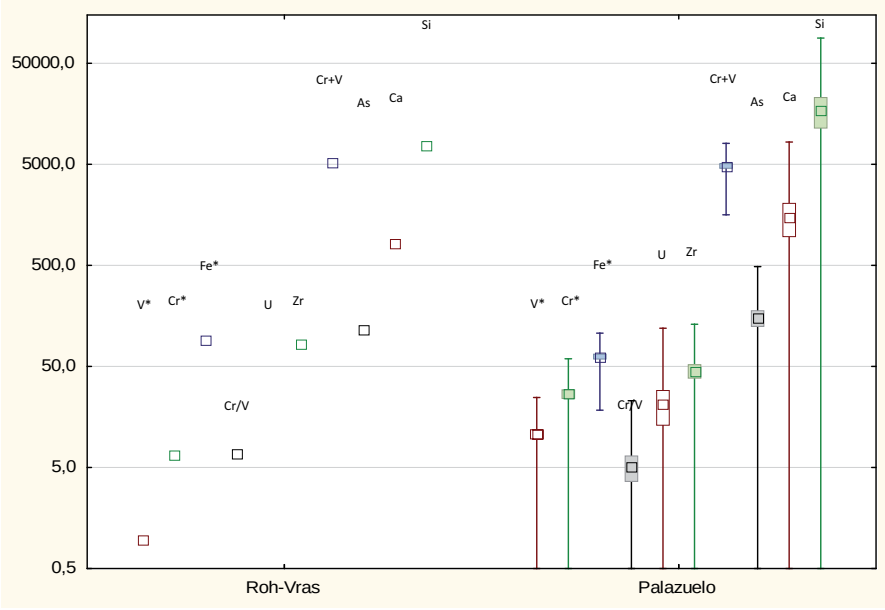
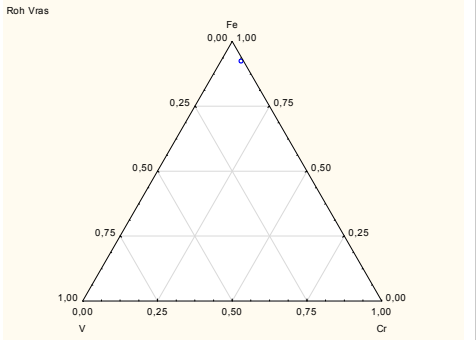
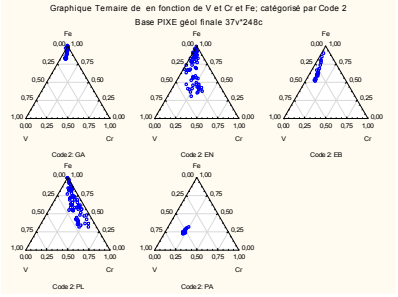
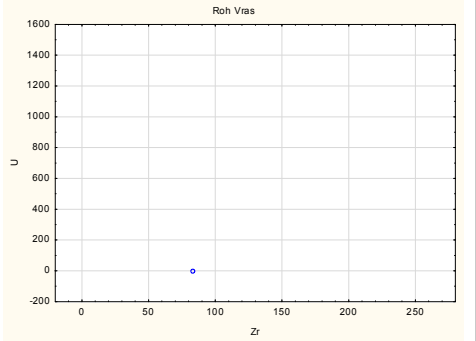
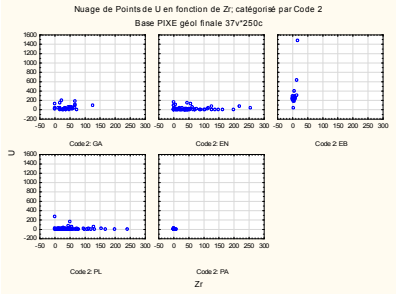
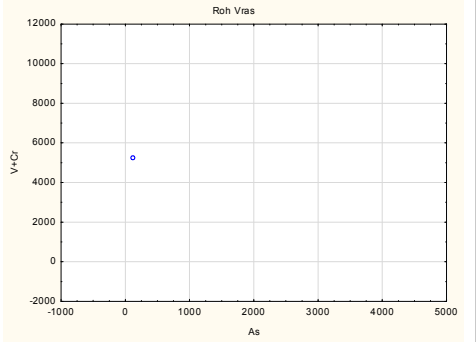
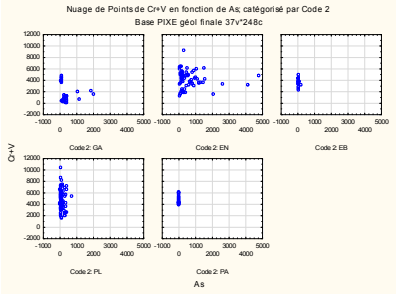
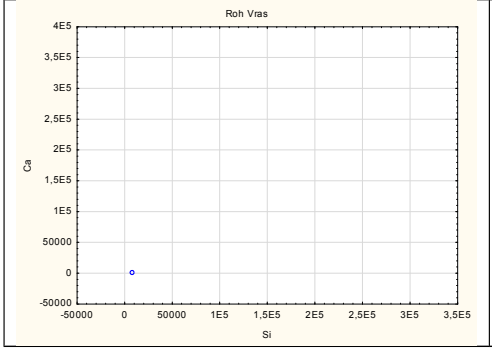
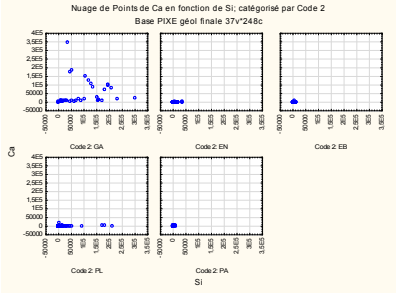


Fig. 16 : Comparaison des compositions chimiques de la perle en variscite du site de Roh Vras (56) avec celles du gisement de Palazuelo. Même légende que fig. 4.

2.19 Tumulus Saint-Michel (Carnac, 56) [tabl. XX], (fig. 17, pl. 19)

Comme les autres grands tumulus de type carnacéen, la ciste centrale du tumulus Saint-Michel était particulièrement riche en perles de *callaïs* puisque 138 objets y ont été découverts lors des anciennes fouilles : 11 pendeloques et 127 perles.

ROH VRAS	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

ROH VRAS						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	1	1	0	
EN	0	1	1	1	0	
EB	0	0	1	1	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	1	1	0	

NOM DU SITE : Roh Vras (Île-aux-Moines, 56). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 1	Réponse univoque : Palazuelo

Planche 18 : Même légende que planche 1 appliquée au site Roh Vras (Île-aux-Moines, 56).

Une des perles (inventaire IM 0816-48) apparaissant faite dans une matière verte mais légèrement plus translucide et plus foncée que la variscite s'est avérée être exclusivement en silice (SiO_2 = 94,3 %). Il s'agit probablement d'agate, une forme de silice pouvant prendre différentes couleurs dont le vert. Les traces de fer, sans doute sous sa forme réduite (Fe = 812ppm), et de cuivre (Cu = 84ppm) pourraient expliquer la coloration de cette pierre.
Deux autres perles (inventaire R82.15.53.14 et IM 0816-52) se sont révélées être en turquoise avec des teneurs en aluminium, phosphore et cuivre élevées. Comme dans le cas du Mané Lud, la couleur de ces deux pierres est proche des perles et pendeloques qui leur sont associées.
Les 11 pendeloques et les 124 perles restantes sont en variscite avec l'aluminium et le phosphore comme éléments majeurs (tabl. XX et fig. 17). Le grand nombre d'analyses permet d'avoir une très bonne statistique et d'utiliser le modèle chimiométrique dans la meilleure configuration possible. Tous les paramètres géochimiques sont compatibles avec une provenance de cet ensemble **d'Encinasola**. C'est donc fort probablement de cette source dont est issu l'ensemble des objets en variscite découvert dans la ciste centrale du tumulus Saint Michel à Carnac.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Tumulus St Michel	135	146	**min**	464	0	147867	0	203024	0	130	125	316	437	0	3668	0
			max	9961	2684	212860	43060	261572	15306	21682	3868	5922	7296	77	142907	125
			X	2569	676	196572	3428	246456	963	1011	1069	1136	1451	15	27144	17
			σ	1745	723	12092	6062	9531	1318	2107	630	777	847	18	25273	23
			δ%	68	107	6	177	4	137	208	59	68	58	118	93	131

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	6	21	11	35	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0,37	890
max	33	3122	845	754	2805	222	3404	59	224	9	195	29	40	99	4,39	10853
X	5	738	151	79	877	10	58	7	28	1	16	6	7	87	1,49	2587
σ	6	1068	128	100	532	26	303	7	36	2	24	5	5	9	0,68	1430
δ%	125	145	85	128	61	266	521	104	125	186	146	82	72	10	45,44	55

Tabl. XX : composition chimique des objets en variscite du site de Tumulus St Michel (56). Même légende que le tabl. III.

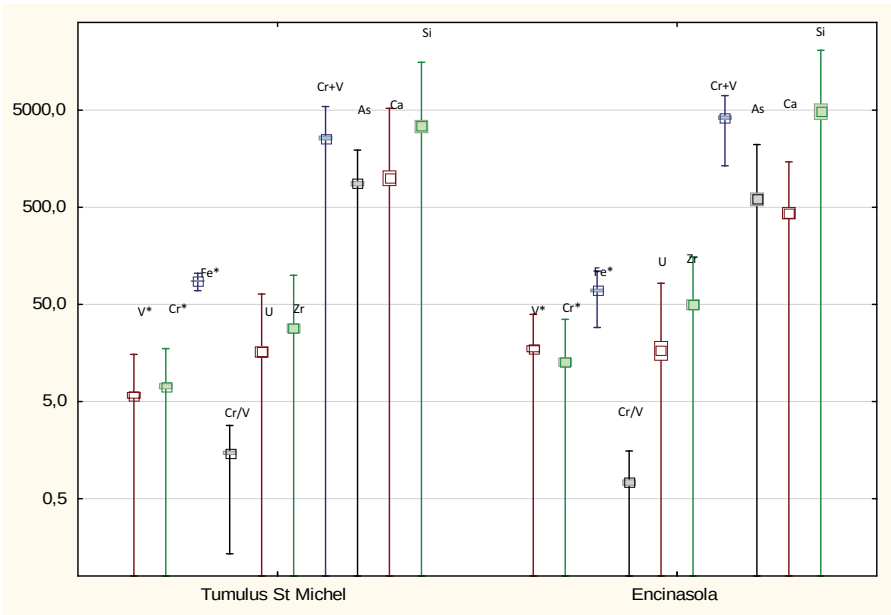
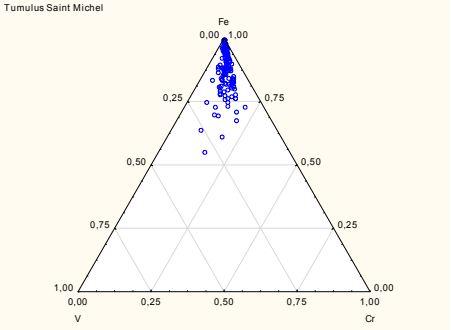
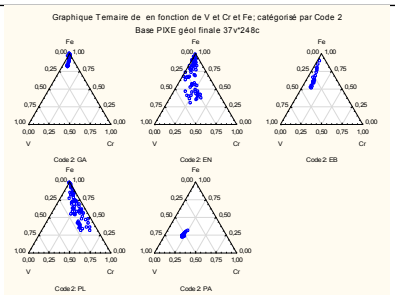
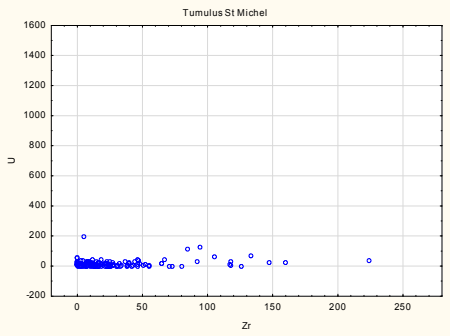
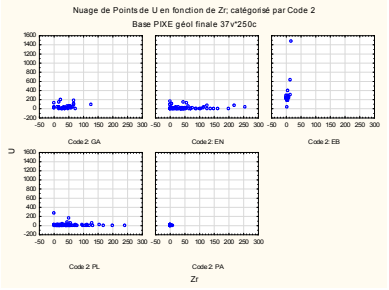
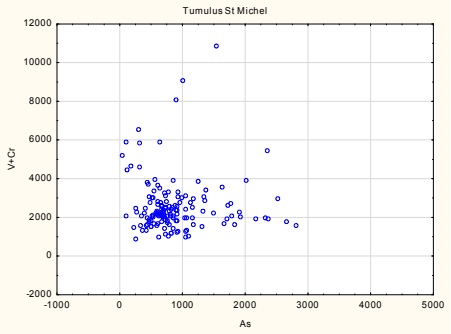
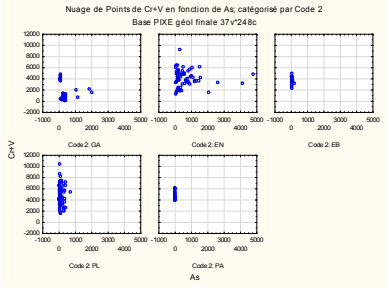
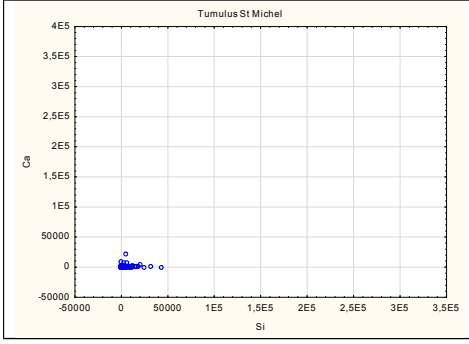
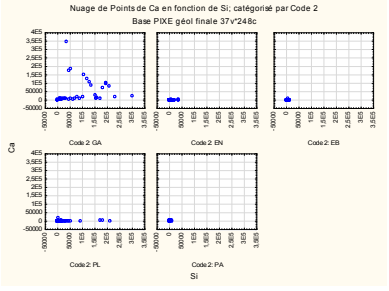


Fig. 17 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site du tumulus Saint-Michel (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

SAINT MICHEL	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
			A
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
			B
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
			C
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
			D

SAINT MICHEL						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	0	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : SAINT MICHEL Nombre d'objets total : 137 objets Nombre d'analyses : 146 analyses variscite (+2 turquoises et 1 agate)	Réponse univoque : Encinasola

Planche 19 : Même légende que planche 1 appliquée au site Tumulus Saint-Michel (Carnac, 56).

2.20 La Table des Marchands (sol enterré) (Locmariaquer, 56) [tabl. XXI], (fig. 18, pl. 20)

Plusieurs éléments de parure ont été découverts lors des fouilles récentes de la Table des Marchands qui ont déjà fait l'objet d'une publication (Querré, 2009). Une seule perle sub-sphérique en *callaïs* a été découverte dans le paléosol sur lequel a été érigé la tombe à couloir. La provenance proposée en 2009 était Encinasola. Cette détermination avait été établie sur la base d'un nombre plus réduit d'analyses des différentes sources potentielles. Si nous appliquons le modèle géochimique à partir des 7 points d'analyse PIXE obtenue sur cette grosse perle (tabl. XXI et fig. 18), la provenance d'Encinasola est confirmée avec un rapport Cr/V bas proche de 1 (Cr/V = 0,93 +/-0,22), des teneurs en As élevées associées à des concentrations en Cr et V élevées. Le gisement d'**Encinasola** comme site de provenance de la perle de la Table des Marchands est à nouveau confirmé par le modèle chimiométrique et la composition de la perle.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Table des Marchands	1	7	**min**	684	0	192718	0	254305	507	106	890	1017	957	4	7575	12
			max	2046	1032	197318	7699	260621	944	1771	2069	1609	1474	35	23448	40
			X	1058	655	194842	1794	258869	779	511	1375	1326	1209	22	15994	27
			σ	458	368	1860	2775	2243	183	566	417	197	208	11	5707	10
			δ%	43	56	1	155	1	24	111	30	15	17	50	36	38

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	4	3	30	47	517	0	0	2	0	0	0	6	5	78	0,79	2155
max	12	33	53	86	752	2	670	12	29	5	23	12	10	89	1,38	2964
X	7	18	42	66	631	0	97	6	15	1	11	8	7	85	0,93	2535
σ	4	13	9	12	86	1	253	3	13	2	9	3	3	5	0,22	318
δ%	55	71	22	19	14	265	260	58	83	265	78	33	36	6	23,4	13

Tabl. XXI : composition chimique des objets en variscite du site de la Table des Marchands (56). Même légende que le tabl. III.

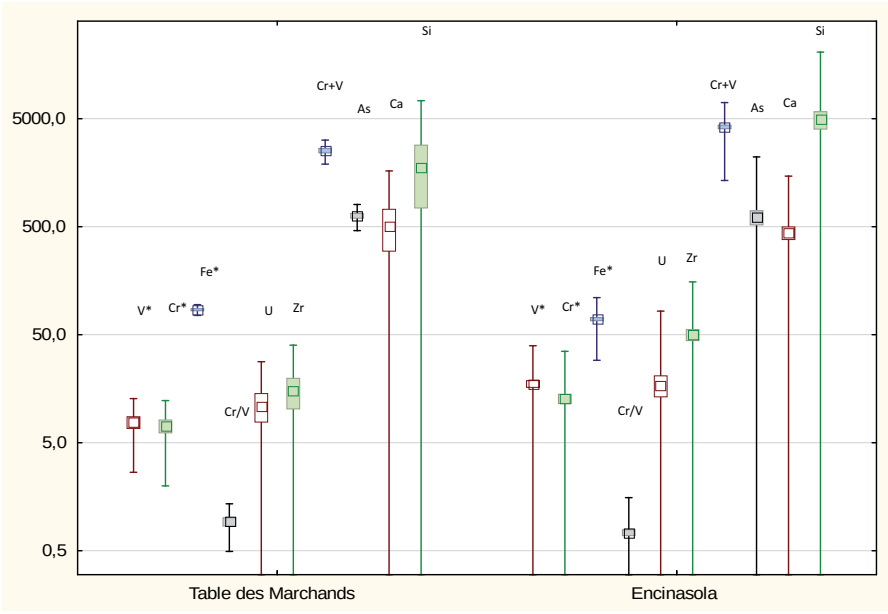


Fig. 18 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de la Table des Marchands (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

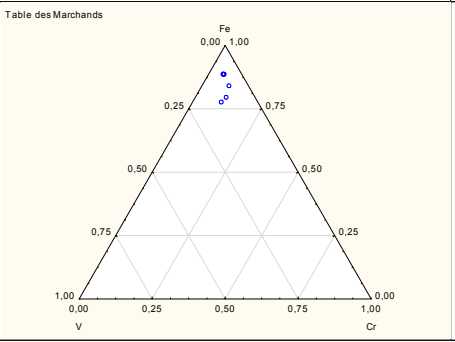
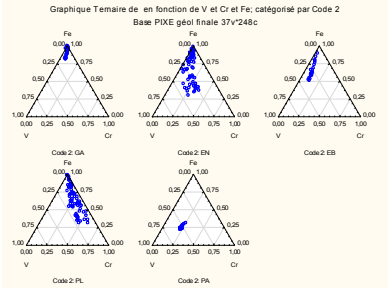
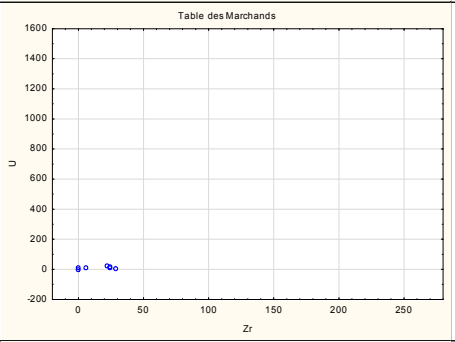
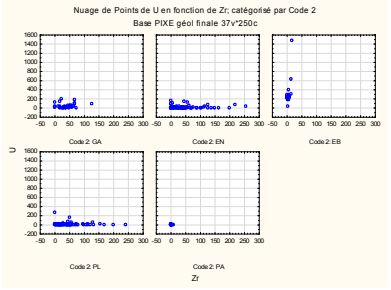
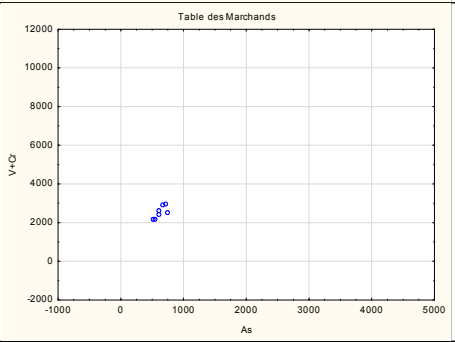
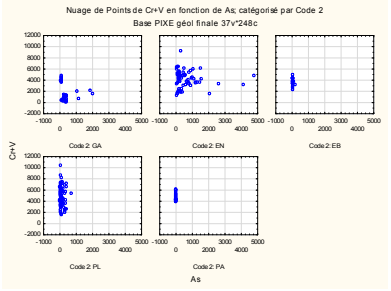
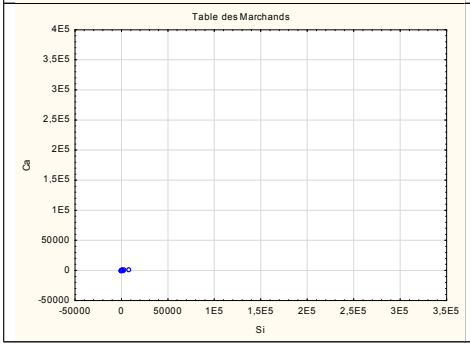
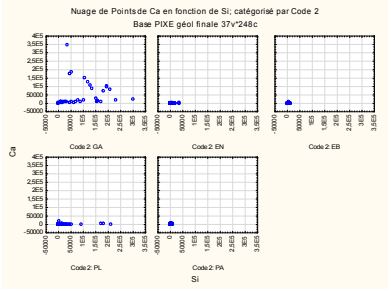
TABLE DES MARCHANDS	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

TABLE DES MARCHANDS						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	1	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : La Table-des-Marchands (sol enterré) (Locmariaquer, 56). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 7	Réponse univoque : Encinasola

Planche 20 : Même légende que planche 1 appliquée au site Table des Marchands (Locmariaquer, 56).

2.21 Tumiac (Arzon, 56) [tabl. XXII], (fig. 19, pl. 21)

Cette tombe en forme de ciste est la plus riche en éléments de parure en *callaïs* puisque 12 pendeloques et 240 perles y ont été découvertes. 260 analyses PIXE ont été faites sur ce remarquable ensemble (tabl. XXII et fig. 19). Avec un tel nombre d'analyses, la statistique est excellente, y compris pour le modèle chimiométrique. L'ensemble des points d'analyses se placent, dans les différents diagrammes, dans les mêmes zones que les échantillons d'Encinasola. Ce sont les mêmes concentrations en vanadium, chrome et fer avec les mêmes rapports de concentration. Les fortes concentrations en arsenic dans les perles et pendeloques (As = 0,1 % en moyenne et pouvant dépasser 0,5 %), sont particulièrement spécifiques du gisement d'Encinasola. C'est donc sans ambiguïté que l'on peut proposer comme source d'exploitation d'origine des bijoux déposés dans la ciste de Tumiac, **Encinasola**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Tumiac	254	260	**min**	0	0	153875	0	202534	0	0	106	387	436	0	4797	0
			max	13779	3562	221861	63125	261742	5759	97190	5160	4586	6081	439	88022	143
			X	2812	773	205669	1740	243303	1062	1810	1281	1693	2009	20	21739	27
			σ	1757	869	9754	6155	8240	850	6081	888	821	960	37	13212	27
			δ%	62	112	5	354	3	80	336	69	49	48	179	61	101

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	12	15	4	26	0	0	0	0	0	0	0	1	57	0,16	923
max	198	4626	1686	1031	5418	71	1003	39	299	31	94	28	30	99	3,9	10303
X	17	173	81	122	950	2	24	7	30	2	15	8	9	83	1,34	3703
σ	22	328	109	145	684	6	79	6	39	4	15	5	5	9	0,63	1508
δ%	128	189	134	119	72	273	324	93	132	185	96	60	54	11	47,15	41

Tabl. XXII : composition chimique des objets en variscite du site de Tumiac (56). Même légende que le tabl. III.

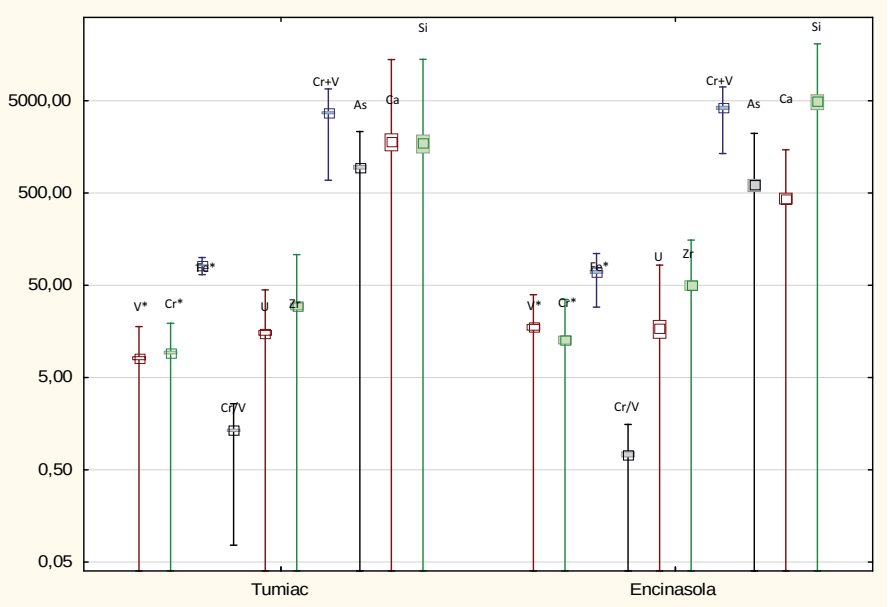
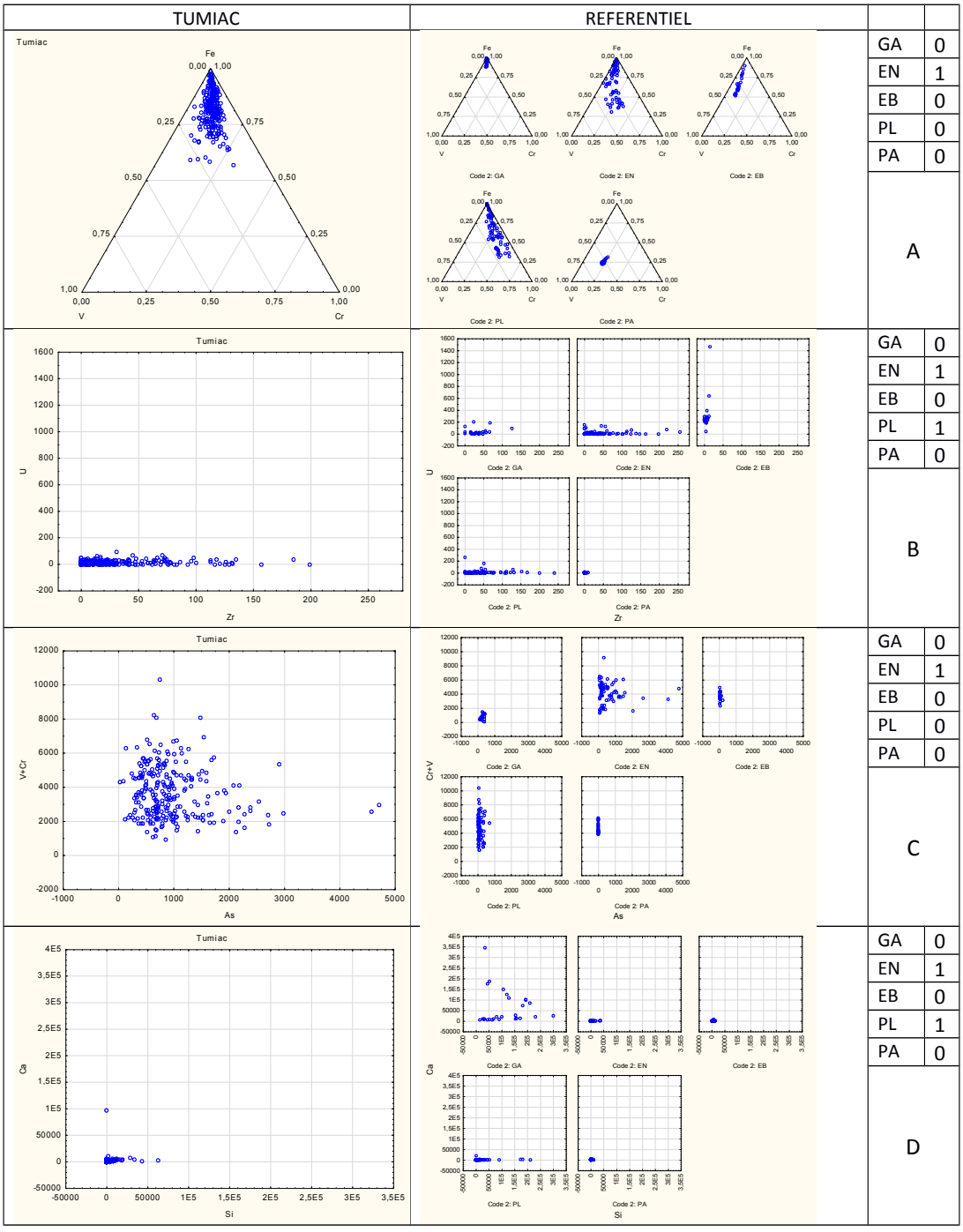


Fig. 19 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Tumiac (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.



TUMIAC						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	0	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	0	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Tumiac (Arzon, 56). Nombre d'objets total : 254 Nombre d'analyses : 260	Réponse univoque : Encinasola

Planche 21 : Même légende que planche 1 appliquée au site Tumiac (Arzon, 56).

2.22 Bougon (Deux-Sèvres, 79) [tabl. XXIII], (fig. 20, pl. 22)

Les quatre perles étudiées proviennent d'au moins deux tombes à couloir de la nécropole de Bougon. Les analyses ont déjà été publiées (Querré, 2003) mais lors de la rédaction de cet article, le programme *Callaïs* n'était qu'à ses prémices et nous ne disposions pas réellement d'une base de référence suffisante pour déterminer la provenance de ces perles avec une fiabilité suffisante (tabl . XXIII et fig. 20).
Les concentrations relatives en V, Cr et Fe sont celles correspondant aux variscites d'Encinasola. Le rapport Cr/V est proche de 1, caractéristique des échantillons provenant du sud de l'Espagne, comme leur dispersion avec une large gamme de concentration relative en Fe (Fe de 0,6 à 2,7 %). On remarquera également les teneurs en As, jusqu'à 0,1 %. C'est à nouveau le gisement **d'Encinasola** qui est proposé pour les 4 perles en variscite découvertes à Bougon.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Bougon	4	12	**min**	182	187	153356	2674	178076	727	4981	728	1665	2063	0	6238	15
			max	3606	6246	197555	100292	257427	9525	16485	2116	3381	3910	111	27721	40
			X	1897	1578	186219	21093	240421	2752	7911	1333	2537	3263	17	12439	24
			σ	1027	1973	14357	30298	24559	2593	4001	418	554	558	40	6513	6
			δ%	54	125	8	144	10	94	51	31	22	17	232	52	27

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	25	18	86	374	0	18	10	1	0	0	5	9	51	0,99	3929
max	25	62	123	205	1011	22	34	28	53	11	39	24	26	85	1,73	6874
X	11	40	47	135	574	6	26	18	18	3	5	16	20	65	1,32	5800
σ	9	12	37	39	237	7	5	6	20	3	11	7	6	13	0,25	990
δ%	82	31	79	29	41	111	21	35	110	116	211	43	32	20	19,16	17

Tabl. XXIII : composition chimique des objets en variscite du site de Bougon (79). Même légende que le tabl. III.

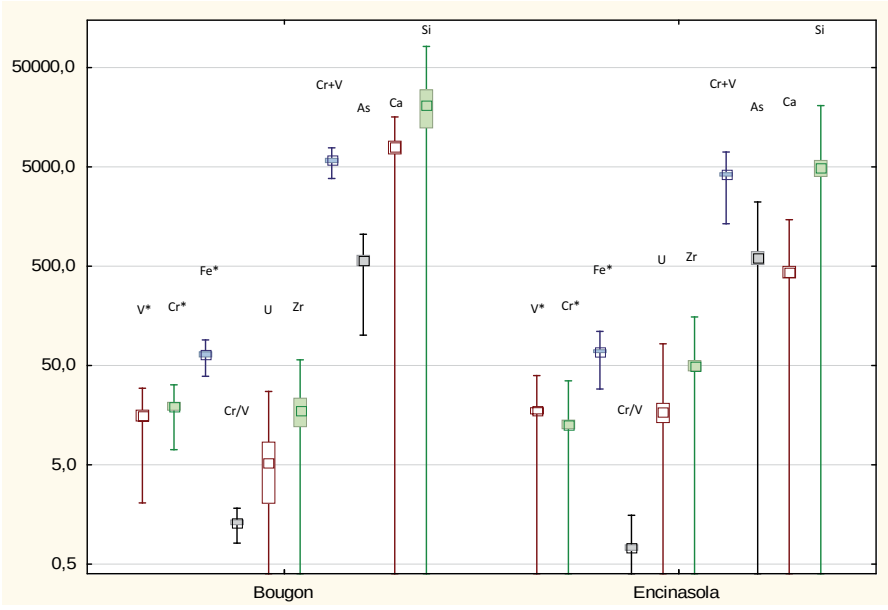
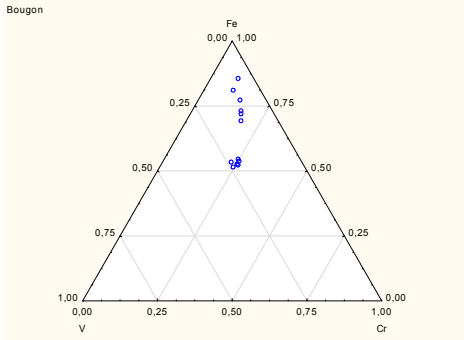
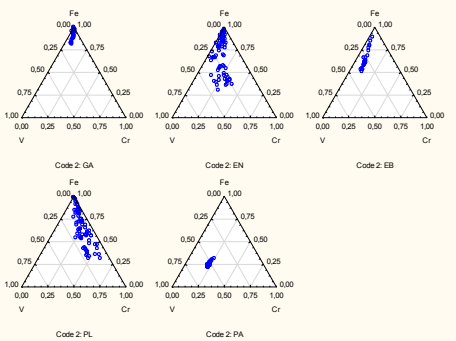
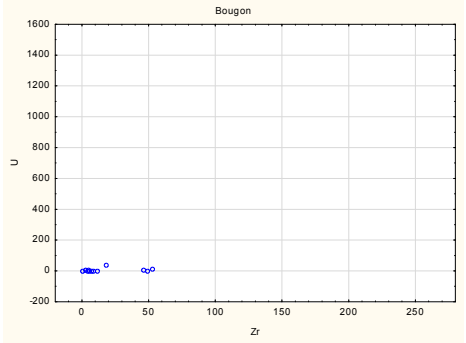
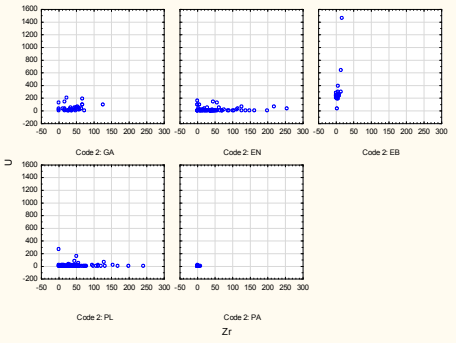
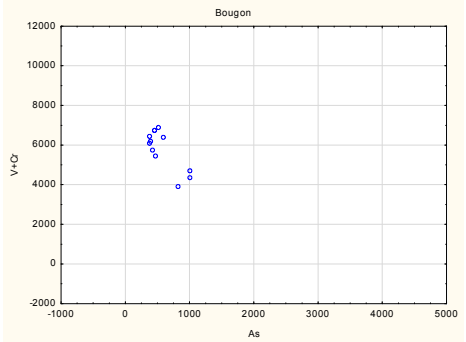
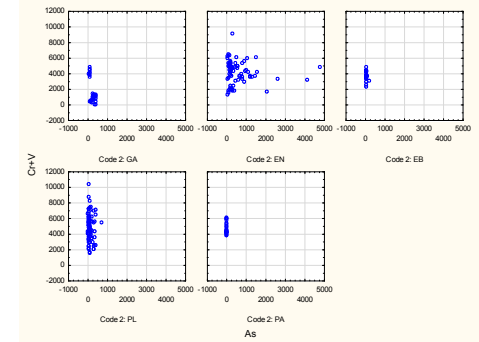
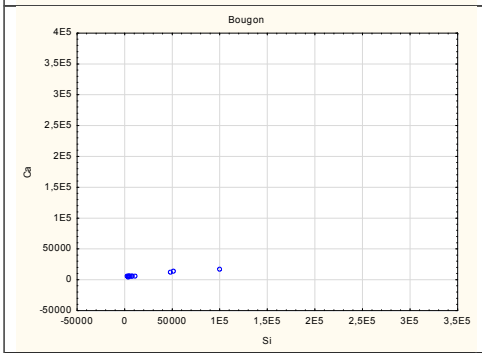
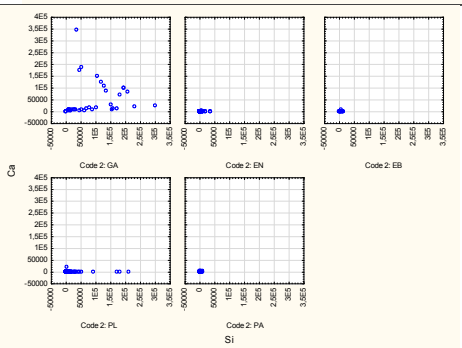


Fig. 20 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Bougon (79) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

BOUGON	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

BOUGON						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	0	0	
PL	0	1	1	1	0	
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Bougon (Deux-Sèvres). Nombre d'objets total : 4 Nombre d'analyses : 12	Réponse univoque : Encinasola

Planche 22 : Même légende que planche 1 appliquée au site Bougon (Bougon, 79).

2.23 Le Lazzaro (Colombelles, 14) [tabl. XXIV], (fig. 21, pl. 23)

C'est dans la structure 297 correspondant à une sépulture datée de l'étape finale du Rubané récent du Bassin parisien que cette unique perle en forme de crache de cerf a été découverte. Malgré le faible nombre d'analyses, trois pour un unique objet, la composition de la variscite est suffisamment caractéristique pour en déduire sa provenance probable, à savoir Encinasola. Le rapport Cr/V de 0,67 à 0,69 est proche des échantillons de la région d'Huelva ($Cr/V_{Encinasola}$ = 0,74 +/-0,41). Les teneurs en arsenic sont également assez élevées, supérieures à 500 ppm. C'est à nouveau à **Encinasola** que l'on peut attribuer la provenance de la perle de Lazzaro selon les critères géochimiques.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Lazarro	1	3	**min**	1740	604	196041	5633	245226	768	4778	944	1592	1053	0	15145	21
			max	1866	860	198151	7443	250372	1063	11807	1155	1656	1096	0	16806	30
			X	1788	726	197145	6777	248245	929	7215	1029	1614	1074	0	15863	24
			σ	68	128	1058	995	2686	149	3979	111	36	22	0	853	5
			δ%	4	18	1	15	1	16	55	11	2	2	-	5	22

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	9	16	10	67	529	0	16	19	0	0	0	8	6	85	0,65	2645
max	13	19	17	74	535	12	94	27	8	9	10	9	6	86	0,69	2730
X	11	18	13	71	533	5	49	23	3	3	6	9	6	85	0,67	2688
σ	2	2	4	4	3	6	41	4	5	5	6	0	0	1	0,02	43
δ%	18	9	28	5	1	115	83	17	173	173	87	5	3	1	2,99	2

Tabl. XXIV : composition chimique des objets en variscite du site du Lazzaro (14). Même légende que le tabl. III.

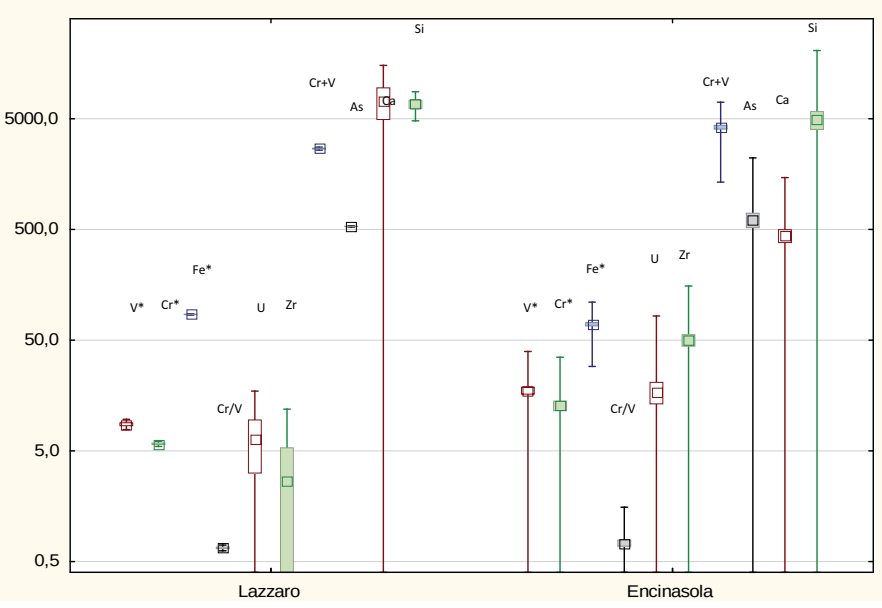
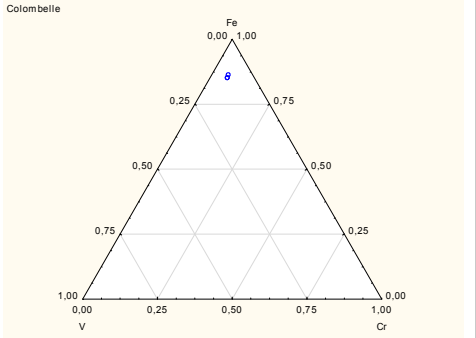
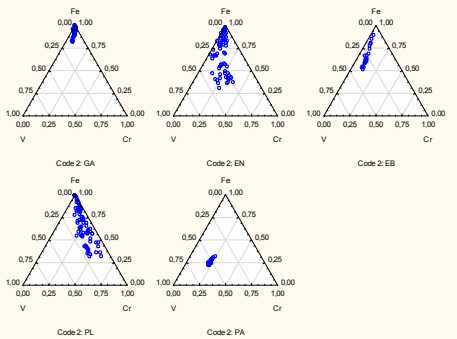
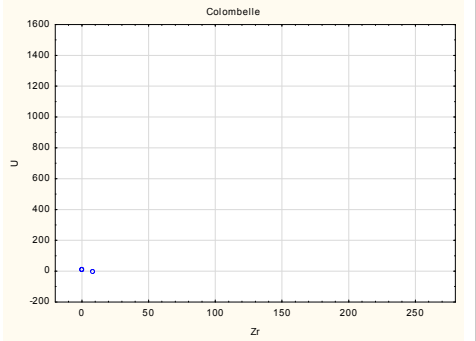
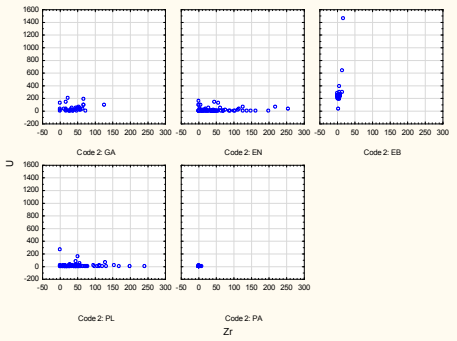
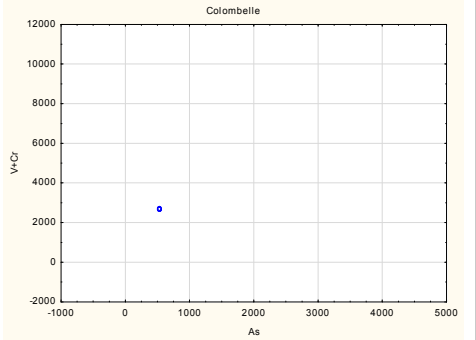
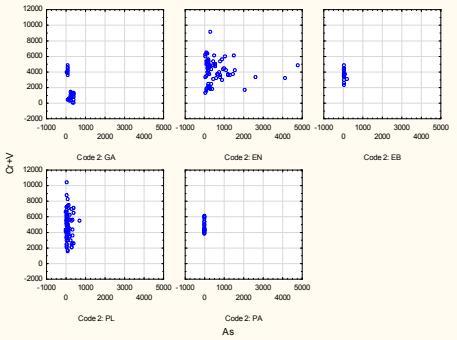
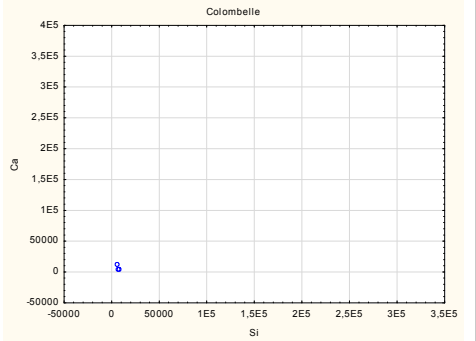
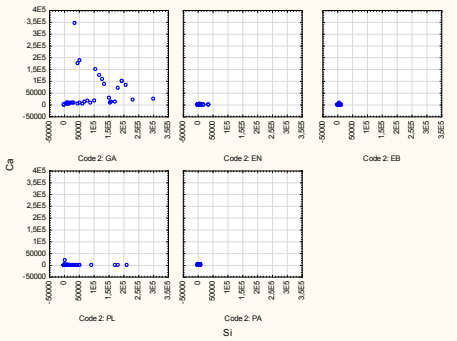


Fig. 21 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du Lazzaro (14) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

LAZZARO	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	1
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

LAZZARO						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	1	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	1	0	1	0	

NOM DU SITE : Lazzaro (Colombelles, 14). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 3	Réponse univoque : Encinasola

Planche 23 : Même légende que planche 1 appliquée au site Le Lazzaro (Colombelles, 14).

2.24 Les Monts (Plichancourt, 51) [tabl. XXV], (fig. 22, pl. 24)

La similitude entre ce site et le précédent est grande puisqu'il s'agit également d'une sépulture ancienne du Rubané récent du Bassin parisien et qu'une unique perle en forme de crache de cerf y a été découverte. Là encore, c'est plutôt vers une origine andalouse que les deux analyses penchent. Le rapport Cr/V est de 1,56 -1,57, nettement plus proche de celui d'Encinasola ((Cr/V $_{Encinasola}$ = 0,74+/-0,41) que de celui de Palazuelo (Cr/V $_{Palazuelo}$ = 5,08 +/-6,48). La teneur en arsenic est assez élevée (X_{As} = 600 et 750 ppm) comme celle des échantillons de variscite du gisement **d'Encinasola**. C'est donc de cette dernière exploitation que la perle du site des Monts est probablement originaire.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Les Monts	1	2	**min**	14095	4040	192488	2010	230125	8135	6218	839	1093	1697	77	14618	0
			max	15134	4221	194711	9162	235798	10792	8719	1079	1189	1871	77	15178	0
			X	14615	4131	193600	5586	232962	9464	7469	959	1141	1784	77	14898	0
			σ	735	128	1572	5057	4011	1879	1768	170	68	123	0	396	0
			δ%	5	3	1	91	2	20	24	18	6	7	0	3	-

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	54	153	116	608	0	30	0	0	0	0	6	9	83	1,55	2790
max	0	84	167	132	751	0	55	0	0	0	0	7	11	84	1,57	3060
X	0	69	160	124	680	0	43	0	0	0	0	6	10	84	1,56	2925
σ	0	21	10	11	101	0	18	0	0	0	0	0	1	1	0,01	191
δ%	-	31	6	9	15	-	42	-	-	-	-	7	8	2	0,95	7

Tabl. XXV : composition chimique des objets en variscite du site des Monts (51). Même légende que le tabl. III.

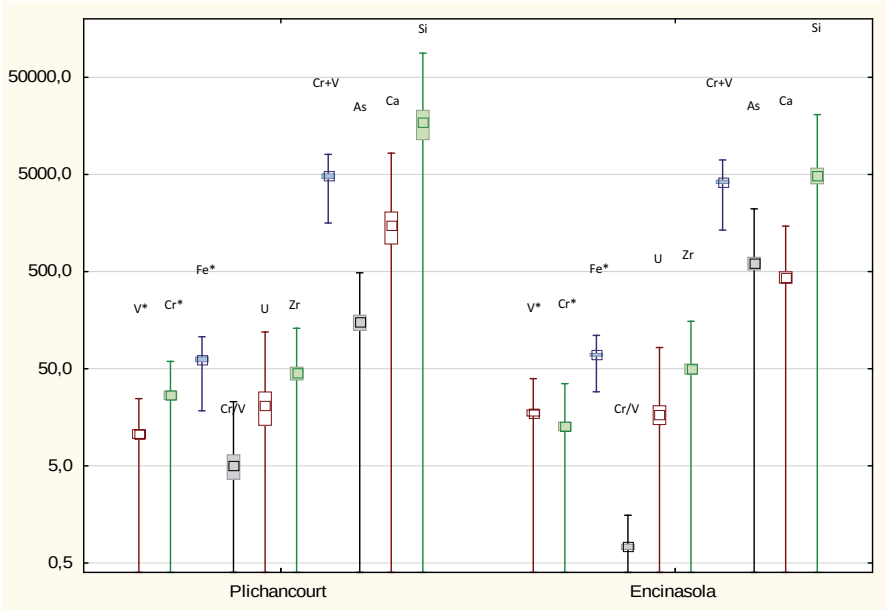
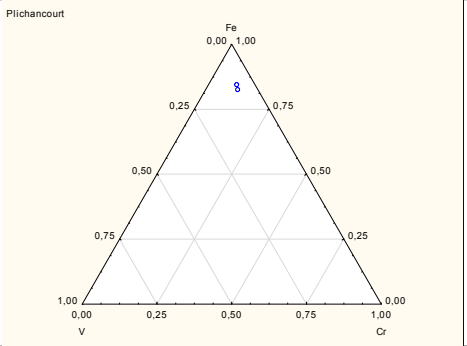
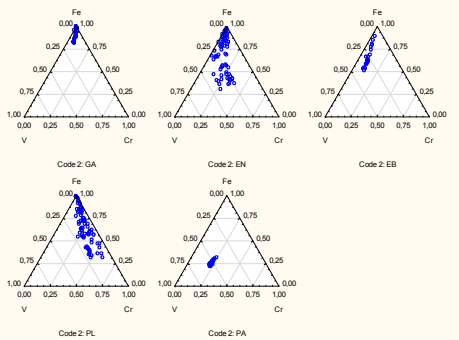
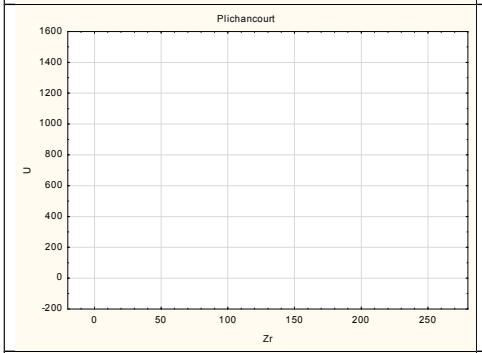
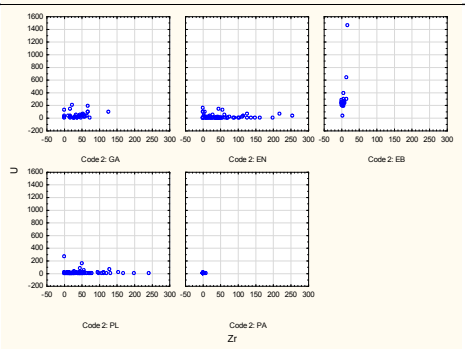
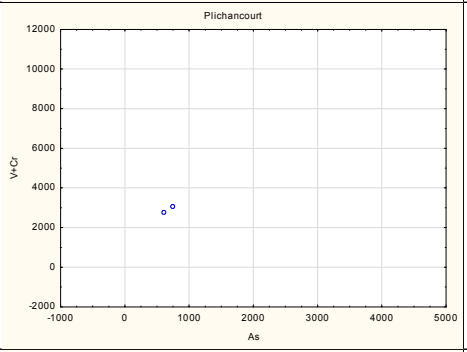
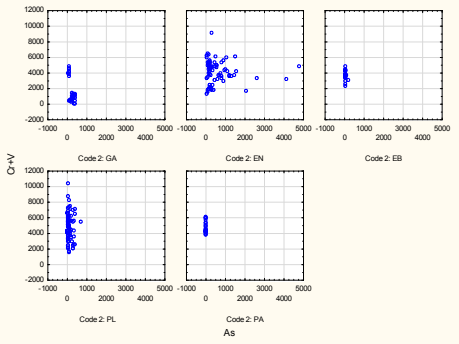
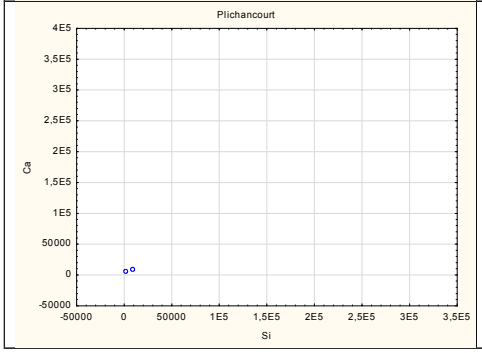
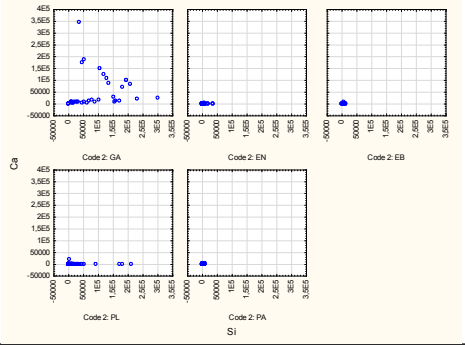


Fig. 22 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site des Monts (51) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

LES MONTS	REFERENTIEL		
		GA	-
		EN	1
		EB	-
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	-
		EN	-
		EB	-
		PL	-
		PA	-
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

LES MONTS						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	-	-	0	1	0	
EN	1	-	1	1	1	Encinasola
EB	-	-	0	1	0	
PL	1	-	0	1	0	
PA	0	-	0	1	0	

NOM DU SITE : Les Monts (Plichancourt, 51). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 2	Réponse univoque : Encinasola

Planche 24 : Même légende que planche 1 appliquée au site Les Monts (Plichancourt, 51).

2.25 Tumulus des Sables (Saint-Laurent-Médoc, 33) [tabl. XXVI], (fig. 23, pl. 25)

Trois perles en variscite ont été mises au jour dans une tombe sous tertre lors de la fouille du tumulus des Sables, au cœur du Médoc. Cette tombe est datée du Néolithique récent-Campaniforme. Les trois analyses de ces perles traitées par notre modèle chimiométrique aboutissent à la conclusion suivante : les perles proviennent du gisement de Palazuelo. En effet, les concentrations relatives en Cr*-V*-Fe* ne correspondent pas à celles de Pannecé, ni à celles d'El Bostal. Le rapport moyen Cr/V est élevé (3,45 +/-1,9) ce qui correspond au gisement de Palazuelo, celui d'Encinasola étant inférieur à 1. Pour tous les autres éléments chimiques pris en compte dans le modèle (U, Zr, Cr+V, As, Si et Ca), les analyses des perles du Tumulus des Sables sont bien compatibles avec celles du gisement de **Palazuelo**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Les Sables	3	3	**min**	160	1244	171874	2765	197297	226	1788	877	1571	5107	27	11479	6
			max	7983	3832	200208	61461	253612	11475	43970	2771	2879	8734	331	17506	8
			X	3176	2527	184131	25460	225334	4743	17436	1574	2072	6430	151	14431	7
			σ	4208	1294	14548	31529	28158	5943	23102	1042	705	2002	160	3015	1
			δ%	133	51	8	124	12	125	132	66	34	31	106	21	16

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	35	5	187	182	0	0	0	11	2	5	6	21	58	1,89	6874
max	9	74	145	220	385	18	11	3	42	4	10	11	35	68	5,56	10305
X	5	49	82	200	255	8	5	1	32	3	8	9	28	63	3,45	8503
σ	5	22	71	17	113	9	6	2	18	1	3	2	7	5	1,9	1722
δ%	97	44	86	9	44	115	103	115	57	33	35	27	26	8	54,99	20

Tabl. XXVI : composition chimique des objets en variscite du site de Tumulus des Sables (33). Même légende que le tabl. III.

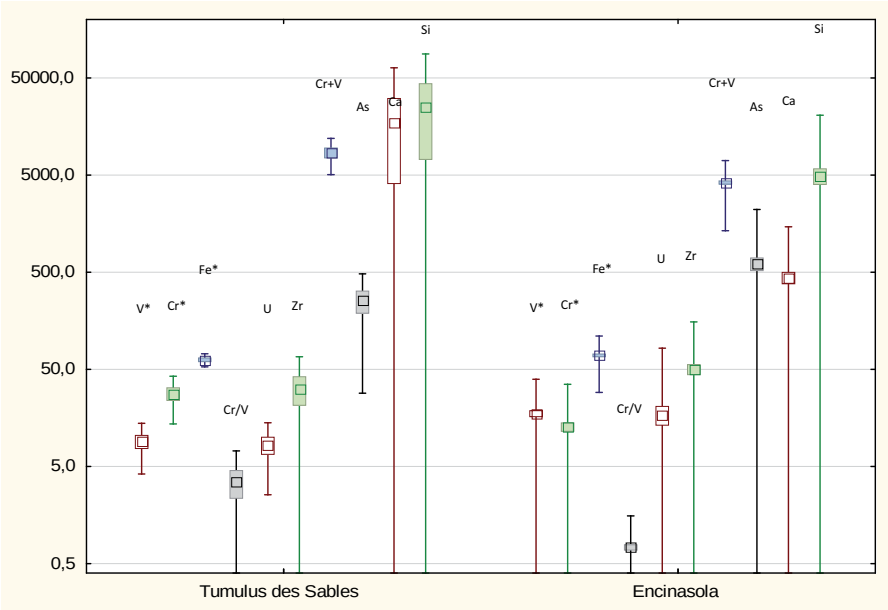
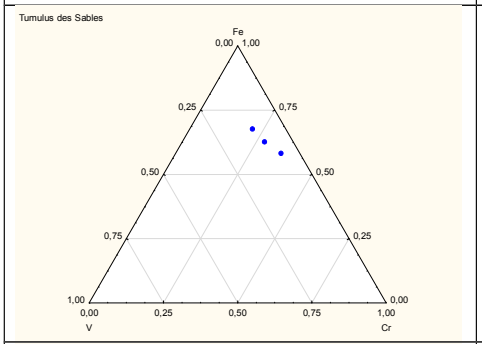
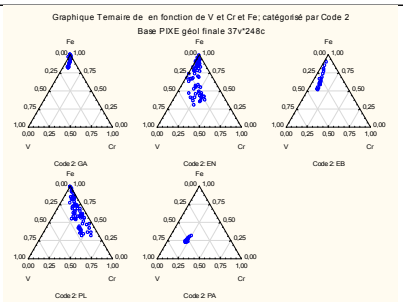
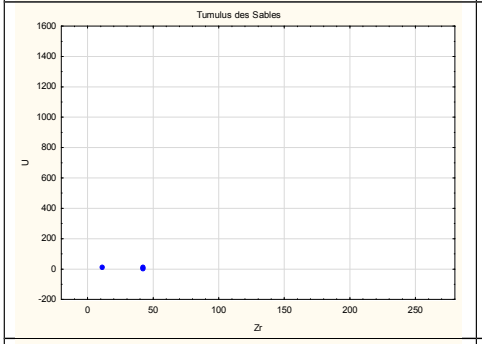
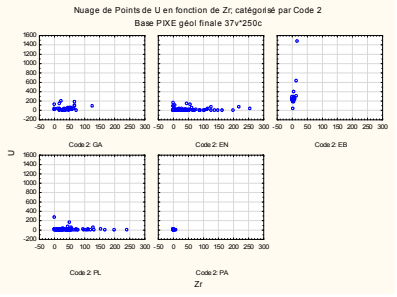
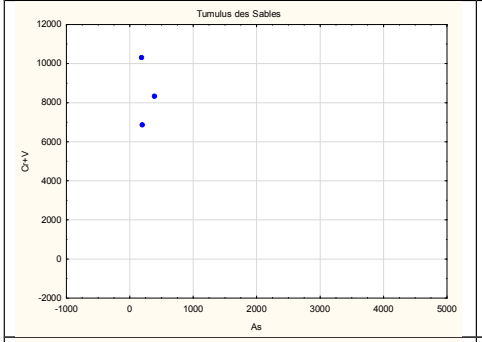
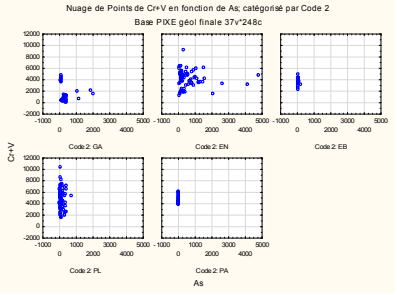
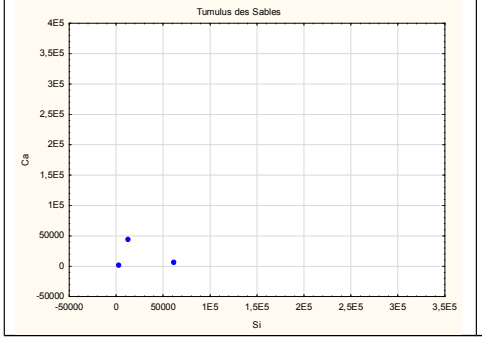
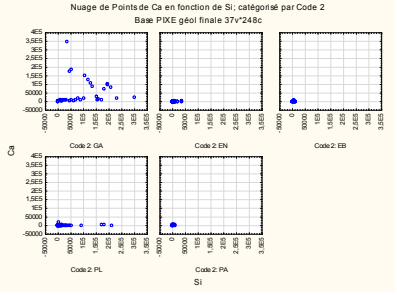


Fig. 23 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site du tumulus des Sables (33) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

LES SABLES	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
			A
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
			B
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
			C
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
			D

SITE						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	0	1	0	1	0	
EB	0	0	0	0	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Tumulus des Sables (Saint-Laurent-Médoc, 33). Nombre d'objets total : 3 Nombre d'analyses : 3	Réponse univoque : Palazuelo

Planche 25 : Même légende que planche 1 appliquée au site Tumulus des Sables (Saint-Laurent-Médoc, 33).

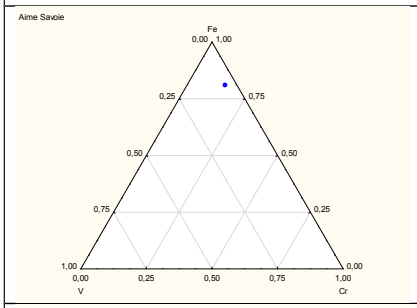
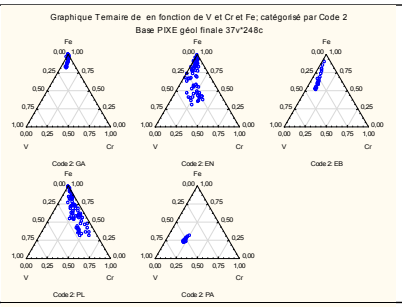
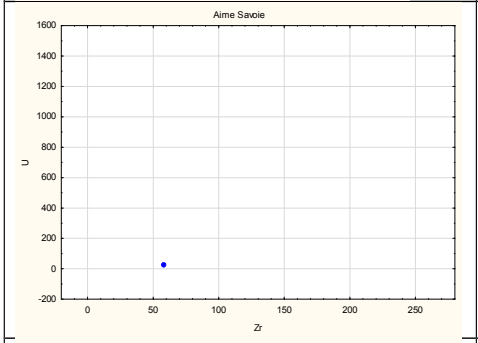
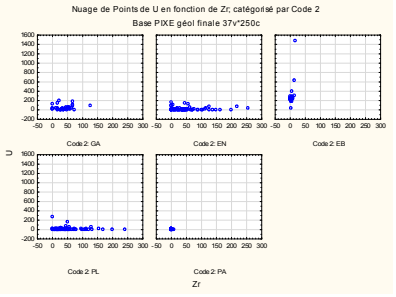
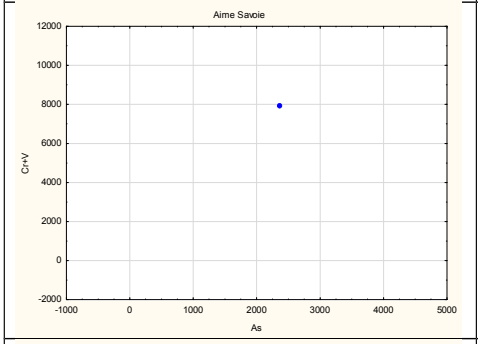
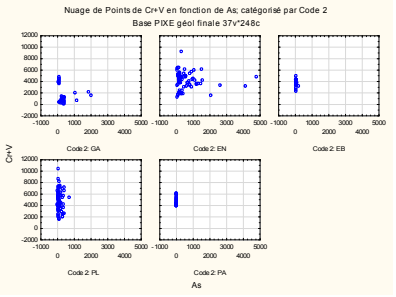
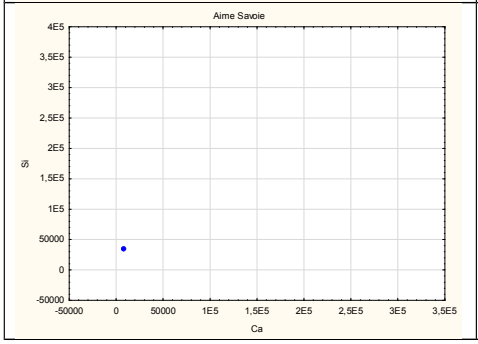
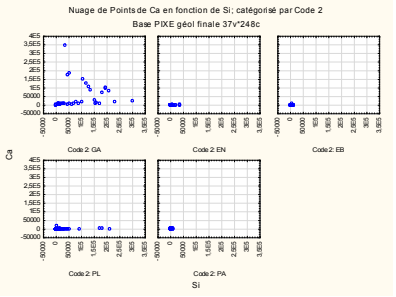
2.26 Replat (Aime, 73) [tabl. XXVII], (pl. 26)

Deux perles-pendeloques ont été découvertes dans cette tombe en ciste. Lors de leur analyse par PIXE au faisceau extrait, la première s'est avérée être en turquoise du fait de sa forte teneur en aluminium, phosphore et cuivre. L'analyse de la seconde montre bien qu'il s'agit de variscite. Malheureusement, la composition de cet objet ne permet pas de déterminer sa provenance car le modèle chimiométrique aboutit à une **indétermination** entre Palazuelo et Encinasola. Cependant, la forte teneur en arsenic tendrait plutôt à pencher pour une provenance du sud-ouest de l'Espagne.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Replat	1	1	5826	5148	169683	34643	213241	6503	8020	2976	1839	6103	58	34242	0

Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
20	71	88	302	2358	8	22	10	58	0	24	4	14	81	3,32	7942

Tabl. XXVII : composition chimique de la perle en variscite du site de Replat (73). Même légende que le tabl. III.

REPLAT	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	0
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		D	

AIME						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	indétermination
EN	0	1	1	0	0	
EB	0	0	0	0	0	
PL	1	1	0	0	0	
PA	0	0	0	0	0	

NOM DU SITE : Replat (Aime, 73). Nombre d'objets total : 1 Nombre d'analyses : 1	Réponse non univoque : indétermination

Planche 26 : Même légende que planche 1 appliquée au site Replat (Aime, 73).

2.27 Tassin (Marclopt, 42) [tabl. XXVIII], (fig. 24, pl. 27)

Trois perles proviennent de cette tombe sous tertre probable située dans le département de la Loire. Les trois analyses PIXE présentent les caractéristiques suivantes : un rapport Cr/V proche de 1, compatible avec Encinasola, des teneurs très faibles en uranium (moyenne de 13 ppm) et en zirconium (moyenne de 44 ppm), ce qui élimine le gisement d'El Bostal comme source potentielle, une forte concentration en arsenic (de 550 ppm à 2300 ppm) ainsi qu'une somme des teneurs Cr+V élévée (de 4.000 à 6.000ppm) ce qui est caractéristique du gisement d'Encinasola et enfin une quasi absence de calcium (moyenne de 1.000 ppm) et de silicium (moyenne de 6.000 ppm) excluant ainsi le gisement de Gavà. Pour ces trois perles, la provenance la plus probable est donc **Encinasola**.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
Tassin	3	3	**min**	720	1647	186807	4042	241933	918	702	1527	2284	1331	15	9067	2
			max	3145	2138	201998	10159	244962	2246	1485	2948	2580	3638	30	41233	6
			X	1740	1866	194542	6095	243487	1364	1019	2105	2446	2827	23	25721	4
			σ	1257	250	7599	3519	1516	764	412	747	150	1297	8	16113	2
			δ%	72	13	4	58	1	56	40	35	6	46	33	63	57

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	12	39	28	547	0	2	9	37	0	11	5	8	70	0,54	3805
max	3	36	135	315	2334	6	5	19	52	12	15	19	11	87	1,59	6092
X	2	26	75	208	1196	2	4	12	44	4	13	11	10	80	1,16	5273
σ	2	12	52	157	989	3	2	6	8	7	2	8	2	9	0,55	1274
δ%	92	48	69	75	83	173	43	47	17	173	15	71	17	11	47,63	24

Tabl. XXVIII : composition chimique des objets en variscite du site de Tassin (42). Même légende que le tabl. III.

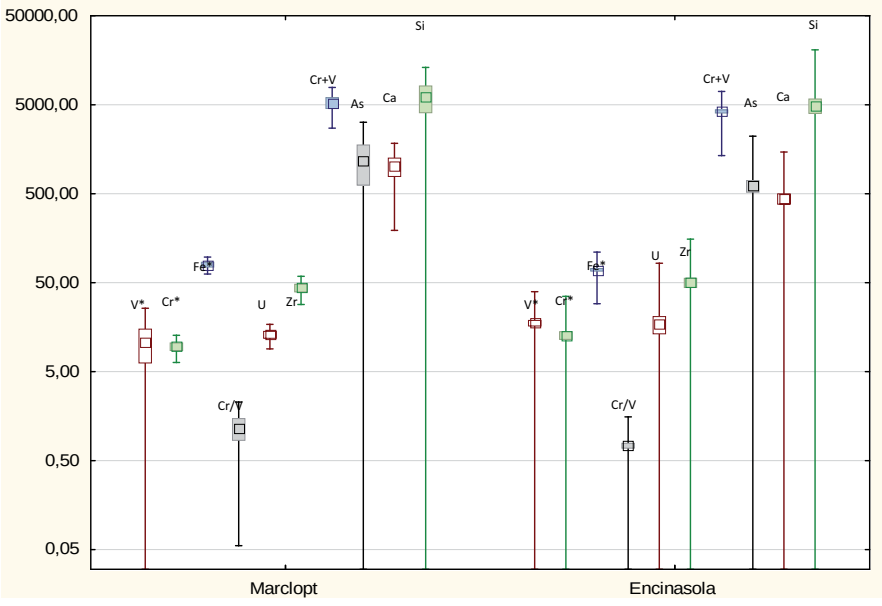
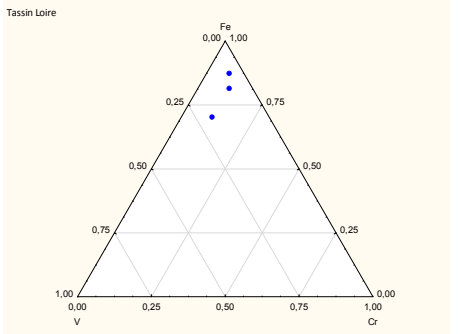
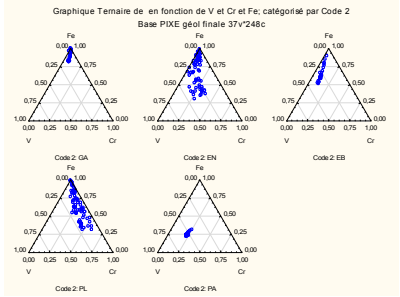
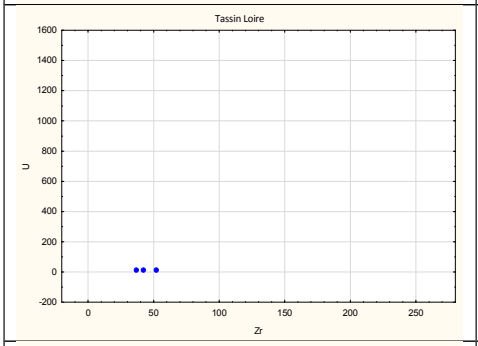
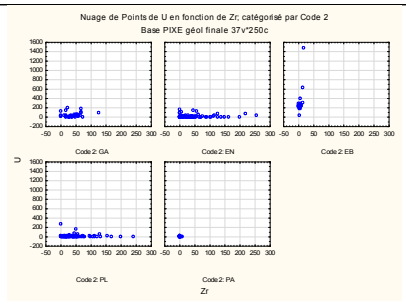
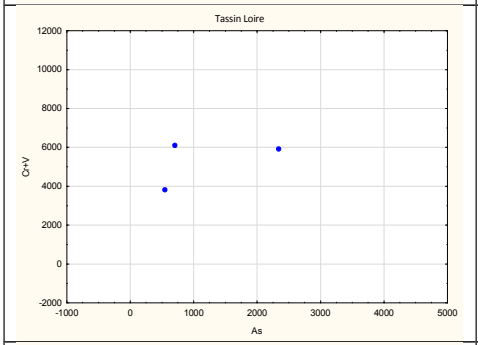
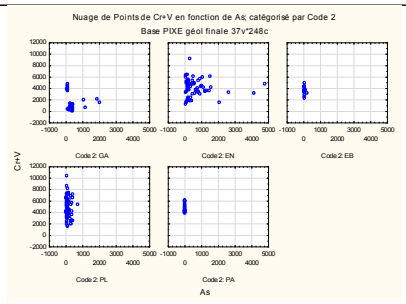
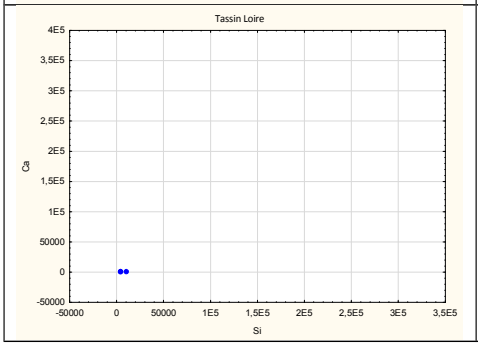
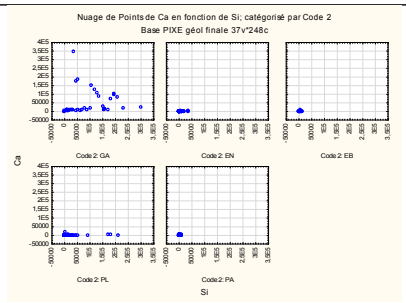


Fig. 24 : Comparaison des compositions chimiques des objets en variscite du site de Tassin (56) avec celles du gisement d'Encinasola. Même légende que fig. 4.

TASSIN	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

TASSIN						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	ENCINASOLA
EB	1	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

NOM DU SITE : Tassin (Marclopt, 42). Nombre d'objets total : 3 Nombre d'analyses : 3	Réponse univoque : Encinasola

Planche 27 : Même légende que planche 1 appliquée au site Tassin (Marclopt, 42).

3. Synthèse globale

Tout d'abord, les analyses PIXE de la presque totalité des perles et pendeloques en callaïs de l'ouest et plus largement de la moitié nord de la France, ont permis de confirmer que la variscite, un phosphate d'aluminium hydraté, était bien la matière qui constituait tous ces éléments de parure. Toutefois, cinq d'entre elles se sont révélées être en turquoise : une provenant du Mané Lud, deux du tumulus Saint-Michel, une de la sépulture de Beg er Hâvre à Plouhinec et une du site d'Aime en Savoie. Bien que de couleur un peu différente, l'utilisation de ce minéral par les Néolithiques n'avait jamais été mise en évidence jusqu'à présent dans l'ouest de la France. La coexistence variscite-turquoise est possible dans les gisements phosphatés (cf. Fernandez *et al*., ce volume). Il est donc probable que la turquoise ayant servi à confectionner les cinq perles en question ait été collectée par les Néolithiques avec la variscite dans les gisements associés.
Ensuite, pour la grande majorité des sites étudiés, l'application du modèle chimiométrique permet d'attribuer une provenance aux objets en variscite. En effet, sur les ensembles d'objets analysés issus des 27 sites archéologiques, pour 22 d'entre eux, la provenance de la variscite a pu être proposée (tabl. 29). Pour les cinq autres sites archéologiques, il reste une indétermination quant à la provenance de la variscite, en particulier : Couronne Blanche (44), Er Lannic (56), Kerdro Vihan (56), Le Moustoir (56) et Aime (73). Ces indéterminations sont dues au faible nombre d'objets découverts dans les sites concernés : un objet pour quatre d'entre eux, deux pour Er Lannic. A contrario, l'attribution d'un lot d'objets en variscite est d'autant plus probante que le nombre d'objets provenant d'un site et, par conséquent, le nombre d'analyses est élevé, comme c'est le cas des sites de Kercado, Saint-Michel et Tumiac où le corpus dépasse la centaine d'individus. Pourtant, dans certains cas et malgré le faible nombre d'analyses, les compositions sont tellement caractéristiques qu'il est possible de proposer une provenance avec une bonne probabilité comme c'est le cas par exemple pour les perles de Lazzaro (14) et Plichancourt (52).
Tous les sites dont les analyses ont pu être traitées à l'aide du modèle chimiométrique ont montré une cohérence dans leur composition et une unicité dans la provenance, exception faite pour l'un des sites, le Petit Mont où nous avons pu mettre en évidence deux groupes de compositions. Les deux groupes d'objets ont été constitués à partir des données à la fois archéologiques, typologiques et géochimiques. Chaque groupe a une provenance différente, Encinasola d'une part, Palazuelo d'autre part.

Pour les 22 lots d'objets en variscite étudiés, issus de 21 sites, pour lesquels le modèle chimiométrique a fourni un résultat univoque, deux provenances uniquement sont déduites : Palazuelo et Encinasola (tabl. 29).
Ce résultat confirme tout d'abord que l'unique gisement français de variscite, celui de Pannecé, n'a pas fourni de matière première et qu'il n'a probablement pas été exploité par les néolithiques. Cette conclusion avait déjà été avancée lors des premières études du mobilier morbihannais (Herbault et Querré, 2004 ; Querré *et al*., 2008, 2013, 2015). Seules les sources ibériques peuvent être considérées pour leur provenance. D'autre part, il apparaît qu'aucune perle ou pendeloque ne provient de Gavà et plus globalement des mines néolithiques de Can Tintorer. Les sites de la moitié nord de la France et plus particulièrement les groupes humains occupant la côte morbihannaise ne se sont jamais approvisionné à partir du site méditerranéen. Le gisement d'El Bostal, dans la région de Zamora, n'a pas été non plus exploité.
Contrairement à Gavà, situé dans la sphère méditerranéenne, les gisements de variscite d'Encinasola et Palazuelo sont situés sur la partie occidentale de la péninsule Ibérique et plutôt tournés vers la façade atlantique. Ce sont donc des transferts Sud-Nord le long de façade atlantique que met en évidence la circulation de la variscite durant la période néolithique.
Les résultats de l'analyse PIXE des bijoux en variscite et l'utilisation du modèle chimiométrique montrent également, pour la variscite, des distances de transfert de plusieurs centaines de kilomètres, parfois supérieures à 1800 kilomètres. C'est par exemple le cas entre le site de Lazzaro (Colombelles), à proximité

site	Provenance		
Beg er Hâvre (Plouhinec, 56)			indétermination
Couronne Blanche (Grand-Auverné, 44)			indétermination
Er Grah (Locmariaquer, 56)	Encinasola		
Er Lannic (Arzon, 56)			indétermination
Île Carn (Ploudalmézeau, 29)	Encinasola		
La Joselière (Pornic, 44)	Encinasola		
Kercado (Carnac, 56)	Encinasola		
Kerdro Vihan (La Trinité-sur-Mer, 56)			indétermination
Kerlagat 1 (Carnac, 56)		Palazuelo	
Keriaval (Carnac, 56)	Encinasola		
Kervilor (La Trinité-sur-Mer, 56)	Encinasola		
Lutfang (Crac'h, 56)		Palazuelo	
Le Moustoir (Carnac, 56)			indétermination
Mane er Hroëck (Locmariaquer, 56)	Encinasola		
Mané Lud (Locmariaquer, 56)		Palazuelo	
Mané Rutual (Locmariaquer, 56)	Encinasola		
Petit Mont 1 (Arzon, 56)	Encinasola		
Petit Mont 2 (Arzon, 56)		Palazuelo	
Roh Vras (Saint-Philibert, 56)		Palazuelo	
Saint Michel (Carnac, 56)	Encinasola		
La Table des Marchands (Locmariaquer, 56)	Encinasola		
Tumiac (Arzon, 56)	Encinasola		
Bougon (Bougon, 79)	Encinasola		
Le Lazzaro (Colombelles, 14)	Encinasola		
Les Monts (Plichancourt, 51)	Encinasola		
Les Sables (Saint-Laurent-Médoc, 33)		Palazuelo	
Replat (Aime, 73)			indétermination
Tassin (Marclopt, 42)	Encinasola		
Nb de sites	**16**	**6**	**5**

Tabl. IXXX : tableau synthétique des attributions de provenance des ensembles de parures en callaïs des différents sites archéologiques de la moitié nord de la France à partir de leur composition chimique et du modèle chimiométrique.

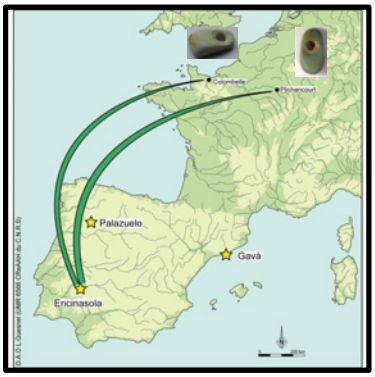
de Caen, et le gisement d'Encinasola, ceci au cours du Vème millénaire avant notre ère. Cette distance correspond au chemin terrestre le plus court.

À partir des datations absolues ou relatives des structures dans lesquelles les perles et pendeloques en variscite ont été découvertes (Cassen *et al.*, ce volume), il est possible d'établir une chronologie des approvisionnements en variscite au cours des différentes phases du Néolithique (tabl. 30). Il apparaît très nettement que pour les sites les plus anciens, de 5000 à 4300 ans av. J.-C. environ, les objets en variscite proviennent d'Encinasola au sud-ouest de la péninsule Ibérique. À partir de 4300-4000 avant

datation	site	provenance
3600-3300	Luffang (Crac'h, 56)	Palazuelo
	Les Sables (Saint-Laurent-Médoc, 33)	Palazuelo
4000-3600	Mané Lud (Locmariaquer, 56)	Palazuelo
	Petit Mont 2 (Arzon, 56)	Palazuelo
	Roh Vras (Saint-Philibert, 56)	Palazuelo
	Mané Rutual (Locmariaquer, 56)	Encinasola
4300-4000	Kerlagat 1 (Carnac, 56)	Palazuelo
	Île Carn (Ploudalmézeau, 29)	Encinasola
	La Joselière (Pornic, 44)	Encinasola
	Kercado (Carnac, 56)	Encinasola
	Keriaval (Carnac, 56)	Encinasola
	Kervilor (La Trinité-sur-Mer, 56)	Encinasola
	Petit Mont 1 (Arzon, 56)	Encinasola
	Bougon (Bougon,79)	Encinasola
	Tassin (Marclopt, 42)	Encinasola
4700-4300	Er Grah (Locmariaquer, 56)	Encinasola
	Mane er Hroëck (Locmariaquer, 56)	Encinasola
	Saint Michel (Carnac, 56)	Encinasola
	La Table des Marchands (Locmariaquer, 56)	Encinasola
	Tumiac (Arzon, 56)	Encinasola
5000-4700	Lazzaro (Colombelles, 14)	Encinasola
	Les Monts (Plichancourt, 51)	Encinasola

Tabl. XXX : Évolution de la provenance des parures en callaïs en fonction de la chronologie du Néolithique ouest-européen.

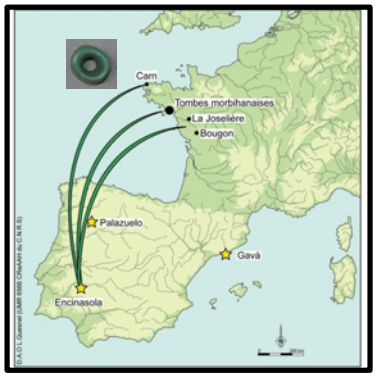
J.-C., la variscite provient de Palazuelo, au nord-ouest de la péninsule Ibérique. Seuls les ensembles d'objets provenant de Kerlagat 1 et de Mané Rutual font exception, mais peut-être correspondent-ils à une période de transition au cours de laquelle l'approvisionnement en variscite des sites de la moitié nord de la France a basculé du sud-ouest au nord-ouest de l'Espagne.



5.000 – 4.800 av. J.C.



4.700 – 4.300 av. J.C.



4.300 – 4.000 av. J.C.



4.000 – 3.800 av. J.C.



3.500 – 3.300 av. J.C.

Conclusion

En France, les sites néolithiques présentant des éléments de parure en callaïs se répartissent globalement en deux grands groupes. Le premier correspond au sud de la France le long du golfe du Lion ; il se situe dans la sphère méditerranéenne (cf. Cassen *et al*., ce volume carte annexe 2). Le second groupe est localisé dans le sud du Morbihan où l'on trouve la plus grande concentration européenne de perles et pendeloques en callaïs ; il appartient à la sphère atlantique.

La nature chimique des perles et pendeloques en callaïs découvertes dans la moitié nord de la France a été déterminée par PIXE, une technique d'analyse totalement non destructive. C'est à partir d'un modèle chimiométrique basé sur la composition chimique, obtenue par PIXE, des échantillons de variscite provenant des différents gisements ouest-européens (Querré *et al*., ce volume) que l'origine des objets archéologiques néolithiques peut être déterminée. La très large majorité des 747 perles et pendeloques analysées sur les 841 actuellement conservées – ce qui représente près de 90 % de l'effectif – est en variscite. Seules cinq perles sont en turquoise, leur couleur étant plus bleutée mais cependant proche de celle des objets en variscite. Ces exceptions montrent que les préhistoriques ne faisaient pas de différence entre la variscite et la turquoise, deux minéraux qui peuvent du point de vue géologique se trouver dans les mêmes gisements. Pour les objets de la moitié nord de la France, seuls deux gisements ont été exploités : Encinasola et Palazuelo.

La circulation d'objets socialement valorisés, souvent synonyme de matière noble et/ou précieuse, permet de mettre en évidence des transferts à longue distance. C'est ce que montrent les résultats des analyses PIXE des éléments de parure en callaïs puisque des transferts de l'ordre de 2000 kilomètres

peuvent être attestés. Un changement d'approvisionnement a été également mis en évidence vers 4000-4300 ans avant notre ère, dont l'explication reste à déterminer. Ces transferts, sans doute d'objets de parure sinon de matière première, témoignent durant tout le Néolithique de relations entre les groupes humains le long de la façade atlantique, sur de longues distances, ainsi qu'une évolution chronologique. Ce phénomène d'évolution des réseaux d'approvisionnement au cours du Néolithique est tout à fait remarquable.

Les réseaux de transfert de la *callaïs* s'inscrivent dans un cadre chrono-culturel durant lequel les transferts de matières, d'objets, de techniques, de concepts et d'idées prennent une dimension européenne, avec une multiplication des réseaux : si l'on prend l'exemple des tombes du Morbihan, haches en jade alpin, parures en variscite et turquoise de la péninsule Ibérique, haches en fibrolite des gisements armoricains et peut être ibériques, parures en ambre dont on ne connait pas l'origine, pas forcément baltique comme pour l'Espagne où elle provient de Sicile, jais et lignite de Grande Bretagne, des Pyrénées ou d'un autre lieu qui ne se trouve pas dans le Massif armoricain.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement les responsables de collections qui ont mis à disposition les objets archéologiques et parfois convoyés au C2RMF pour analyse sur AGLAE : E. Vigier, Carnac Museum, C. Le Pennec, Vannes Museum C. Louboutin (St Germain-en-Laye), A.E. Riskine† (Carnac), J. Santrot (Nantes), J. P. Mohen (Paris), J. Lecornec (Vannes), Emile Bernard† (Rennes)Toutes les analyses PIXE ont été réalisées avec l'accélérateur AGLAE du C2RMF- Paris grâce aux membres de l'équipe AGLAE, tout particulièrement Joseph Salomon† qui nous a quitté trop tôt et à qui est dédié cet article, Jean-Claude Dran, Claire Pacheco, Brice Moignard, Laurent Pichon et Quentin Lemasson. Qu'ils soient tous remerciés chaleureusement.

Bibliographie

Billard, C., Bostyn, F., Hamon, C. et Meunier, K. 2014. *L'habitat du Néolithique ancien de Colombelles « Le Lazzaro » (Calvados)*. Paris, Société préhistorique française (Mémoire de la société préhistorique française 58).

Cassen, S. (dir.) 2009. *Autour de la table : explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)*. Nantes, Laboratoire de recherches archéologiques, Université de Nantes.

Cassen, S., Boujot, C., Dominguez Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen et A. Sheridan (dir.), *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C* : 918-994. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté.

Fouquet, M. 1862. Rapport sur la découverte d'une grotte sépulcrale dans la butte de Tumiac, le 21 Juillet 1853. *Bulletin de la Société Polymathique du Morbihan* 6 : 1-7.

Guilaine, J., Vaquer, J., Gratuze, B. et Querré, G. 2015. Les perles en variscite des grottes de Las Claousos IV et de la grotte René-Carrié. In J. Guilaine, J. Vaquer, J. Zammite (dir.), *Grottes sépulcrales préhistoriques de Hautes-Corbières* : 89-104. Toulouse, Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse..

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Kiratisin, A. et Demaille, D. 2006. Les perles en varsicite d'Er Grah. In C.T. Le Roux (dir.), *Monuments mégalithiques à Locmariaquer (Morbihan). Le long tumulus d'Er Grah dans son environnement* : 205-223. Paris, Centre national de la recherche scientifique (Gallia Préhistoire XXXVIIIe supplément).

Lecornec, J. 1988. *Petit Mont, Arzon, Morbihan. Campagne 1988. Rapport d'opération programmée*. Rennes, DRAC Bretagne, Service régional de l'archéologie.

Lefèbvre, M. et Galles, R. 1863. Mané-er-Hroëck. Dolmen découvert sous un tumulus à Locmariaquer. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 18-33.

Le Roux, C.-T. (dir.) 2006. *Monuments mégalithiques à Locmariaquer (Morbihan). Le long tumulus d'Er Grah dans son environnement*. Paris, Centre national de la recherche scientifique (Gallia Préhistoire, XXXVIIIe supplément).

Mohen, J.-P. et Scarre, C. (dir.) 2002. *Les Tumulus de Bougon, Complexes mégalithiques du Ve au IIIe millénaire*. Paris, Errance.

Naudinot, N., Meignen, L., Binder, D. et Querré, G. 2015. *Les systèmes de mobilité de la Préhistoire au Moyen-Âge. Actes des XXXVe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. Antibes, éditions APDCA.

Odriozola, C.P. 2015. A new approach to determine the geological provenance of variscite artifacts using the P/Al atomic ratios. *Archaeological and Anthropological Sciences* 7(3) : 329-350.

Odriozola, C.P., Linares-Catela, J.A. and Hurtado-Pérez, V.M. 2010. Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeolical Science* 37(12) : 3146-3157.

Odriozola, C.P., Linares-Catela J.A., and Hurtado-Pérez, V.M. 2013. Provenancing Variscite Beads: Pico Centeno (Encinasola, Spain) Outcrop Case study. *Open Journal of Archaeometry* 1(17) : 81-84.

Querré, G. 2003. Nature et origine des éléments en pierre précieuse découverts dans la nécropole néolithique de Bougon (Deux-Sèvres, France). In J.P. Mohen et C. Scarre (dir.), *Les Tumulus de Bougon, Complexes mégalithiques du Ve au IIIe millénaire* : 162-166. Paris, Errance, Paris.

Querré, G. 2008. Caractérisation des perles en *callaïs* trouvées sur les sites de Villeneuve-Tolosane et Cugnaux (Haute-Garonne). In J. Vaquer, M. Gandelin et Y. Tchérémissinoff (dir.), *Défunts néolithiques en Toulousain* : 73. Toulouse, Archives d'écologie Préhistorique.

Querré, G. 2009. Étude pétrographique d'éléments de parure et d'une céramique provenant du site de la Table des Marchands. In S. Cassen (dir.), *Autour de la table : explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir)* : 658-665. Nantes, Laboratoire de recherches archéologiques, Université de Nantes.

Querré, G. 2014. L'origine de la perle en variscite de la structure 297. In C. Billard, F. Bostyn, C. Hamon, et K. Meunier (dir.), *L'habitat du Néolithique ancien de Colombelles « Le Lazzaro » (Calvados)* : 266-270. Paris, Société préhistorique française, (Mémoire de la Société Préhistorique Française 58).

Querré, G., Dominguez Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand et G. Querré (eds), *Roches et sociétés de la Préhistoire. Entre massifs cristallins et bassins sédimentaires* : 307-315. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. and Cassen, S. 2013. PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 318(A) : 149-156.

Querré, G., Cassens S. et Calligaro, T. 2015. Témoin d'échanges au Néolithique le long de la façade atlantique : la parure en variscite des tombes de l'ouest de la France. In N. Naudinot, L. Meignen, D. Binder et G. Querré (dir.), *Les systèmes de mobilité de la Préhistoire au Moyen-Âge. Actes des XXXVe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes* : 403-418. Antibes, éditions APDCA.

Querré, G., Herbault, F. et Calligaro, T. 2008. Transport of Neolithic variscites demonstrated by PIXE analysis. *X-Ray Spectrometry* 37(2) : 116-120.

Thibodeau, A.M., Killick, D.J., Hedquist, S.L., Chesley, J.T. and Ruiz, J. 2015. Isotopic evidence for the provenance of turquoise in the southwestern United States. *Geological Society of America Bulletin* 127(11/12) : 1617–1631.

Villalobos, R. y Odriozola, C.P. 2016. Las herramientas prehistóricas de las minas de variscita de Palazuelo de las Cuevas (Zamora) y Pico Centeno (Huelva). Análisis comparativo. *Zephyrus* 77 : 79-98.

Iberian variscite: ICP-MS-LA and PIXE analysis of recent prehistory beads and pendants from Spain and Portugal

Salvador Domínguez-Bella, Guirec Querré, Thomas Calligaro, Javier Martínez López, João Luís Cardoso

Abstract. At the European recent Prehistory variscite was a precious gemmological material that appears in scarce megalithic burials of the Atlantic facade, especially at the Iberian peninsula and West France.
Here we describe the main results of the mineralogical and geochemical analysis of a great and diverse group of archaeological and geological variscite and turquoise samples from the Iberian peninsula, especially from the Atlantic facade and the SW of Spain. Samples were analysed last years by the use of different analytical techniques as XRD, WDXRF, ICP-MS-LA and PIXE and stereomicroscopy.
The geochemical results, obtained especially by PIXE and ICP-MS-LA techniques, on these archaeological samples were discussed in relation to their possible provenance areas, related with the three main geological areas with variscite and turquoise outcrops in the Iberian peninsula: Palazuelo de las Cuevas-San Vicente area, that included other sites as El Bostal and Bragança district in Portugal; Pico Centeno mines, Encinasola area, in Huelva province, SW Spain; Gavá mines in Catalonia, NE Spain, and other possible sources in Europe as Pannecé, France.
Geochemical data were subjected to statistical analysis selecting different chemical variables in variscites and turquoises. A relatively good discrimination has been obtained through an interactive geochemical model using specially the Fe-Cr-V relationship, represented by a triangular diagram and the elementary relationships between other chemical elements.
These results show the existence, in Neolithic and Chalcolithic times, of great exchange networks of exotic or prestige lithic products that extended in Western Europe, hundreds and thousands of kilometres away from their source areas.
Keywords: Archaeomineralogy, variscite, turquoise, PIXE-PIGE, ICP-MS-LA, Recent Prehistory, Iberian Peninsula.

Résumé. Durant la Préhistoire récente européenne, la variscite est une gemme précieuse qui apparaît dans des sépultures mégalithiques de la façade atlantique, en particulier dans la péninsule Ibérique et l'ouest de la France.
Nous décrivons ici les principaux résultats de l'analyse minéralogique et géochimique d'un important ensemble de variscites et turquoises d'origines variées, à la fois des échantillons archéologiques et géologiques de la péninsule Ibérique, tout particulièrement de la façade atlantique et du sud-ouest de l'Espagne. Les échantillons ont été analysés au cours de ces dernières années à l'aide de différentes techniques d'analyse : XRD, WD-XRF, LA-ICP-MS, PIXE et stéréomicroscopie en particulier.
Les résultats géochimiques, obtenus en particulier par méthodes PIXE et LA-ICP-MS, sur ces échantillons archéologiques sont interprétés en terme de zones de provenance possibles, en rapport avec les trois principaux domaines géologiques où affleurent la variscite et la turquoise dans la péninsule Ibérique : Palazuelo de las Cuevas – San Vicente, y compris d'autres sites comme El Bostal et le district de Bragança au nord de Portugal ; les mines de Pico Centeno, dans la commune d'Encinasola, province de Huelva, dans le sud-ouest de l'Espagne ; les mines de Gavá en Catalogne, dans le nord-est de l'Espagne et d'autres sources possibles en Europe.
Les données géochimiques ont été soumises à une analyse statistique sélectionnant différentes variables chimiques des variscites. Une relativement bonne discrimination a été obtenue grâce à un modèle interactif géochimique utilisant en particulier les rapports Fe-Cr-V, ainsi que les relations entre d'autres éléments traces.

Ces résultats montrent l'existence durant les temps néolithiques et chalcolithiques de grands réseaux d'échange de biens de prestiges en matières minérales exotiques qui s'étendaient en Europe occidentale sur des centaines et des milliers de kilomètres de leurs régions d'origine.
Mots clés : Archéominéralogie, variscite, turquoise, PIXE-PIGE, LA-ICP-MS, Préhistoire récente, péninsule Ibérique.

Introduction

The program CALLAIS, name given by Pliny the Elder to a green-blue group of minerals or stones near the turquoise, has been an interdisciplinary program within both the Humanities and Sciences of the Earth. Our work is the result from the convergence of two programs, one Spanish, and the other French, which had been operating independently up to 2010, beginning together from that moment, into the CHARISMA European framework.
The program focuses on gorgeous jewellery variscite, a green aluminium phosphate hydrate. This precious gemmological material appears with other greenish minerals such as turquoise, in scarce megalithic burials of the Atlantic facade, especially concentrated in Neolithic graves at the Iberian Peninsula and south and west France (Armorican peninsula).
These objects are mainly found in tombs dating from the 5th millennium to the 3rd millennium BC. (Damour, 1864). They were considered by these groups as prestige goods used as jewels or symbolic objects (Cassen, 1998). Their study through the archaeomineralogy and other disciplines is of special interest for archaeologists (Muñoz-Amilibia, 1971; Huet Bacelar Gonçalves, 1980; Fernández Vega, Pérez Cañamares, 1988; Calligaro, 2005; Domínguez-Bella, 2012).
In this context, the objective of the program is to determine the nature, origin and movement of jewellery elements made in variscite and turquoise during prehistory.
In most cases, different materials as jadeitites, sillimanite-fibrolite, quartz, talc, muscovite, chlorite, fluorite, amber or cinnabar appear as prestige goods present into the megaliths (Salvado Canelhas, 1973; Vázquez-Varela, 1975; Huet, Gonçalves, Reis, 1982; Domínguez-Bella, Morata, 1995; Cassen, 1998; Cassen *et al*., 2012; Domínguez-Bella *et al*., 2015).
In this international collaboration, a great series of geological samples from the main variscite deposits of Iberian Peninsula and France have also been analysed and we have shown by comparison, the Iberian origin of Armorican beads in France (see Querré *et al*., in this book) and the different ways for the trade of these materials in the Iberian Peninsula and France (Querré *et al*., 2014).
In the last five years we complete this comprehensive study of the Atlantic coast from Europe (France, Spain, Portugal) about these phosphates, their use and distribution in the Prehistory.
Whereas in the rest of Europe the outcrops of variscite and turquoise are very scarce (Forestier *et al*., 1973), in the Iberian Peninsula the geological contexts are relatively abundant, generally associated to Silurian age formations and metamorphic rocks of the aluminous shales group that usually occurs with lydites and chert associated with phosphatic minerals (Moro *et al*., 1992, 1995) (fig. 1). Variscite, metavariscite, strengite, turquoise, wavellite, crandallite, quartz are usually present inside these mineral paragenesis (Arribas *et al*., 1971; Moro, *et al*., 1995) (fig. 2).
Some of these sites with aluminous-phosphatic rocks are concentrated specially in three specific geographic areas: the Alcañices synform, where these rocks are present in a wide geographical area which includes the province of Zamora, in Northwest Spain (Moro *et al*., 1995; 1997) and a part of Tras-os-Montes/Bragança region, in northern Portugal (Meireles *et al*., 1987). This zone presents a large number of small outcrops of slate rocks rich in phosphates, as occurs in the region of Aliste: Palazuelo de las Cuevas, Bercianos de Aliste, San Vicente de la Cabeza, El Bostal, or in places like Ermita de Jou and Ervedosa, Vinhais, at the Portuguese zone (fig. 1).

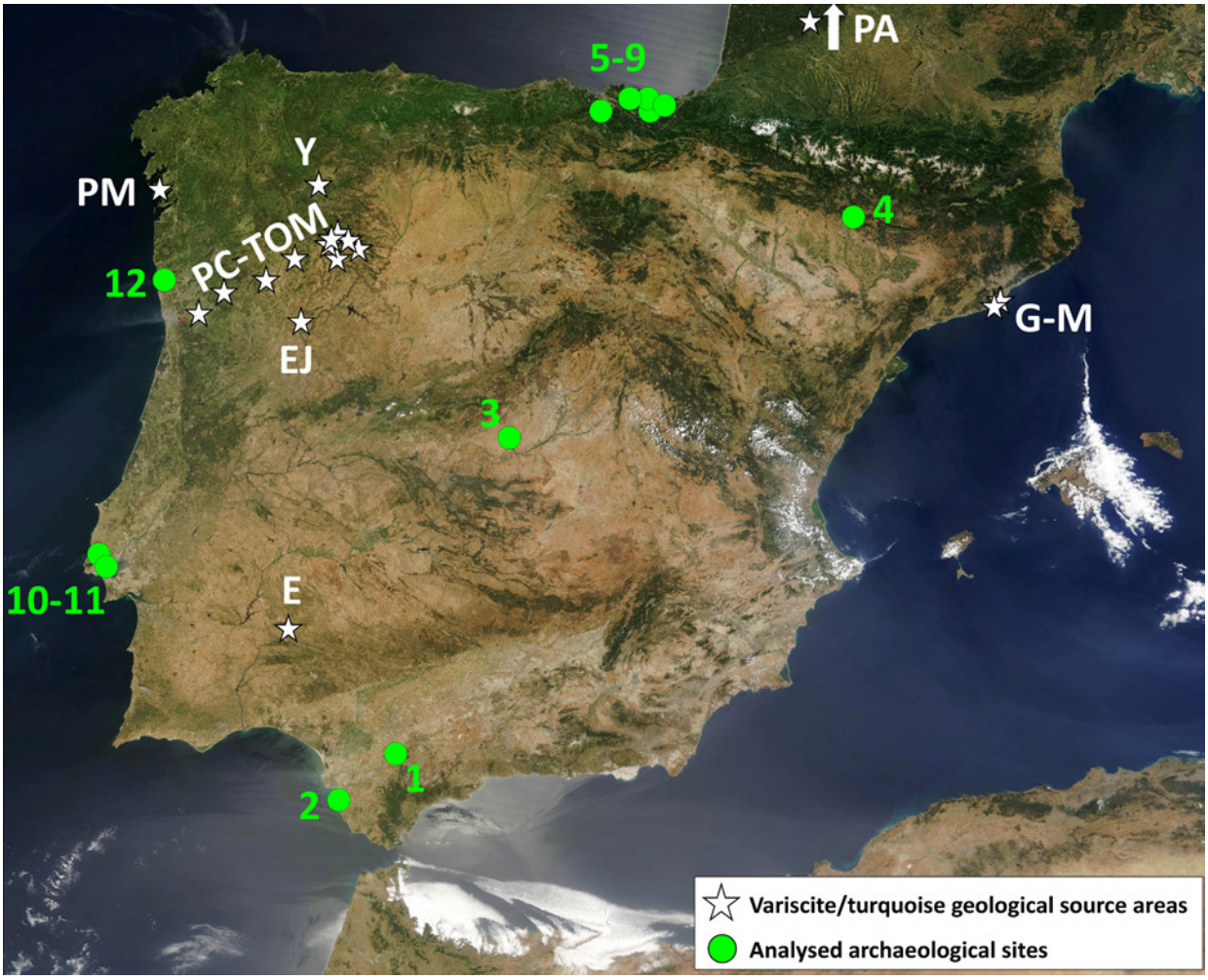


Figure 1.- Localization of the main geological outcrops of aluminium phosphates (white stars) in the Iberian Peninsula and the studied archaeological sites for variscite sample provenance (green dots). Geological outcrops: PC-TOM: Palazuelo-Tras Os Montes area; Y: Yeres; PM: Punta Montalvo-Punta Corveiro; EJ: Ermita de Jou; G-M: Gavá-Montcada; E: Encinasola. Archaeological sites: 1: Alberite I dolmen; 2: Campo de Hockey; 3: Valle de las Higueras, Toledo; 4: Cueva del Moro, Olvena; 5-9: Añabusti, Busturia, Bizkaia: Dolmen de Urdaibai - Errekatxuetako Atxa- Arenaza I, Galdames - Goikolau, Berriatua - Txotxinkoba, Gizaburuaga; 10: Leceia; 11: Penha Verde, Lisbon region; 12: Bitarados, Esposende, North Portugal.

Other area with similar characteristics, but with less mineralogical variety is Pico Centeno, Encinasola, located in the SW of Spain, in the province of Huelva (Moro *et al*., 1992, 1995). The third area is Gavá-Montcada zone, situated in Barcelona province, at the East of the Iberian Peninsula, with important outcrops of phosphate minerals, also associated to Silurian age shales and with a great variety of minerals in their paragenesis (Rosell *et al*., 1993) (fig. 1).

With minor size and importance, we have also sampled Punta Montalvo (usually cited as Punta Corveiro in the literature) (Moro *et al*., 1995 a) on the Galician coast, at the NW of Iberian Peninsula. Although we have a large database of major geological deposits in Europe, in recent years, some new small outcrops of variscite have appeared, unknown until the current date as the recently one discovered in Yeres, in the west of the Leon province, NW Spain (Arias Ferrero, Jiménez Martínez, 2014) and others, mainly of turquoise (Comendador Rey, 1995).

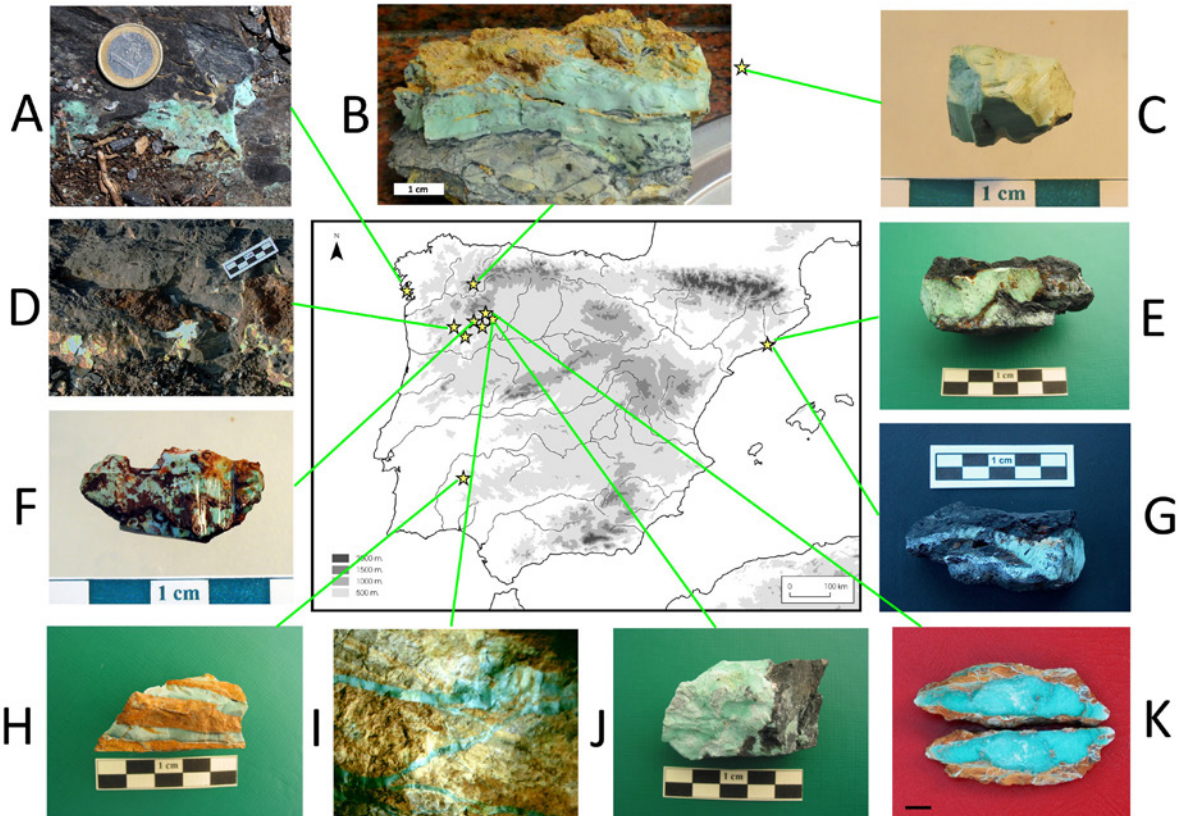


Fig. 2: Variscite-Turquoise geological samples from the main outcrops in the Iberian Peninsula and West France. A. Punta Montalvo (turquoise); B: Yeres (variscite); C: Pannecé, France (variscite); D: Ermita de Jou, Portugal (turquoise); E: Montcada (variscite); F: El Bostal (variscite); G: Gavá (variscite/turquoise); H: Encinasola (variscite); I: Palazuelo de las Cuevas (variscite); J: Bercianos de Aliste (variscite); K: Palazuelo de las Cuevas (turquoise).

Some of these outcrops, which existence has been known since antiquity, have possibly been exploited from the Neolithic by open air mining or underground chamber and pillar mining (Blasco *et al*., 1992; Domínguez-Bella, 2004; Baldellou *et al*., 2012; Odriozola *et al*., 2015).

1. Objectives

The questions that were initially raised were (Domínguez-Bella *et al*., 2011):
1: if there are several sources within a single Iberian archaeological site,
2: if the type of beads is related to their geological source, from previous determinations based on the geological context of archaeological sites with beads, to confirm the allochthonous origin of these.
3: the evolution of the exploitation of each of the Iberian geological resources in the 2.5 millennia of use,
4: the operation of the network and evolution from the 5th to the 3rd millennium due to the loss of relationship with a given region for the benefit of another resulting from either: a conflict in a region blocking communication channels or the depletion of a deposit is another reason to be determined.
5. if the mineralogical nature of the constituent materials of archaeological finds is variscite, because it is frequently confused in museum collections with other minerals or even with archaeological glass.
6. its geological and geographical origin.

This type of research concerning the origin of objects and materials can be accomplished only by reference to a database, database which was established from the systematic analysis of European geological samples obtained by different analytical techniques.

The archaeomineralogical and geochemical analysis of mineral raw materials from the geological outcrops and the archaeological artefacts have been carried out in the last years by the use of different analytical techniques as XRD, WDXRF, LA-ICP-MS, PIXE and stereomicroscopy.
In this project they are two basic objectives in relation with the samples from the Iberian Peninsula:
- To characterize new geological samples of variscite representative of all Iberian Peninsula deposits using PIXE, already characterized by other analytical techniques (Blasco *et al*., 1992; Edo *et al*., 1998; Domínguez-Bella *et al*., 2002; Odriozola *et al*., 2010) and extend the PIXE database on variscite in Europe.
- To characterize different samples of archaeological variscite (and turquoise), of great importance in the Neolithic and Chalcolithic of the Iberian Peninsula, especially the North, Southwest and West Peninsular (Spain and Portugal), from different museums of Spain and Portugal (Bilbao, Villamartín, Huesca, Braga, etc.)

2. Analytical methodology

This research line, which we have been developed the last two decades in relation with the characterization of necklace beads and pendants of Neolithic-Chalcolithic chronologies, has started with an exhaustive sampling of geological materials from different sites in the Iberian Peninsula and the rest of Europe.
The geological, mineralogical and geochemical characterization for different variscite-turquoise mineral deposits in the Iberian Peninsula has allowed us to analyze the great majority of the geological sources known in Europe for this mineral (fig. 1).
Here we use two different analytical techniques as the Particle-induced X-ray emission or proton-induced X-ray emission (PIXE) (AGLAE facility, CRMNF, Musée du Louvre, Paris) (CALLAIS Project, 2010-2011), (Querré *et al*., 2014) and the Laser Ablation Inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) (University of Huelva) (Domínguez-Bella *et al*., 2003).
In previous works, mineralogy, geochemistry of trace elements and the multifactorial analysis from LA-ICP-MS geochemical data (12 variables), in geological and archaeological Neolithic variscites, are allowing their potentially-source geological areas (Domínguez-Bella *et al*., 2002).
Materials used as prestige items as variscite and turquoise, with geological source areas quite well known and almost exclusive to the Iberian Peninsula, show large geographical mobility, exceeding a thousand kilometres.
For the study of more of the 280 samples of geological raw materials and green beads from different sites of Recent Prehistory in the Iberian Peninsula and France, we implemented three methods of investigation: macroscopic observation, the binocular microscope and geochemical analysis by PIXE beam extract and LA-ICP-MS.

2.1 PIXE analysis

PIXE allows a rapid and accurate chemical analysis covering a broad spectrum. FIXLAB - A PLATFORM AGLAE has been employed for major, minor and trace elements analysis and to obtain the features of the phosphate minerals present in Neolithic-Chalcolithic jewellery (beads and pendants) (tabl. I) and their geologic deposits (fig. 3).
Experimental conditions are: External proton microbeam in PIXE mode. Particle accelerator AGLAE. External beam and detection system. Particle: Proton Energy: 3 MeV; Intensity: 1,5 nA; Size: Ø 0,5 mm aprox. Samples: from Spain and Portugal, and other European geological references.

The main advantages of this technique are: the analysis of objects of various sizes and shapes; it is not necessary sampling and preparation; the volume probe is of 30 mm^3; the selection of details on the sample surface; it is possible the quantification of 26 elements, from Na to U ; a good speed of analysis (3 to 4 min by analysis) (for more details, see Querré *et al.* 2014; this volume).
The main limits are: the surface analysis, especially if this is altered and the influence in the alteration of gems by the high energy radiation.

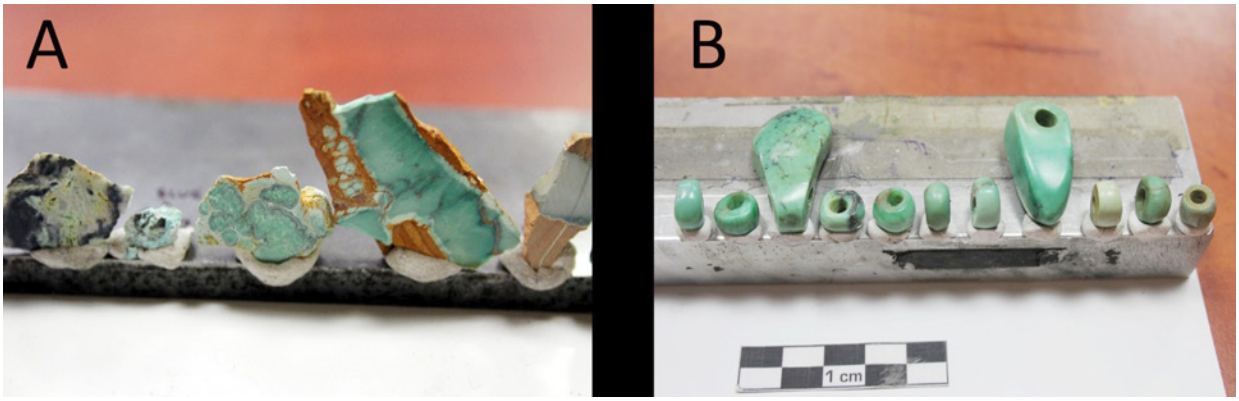


Fig. 3: Analysis by PIXE of variscite: geological (A) and archaeological samples (B) (AGLAE, Louvre, Paris 2012)

2.2 LA-ICP-MS analysis

Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LAM-ICP-MS) is an advanced technique for trace elements analysis, specially used in mineral characterization. LA-ICP-MS determinations of major elements and Ti, Cr, V, Ni, Co, Pb, Cu, Zn, U, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Dy, Tm, Yb was carried out with a Hewlett-Packard 4500 Series equipment (University of Huelva). Sample surface laser ablation was made with a Laser Ablation System, mod. LSX-100 of Cetac-Technologies. Operating conditions at the laser microprobe are: laser mode Q-switched; flash lamp voltage 700-750 V; laser repetition rate 4-10 Hz; sample pit size of 150-300 microns and scans in "L" shape, of 500 microns length (fig. 4); and an Ar plasma-flux of 14 L/min, Points per mass: 6; Peri Pump: 0.12 r.p.s., with a NIST 612b standard glass as reference.
A statistical approach was used looking for similarities between archaeological variscite samples and those coming from the above quoted Iberian geological localities.



Fig. 4: Variscite archaeological samples after ICP-MS-LA analysis (SCID, Huelva University, 2002)

3. Chemometric model

The variscite program is based on two complementary approaches: one focused on the study of variscite sources, the other on the study of Neolithic callaïs jewellery. The first one on Western European raw material sources is based on their inventory, exhaustive sampling, PIXE analysis of reference samples and data synthesis. It is on the basis of the archaeological, geographical, geological and geochemical criteria of each of the western European callaïs, variscite and/or turquoise deposits that a chemometric model has been established (Querré et al., this volume).
Without detailing the entire process that led to the development of this model, presented in the above-mentioned article, the main elements are as follows. Fourteen deposits or gîtological basins are currently inventoried in Western Europe. Among them and although reference samples of most of them were analyzed.
Five European deposits are likely to have been exploited in the Neolithic, four Iberian and one Armorican. For the Iberian deposits, three of them are those with traces of ancient exploitation: Gavá in the south of Barcelona where the Neolithic mines of Can Tintorer are located, Palazuelo de las Cuevas in the Zamora region of northwest Spain and Encinasola in the Huelva region of southwest Spain where the Pico Centeno mine is located in the municipality of Encinasola. The El Bostal deposit is located in the Zamora region; no evidence of exploitation was found. This is also the case for the Pannecé Armorican deposit in the Loire Atlantique. It has been preserved because of its location within the Neolithic occupations of western France, particularly those of the Carnac-Locmariaquer region. These are the reference samples of these 5 deposits for which the most analyses were carried out in order to take into account not only the average composition of variscite but also the range of composition of green stones within these deposits (tab. 1).
The chemometric model that has been established is based for its analog version on the concentrations of 8 chemical elements: iron, vanadium, chromium, arsenic, calcium, silicon, zirconium and uranium. It is the absolute and relative concentrations that are taken into account, but also the degree of homogeneity of the deposits or, on the contrary, their heterogeneity. It should be noted that it is precisely these chemical elements that are used in the composition of the various minerals of the variscite family and substitute either phosphorus or aluminium for variscite of "ideal" composition.
Iron, vanadium and chromium are the three chemical elements whose variations from one deposit to another are the most discriminating (Fig. 5).

Thus, the chemometric model used to determine the origin of variscite ornaments in Western Europe is iterative (Fig. 6) and graphical (Fig. 7).

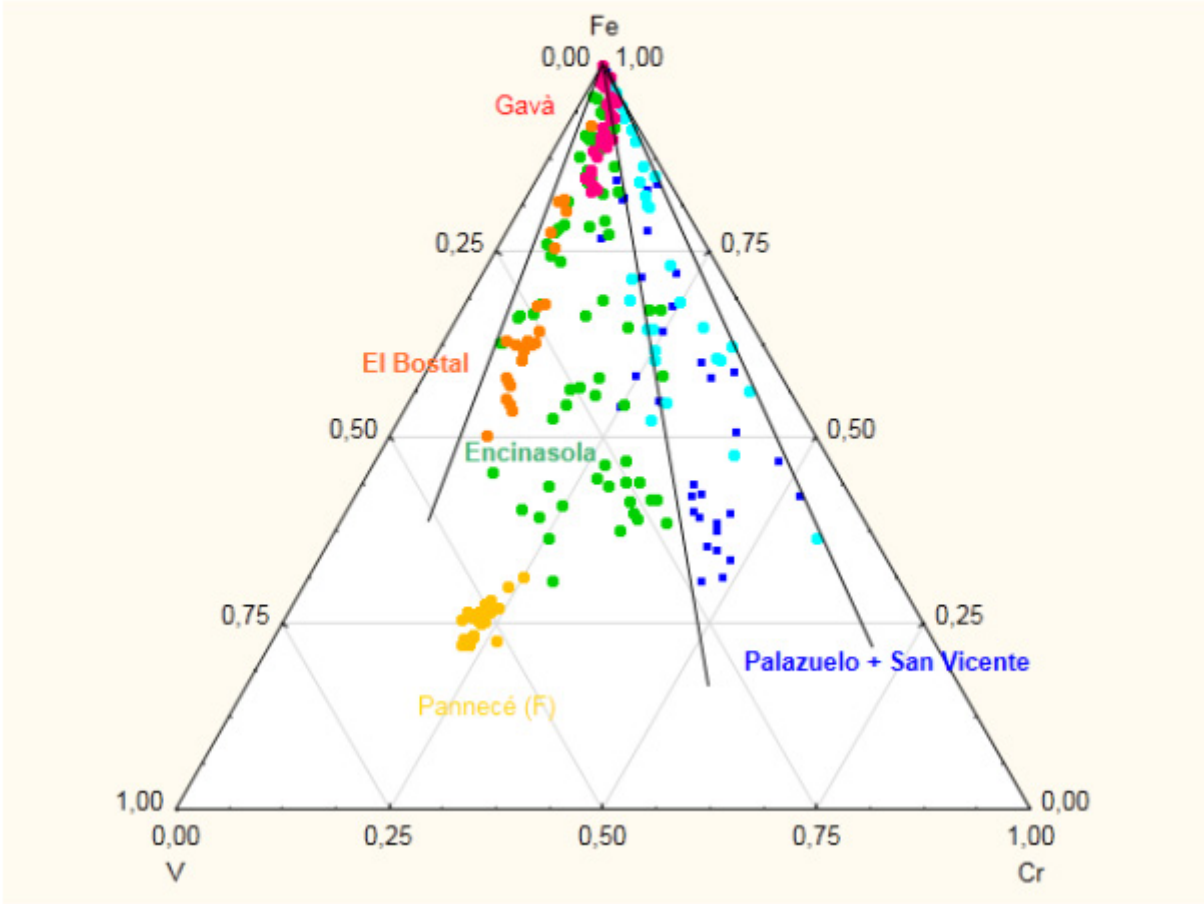


Fig. 5: Ternary Diagram Fe-V-Cr, with the total of geological analysed samples by PIXE. Black points: Gavá-Montcada area; Red points: Encinasola, Pico Centeno mines, Huelva; Green points: El Bostal, Zamora; Blue points: Palazuelo-San Vicente area, Zamora; Orange points: Pannecé, France (after Querré *et al.*, 2012) .

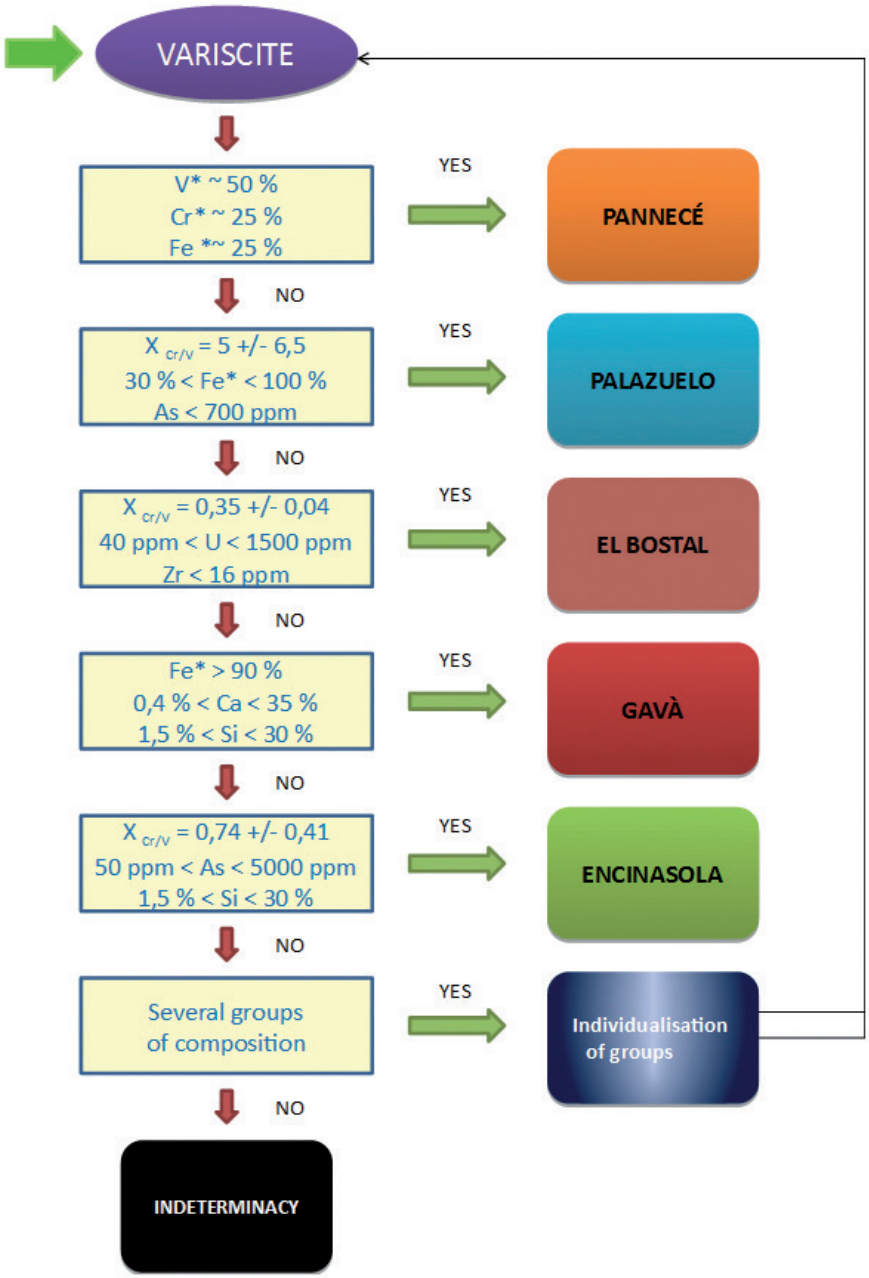


Fig. 6: Chemometric model established is based for its analog version on the concentrations of 8 chemical elements: iron, vanadium, chromium, arsenic, calcium, silicon, zirconium and uranium.

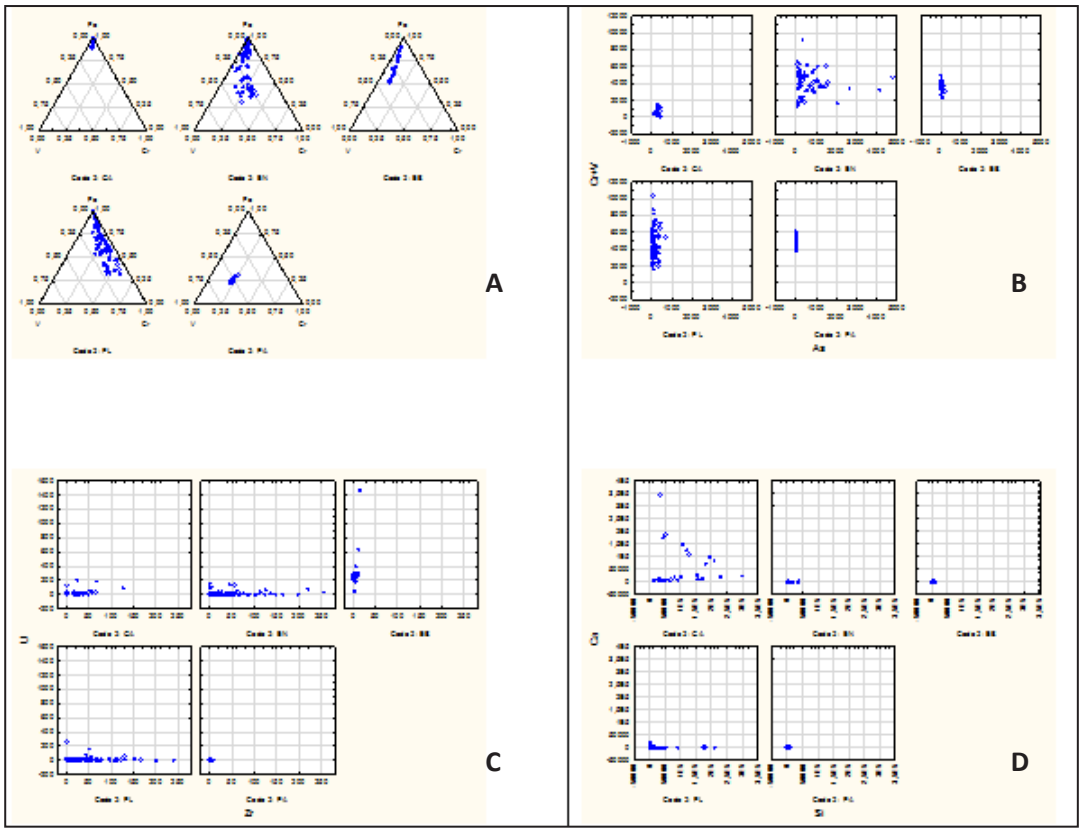


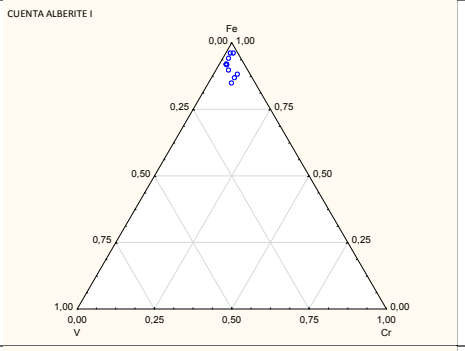
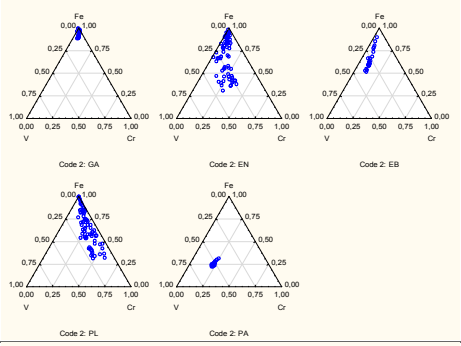
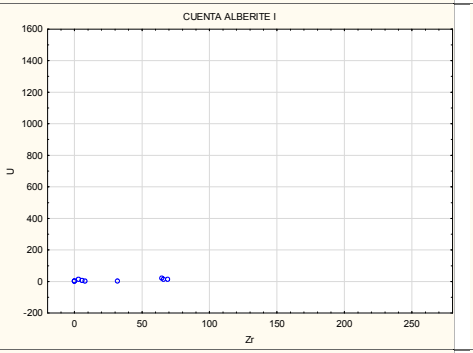
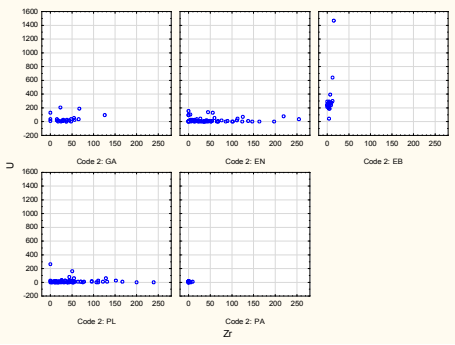
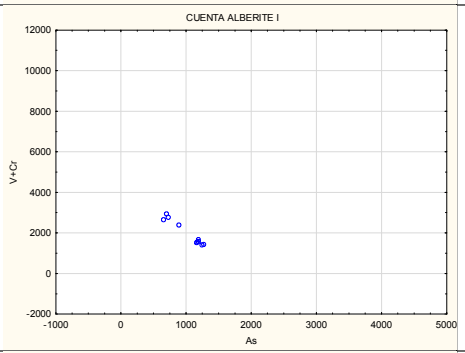
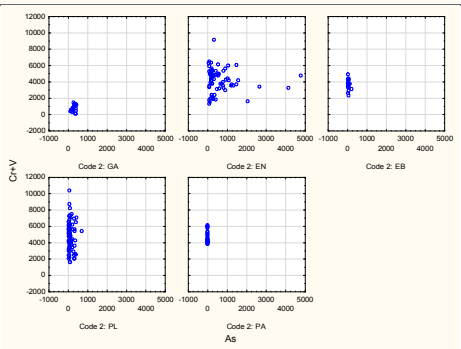
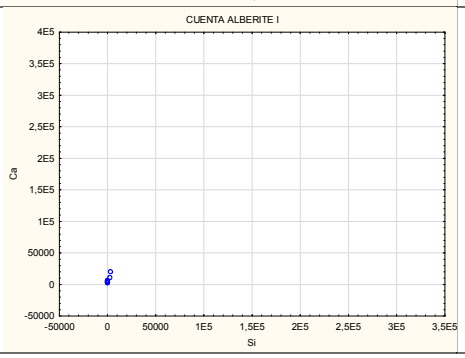
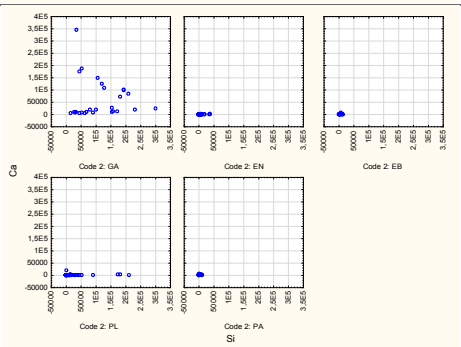
Fig. 7: Chemometric model reference frame. A: Ternary V-Cr-Fe diagrams ; B: Zr-U diagrams ; C: As(V+Cr) diagrams ; D: Si-Ca diagrams for the five geological variscite references.

4. Results

Analysed samples come from three archaeological sites in Portugal: Leceia, Penha Verde and Esposende; one in the central area of Iberian Peninsula, Valle de las Higueras, Toledo; seven in the South Spain, Alberite I Dolmen, Villamartín, Cadiz; ten in the North of Spain, in the Basque Country and one in Olvena, Huesca, at the Pyrenean region of Aragón, North East Spain (Table I).

OBJECT	ARCHAEOLOGICAL SITE current location and sample reference	MATERIALS	ESTIMATED CHRONOLOGY
7 Beads	Alberite I Dolmen, Villamartín, Cadiz. SW Spain. (Beta 80598 & Beta 80602. 4333-3977. 2 sigma Cal. BC. (organic sediment) Beta 80600. 4245-3641. 2 sigma Cal. BC. (coal in founding trench)	variscite	Middle Neolithic (Ramos-Muñoz & Giles (eds.) 1996)
1 Bead (reused)	Campo de Hockey, San Fernando, Cádiz. South Spain 4200-3900 BC cal. 2 sigma Cal. BC. (Human Bone)	variscite	Middle Neolithic necropolis (Vijande et al., 2015)
14 Beads	Valle de las Higueras, Toledo, Central Spain. (VH99 (6 samples)/VH01 (6 samples)/ VH05 (2 samples)) Chalcolithic necropolis.	variscite	Neolithic-Chalcolithic (Bueno Ramírez, Barroso Bermejo & Balbín Behrmann, 2005)
35 Beads	Leceia, Lisbonne region, Portugal. (Excavated by J.L. Cardoso). Chalcolithic fortified settlement. 22800-2000 2 σ cal BC (Cardoso, 2014)	variscite	Chalcolithic
16 Beads	Penha Verde, Lisbonne region. Portugal. (PV CASA 1 & PV CASA 2) (Cardoso, 2014) Beta-276399: 3890 ± 40 BP, 2470-2210 (2 σ cal BC)	Variscite (15)	Chalcolithic
2 Beads	Bitarados, Esposende, North Portugal. (MDDS 2004/0626) S. Lourenzo, Esposende (MDDS 2010/5047)	variscite variscite	Neolithic ? Chalcolithic /Bronze Age
1 Bead	Añabusti, Busturia, Bizkaia: Dolmen de Urdaibai (in Sollube). Neither absolute dating available nor diagnostic materials. An archaeological site with chronology Chalcolithic-Bronze age exists near the dolmen	variscite (appeared on surface)	Neolithic-Chalcolithic ?
1 Bead	Errekatxuetako Atxa: (ERX 4b.1.7.1381) Dolmen de Gorbeia, excavated in 2006. No absolute dating available.	variscite	Main phase of second half of III millennium Cal. BC. Bell-Beaker culture
1 Bead	Arenaza I, Galdames: (AI.R3.180) A cave with a good stratigraphy of Chalcolithic and Bronze Age, but also with previous stages of occupation.	variscite	Unknown age
2 Beads	Goikolau, Berriatua: (G.Z2.b7.23/11) Cave, excavated in 1981 (by C. Basas) (with a variscite necklace, flint points, etc., in a first phase of inhumation).	variscite	Probably Chalcolithic-Bronze Age
5 Beads	Txotxinkoba, Gizaburuaga: (TXO.B7/B9/B11/B13/A13) Sepulcral cave	variscite	Aeneolithic
7 Beads	Cueva del Moro, Olvena. Upper chambers. Sepulchral cave. 4600 BC not CAL.	variscite	Ancient Neolithic

Tabl. I: Samples of variscite beads from the Iberian Peninsula analysed in the CALLAIS project.

ALBERITE I	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

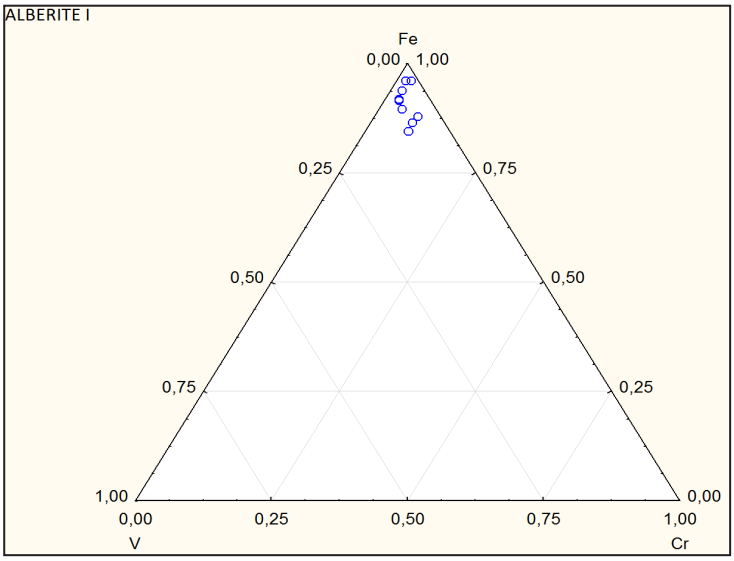
ALBERITE I						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	0	1	0	
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	0	0	0	1	0	
PL	0	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

SITE NAME : ALBERITE I Number of objects total : 5 Number of analyses : 11	Univocal response : Encinasola

4.1 PIXE analysis. Sites from Spain

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn
Albérite I	5	11	min	1622	0	175500	0	206154	421	2298	655	844	449	0
			max	12479	3305	211311	40236	246240	7550	23208	2096	1589	1809	59
			X	7346	1646	202653	4180	235535	1803	7852	1138	1103	940	8
			σ	3870	1525	11220	12014	10799	2088	7140	519	227	544	18
			δ%	53	93	6	287	5	116	91	46	21	58	226

	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	15863	0	2	31	22	34	361	0	0	0	0	0	0	1	2	85	0,43	1407
max	58006	22	43	340	118	72	1271	13	1114	87	69	6	19	8	8	96	1,89	2915
X	23772	9	16	136	52	45	964	3	166	18	26	1	6	5	4	91	0,88	2043
σ	12553	8	14	116	35	10	309	5	319	30	29	2	8	2	2	4	0,56	617
δ%	53	92	84	86	68	22	32	160	192	164	110	190	127	36	63	4	64,26	30



● Alberite I dolmen. Villamartín, Cádiz, Spain. A corridor dolmen with a calibrated age of 4333-3977 and 4245-3641, 2 sigma Cal. BC. (Hearths) Beta 80600. Neolithic. Superb burial goods with a big quartz smoky monocrystal, more than a thousand necklace beads of variscite and shell, polished axes and a chisel, a baetylus idol stone, large blades of flint, amber (simetite) beads, a stone palette (dolerite), cinnabar and hematite ochres, etc. (Domínguez-Bella, Morata, 1995, 1996; Ramos Muñoz, Giles, 1996).

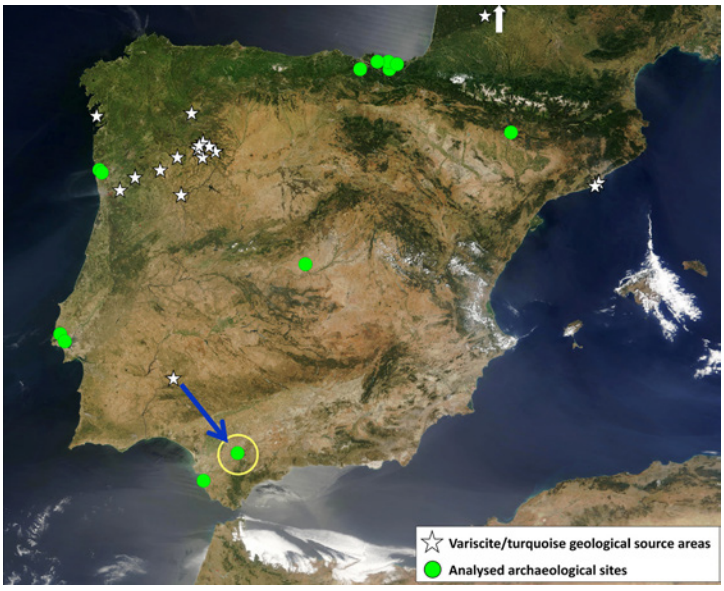
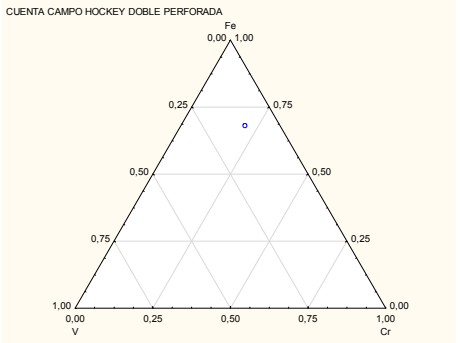
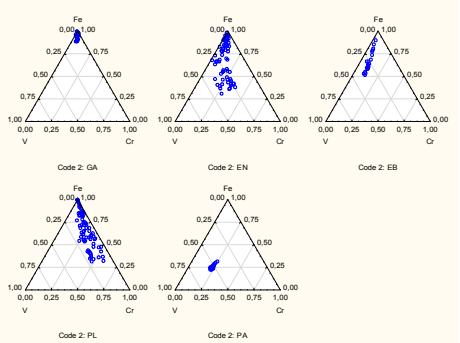
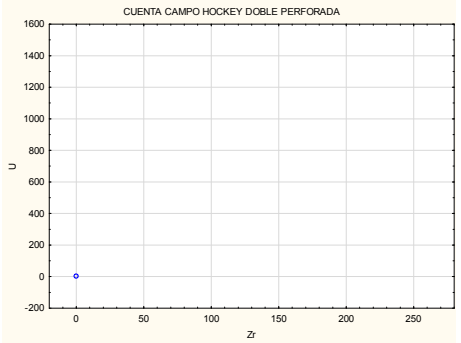
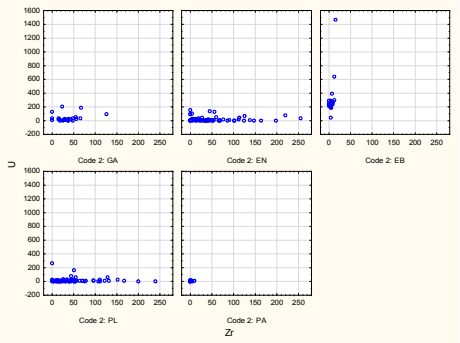
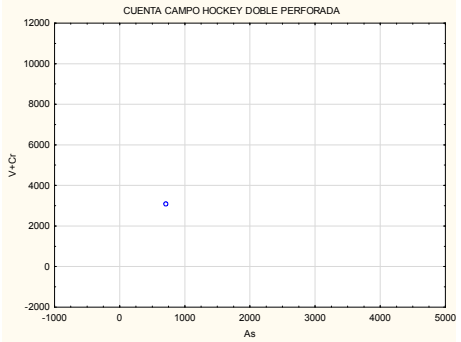
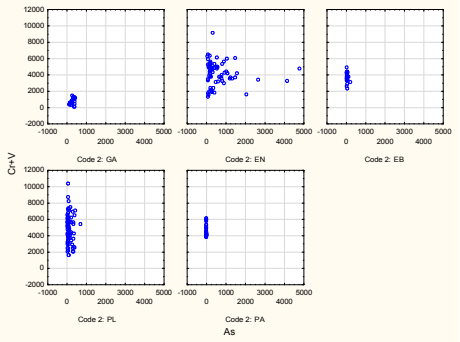
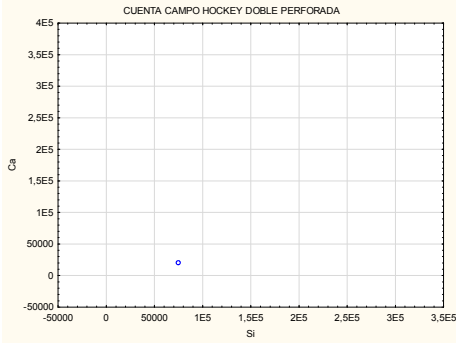
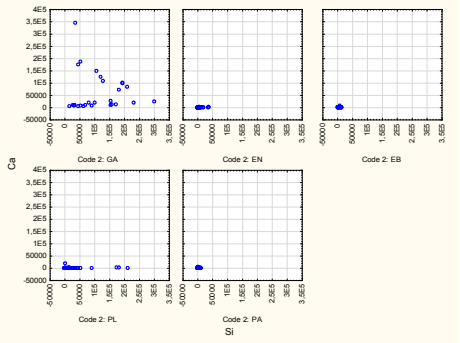


Fig. 8: A: Chemical composition table of variscite objects from the site of Alberite I. "no" number of objects analyzed; "na" : number of PIXE analyses; min, max : minimum and maximum values of the variable; X and σ : mean and standard deviation ; δ% : dispersion coefficient in percentage (); V*, Cr*, Fe* are the values normalized to 100% with respect to the sum (V+Cr+Fe). All elemental concentrations are expressed in part per million (ppm). B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the Alberite I site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in Alberite I.

CAMPO HOCKEY	REFERENTIEL		
		GA EN EB PL PA	0 1 0 1 0
		A	
		GA EN EB PL PA	1 1 0 1 1
		B	
		GA EN EB PL PA	0 1 0 - 0
		C	
		GA EN EB PL PA	1 0 0 1 0
		D	

CAMPO HOCKEY						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	Indétermination (Encinasola / Palazuelo)
EN	1	1	1	0	0	
EB	0	0	0	0	0	
PL	1	1	-	1	0	
PA	0	1	0	0	0	

SITE NAME : CAMPO HOCKEY Number of objets total :1 Number of analyses :1	Non-univoque response : indetermination (Encinasola/ Palazuelo)

• Campo de Hockey, San Fernando, Cádiz. South Spain: Middle Neolithic necropolis. 4200-3900 BC cal. (Vijande, E. et al., 2015) A reused variscite bead.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn
Campo de Hockey	1	1	7480	1839	191880	75214	172980	2932	20122	941	1086	1997	26

Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6533	9	82	80	43	73	713	9	159	0	0	0	0	11	21	68	1,84	3083

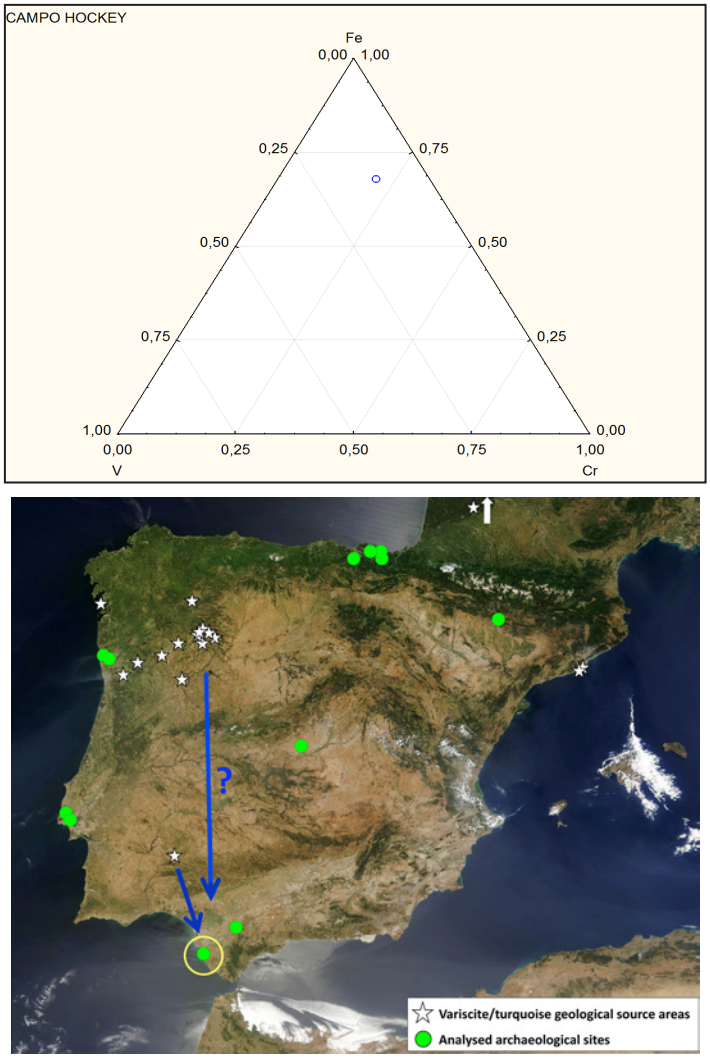
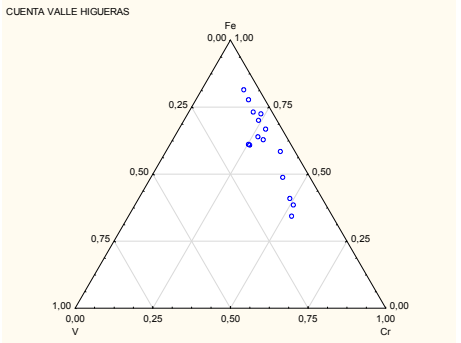
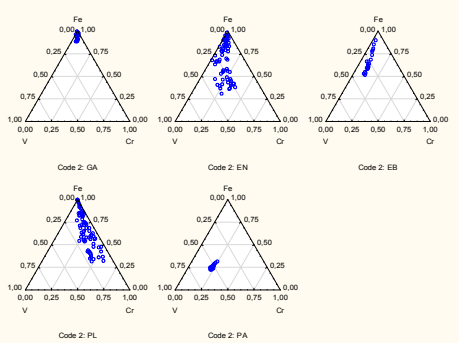
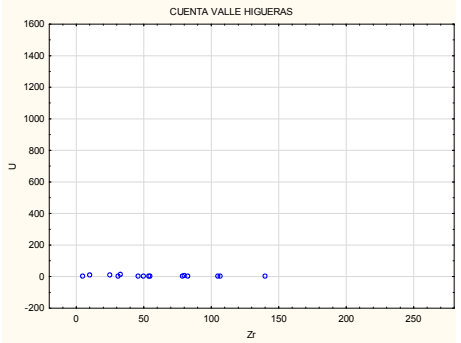
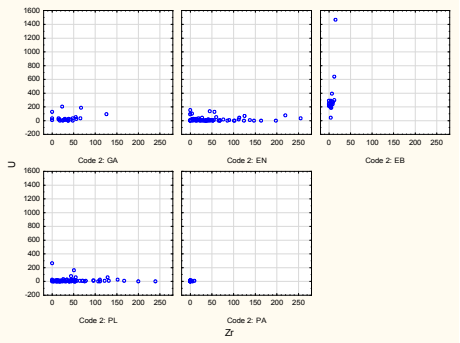
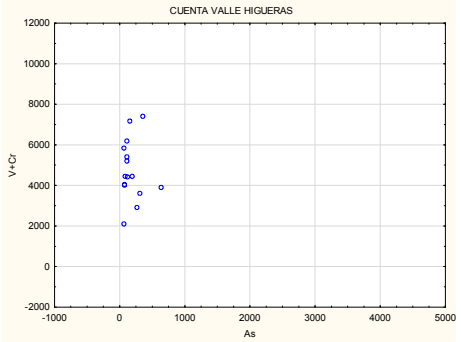
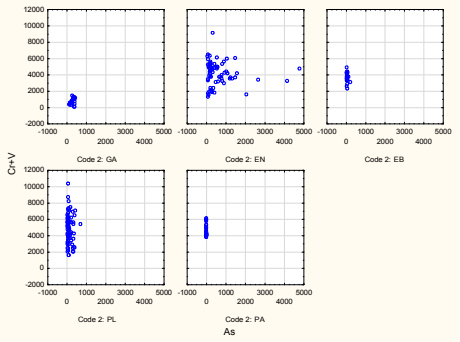
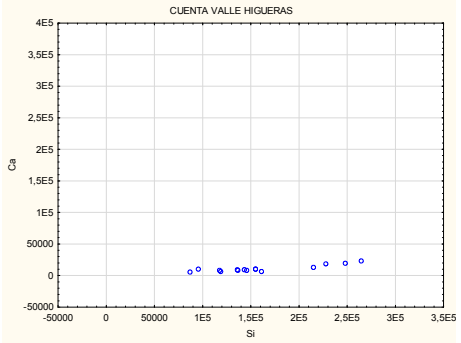
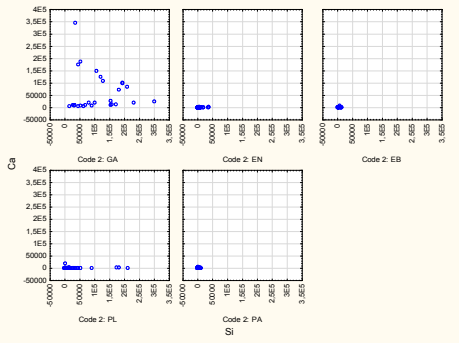


Fig. 9: - A: Chemical composition table of variscite objects from the site of Campo de Hockey, San Fernando, Cádiz. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

VALLE HIGUERAS	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

VALLE HIGUERAS						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	0	0	
EN	0	1	1	0	0	
EB	0	0	1	0	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	1	0	0	

SITE NAME: VALLE HIGUERAS Number of objects total :14 Number of analyses :15	Univoque response : Palazuelo

• Valle de las Higueras, Toledo, Central Spain: Chalcolithic necropolis.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn
Higueras	14	15	min	2778	595	98784	87455	70588	1958	5029	460	230	1852	0
			max	11272	8598	173262	264571	192182	13064	22301	2294	1664	5731	47
			X	6314	3373	140180	160671	144294	6009	10591	1286	1027	3700	18
			σ	2885	2532	20704	54011	36549	3407	5183	612	429	1175	14
			δ%	46	75	15	34	25	57	49	48	42	32	76

	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	2919	0	0	67	5	12	71	0	50	0	5	0	0	4	14	34	1,86	2082
max	23468	22	5	276	101	315	643	10	264	17	140	0	13	14	53	81	8,05	7381
X	8811	9	2	164	40	144	187	4	151	3	60	0	3	8	31	61	4,12	4727
σ	6186	6	2	83	30	89	156	3	74	5	38	0	5	3	12	14	1,61	1474
δ%	70	72	82	51	73	62	84	74	49	156	64		168	41	40	24	39,13	31

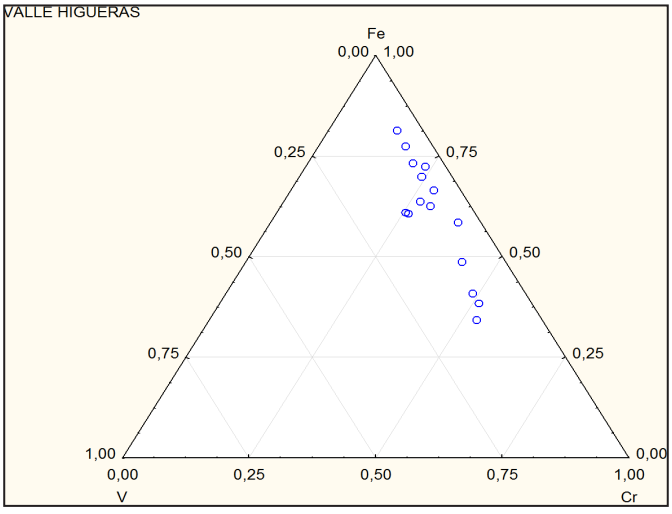
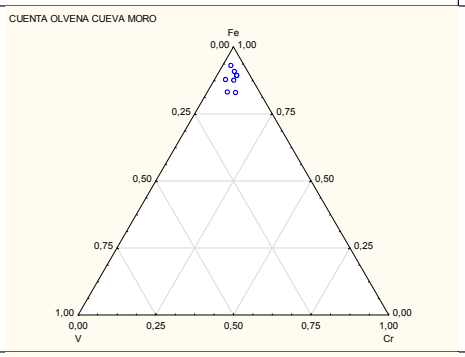
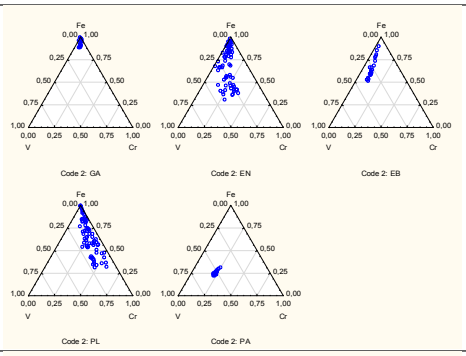
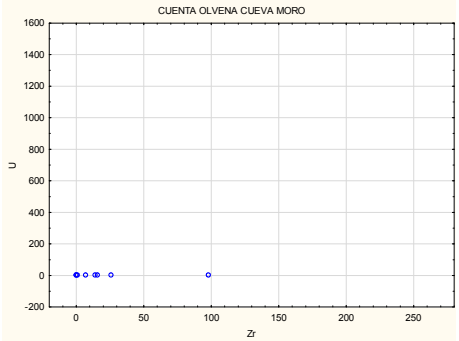
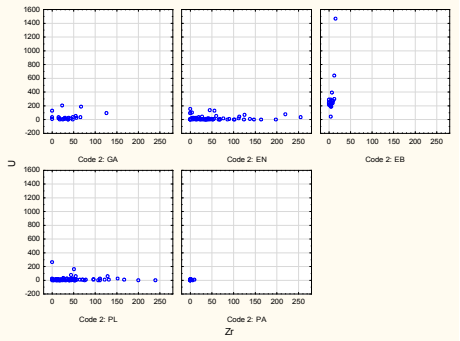
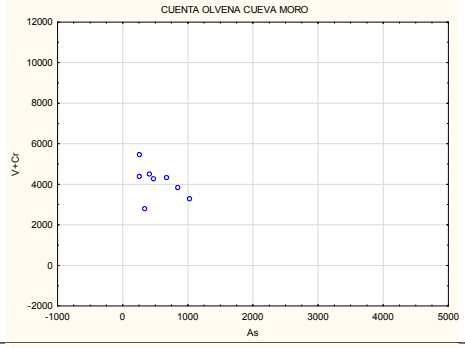
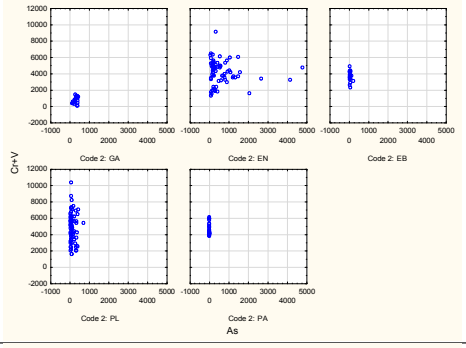
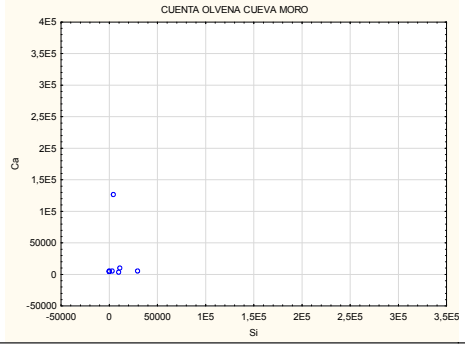
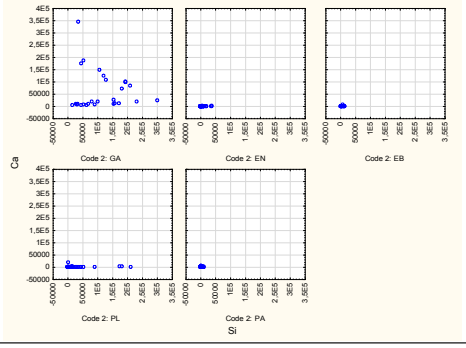




Fig. 10: - A: Chemical composition table of variscite objects from the site of Valle de las Higueras, Toledo, Central Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

OLVENA	REFERENTIEL		
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

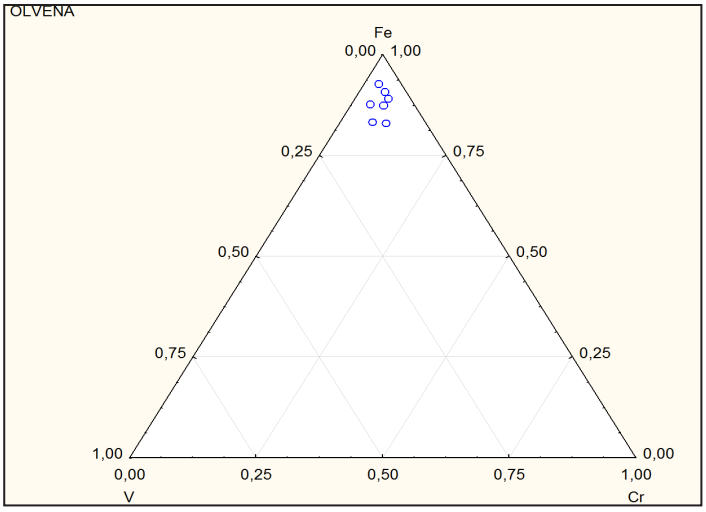
OLVENA						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	1	1	0	1	0	Gavá
EN	1	1	1	1	1	Encinasola
EB	1	0	0	1	0	
PL	1	1	0	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

SITE NAME : OLVENA Number of objects total :7 Number of analyses :8	Univocal Response : Gavá / Encinasola

• Olvena, Cueva del Moro. Northeast Spain: Neolithic cave. Ancient Neolithic. (Baldellou *et al.*, 2012)

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn
Olvena	7	8	**min**	1620	0	143035	0	206250	730	3095	356	1094	1135	0
			max	11914	16553	202980	29678	245062	11769	125808	3540	2698	2918	56
			X	4172	2373	187147	7443	231815	3405	20300	1089	2106	2000	11
			σ	3644	5734	21142	10058	14354	3853	42674	1155	538	655	19
			δ%	87	242	11	135	6	113	210	106	26	33	177

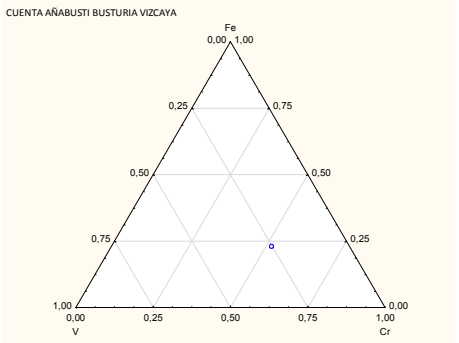
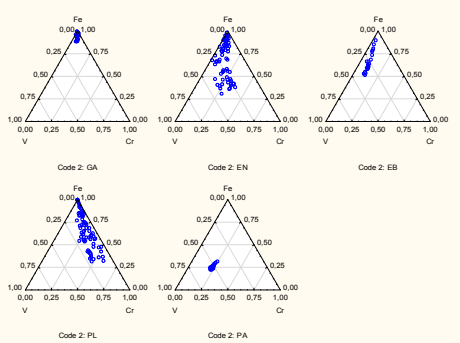
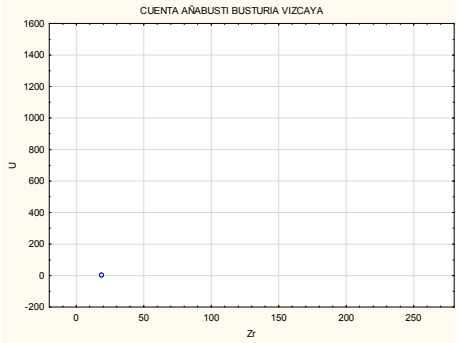
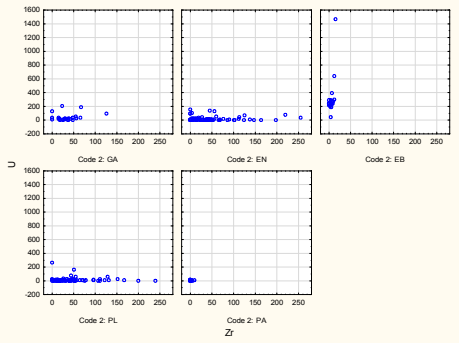
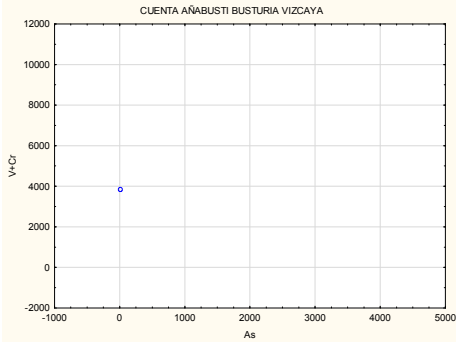
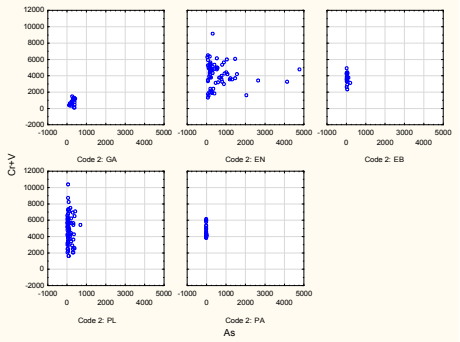
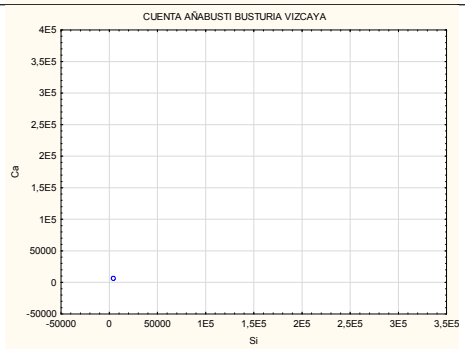
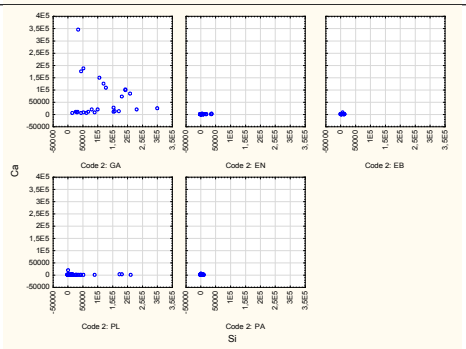
	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	21138	0	0	71	6	180	256	0	7	0	0	0	0	4	3	83	0,42	2794
max	53704	41	47	297	66	901	1033	33	260	12	98	0	3	10	9	93	1,58	5461
X	32064	15	10	180	28	414	539	9	120	5	20	0	0	6	6	88	1,02	4106
σ	11523	17	16	94	22	263	287	12	76	4	33	0	1	2	2	3	0,43	813
δ%	36	114	165	53	79	64	53	133	63	99	162		283	39	34	4	41,93	20



For Olvena, it seems that the origin is Encinasola or Gavá (Figure 11 B), but this apparent not expected result can be due to the burning of these archaeological samples and a possible geochemical change in many parameters of their composition. We agree with other previous authors in a Gavá origin for these materials (Figure 11 C).



Fig. 11: - A: Chemical composition table of variscite objects from the Cueva del Moro, Olvena, Huesca, NE Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

AÑABUSTI	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	1
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

AÑABUSTI						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	Indétermination Palazuelo/ Encinasola
EN	1	1	1	1	1	
EB	0	0	1	1	0	
PL	1	1	1	1	1	
PA	0	1	1	1	0	

SITE NAME : AÑABUSTI Number of objets total :1 Number of analyses :1	Non-Univoque response : indetermination Encinasola or Palazuelo

• Añabusti, Dolmen de Urdaibai (in Sollube), nowadays practically destroyed (variscite appeared in surface). Neither absolute dating available nor diagnostic materials. Near the dolmen exist an archaeological site with Chalcolithic-Bronze age chronology. We have analysed 1 bead, very altered in surface.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Añabusti	1	1	29506	504	180862	4842	243491	22353	5778	144	1252	2578	12	1147

Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
8	12	141	108	28	15	9	4	0	19	0	0	25	52	23	2,06	3830

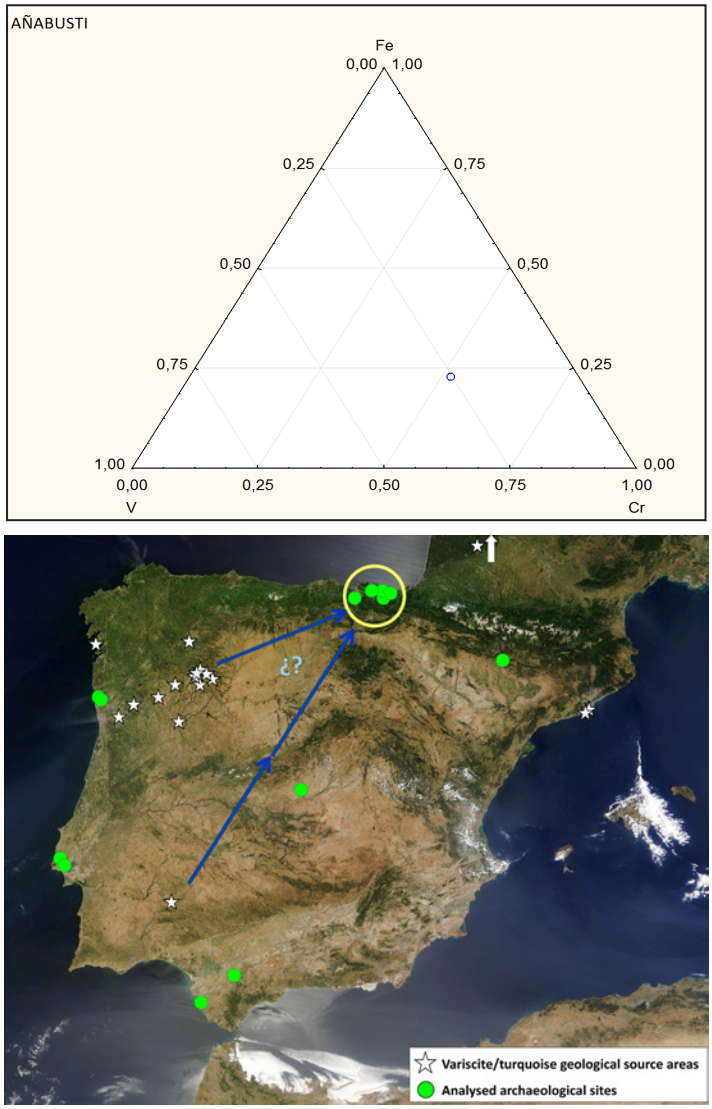
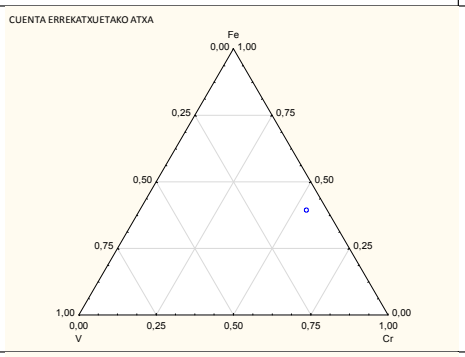
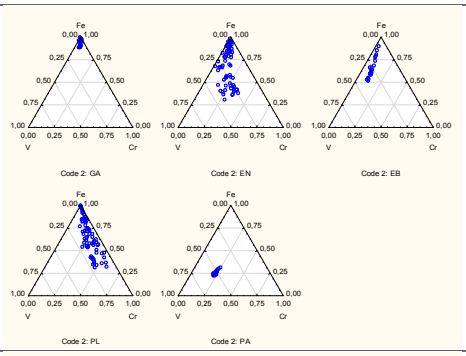
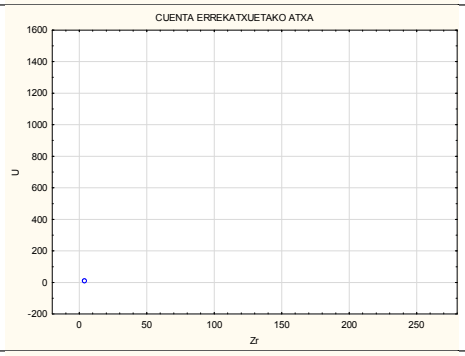
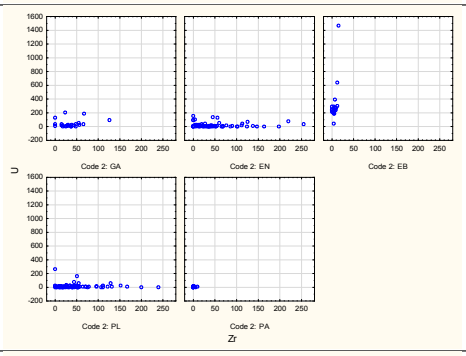
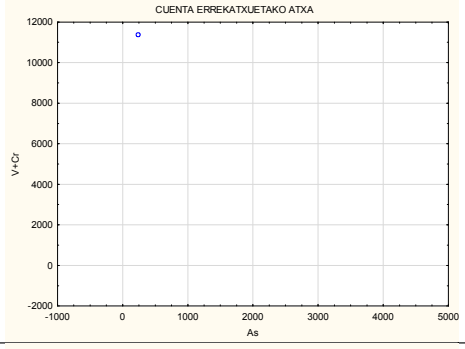
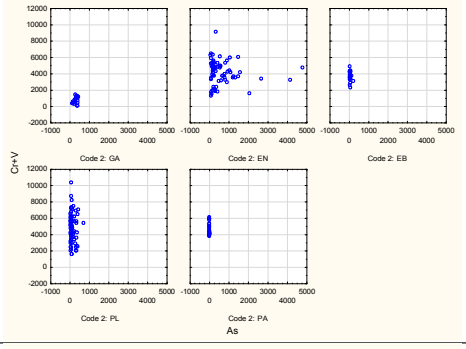
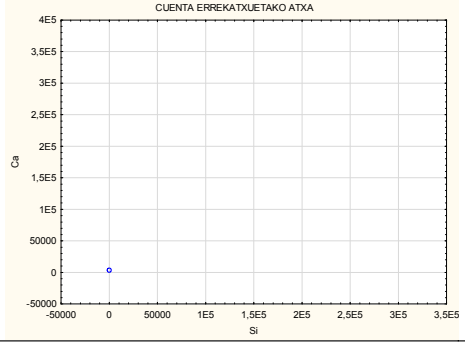
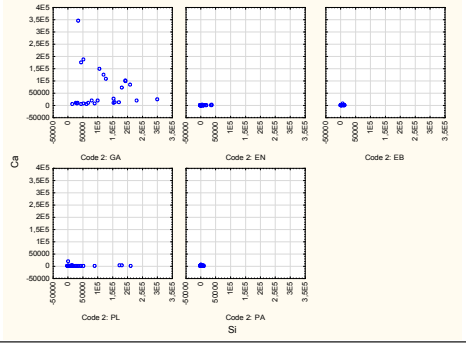


Fig. 12: - A: Chemical composition table of variscite objects from the Dolmen de Urdaibai, Añabusti, Sollube, North Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

ERREKATXUETAKO	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

ERREKATXUETAKO						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	0	1	1	1	0	
EB	0	1	0	1	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	1	0	1	0	

SITE NAME : ERREKATXUETAKO Number of objets total : 1 Number of analyses :1	Univocal response : Palazuelo

• Errekatxuetako Atxa: Dolmen de Gorbeia, excavated in 2006. No absolute dating available. Main phase of second half of III millennium Cal. BC. Very homogeneous materials, with typical Bell-Beaker culture elements, without ceramic.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Errekatxuetako	1	1	4900	0	206834	0	245427	1676	3270	1310	1253	10118	46	7371

Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
28	3	87	36	191	240	5	3	0	4	0	10	7	54	39	8,08	11371

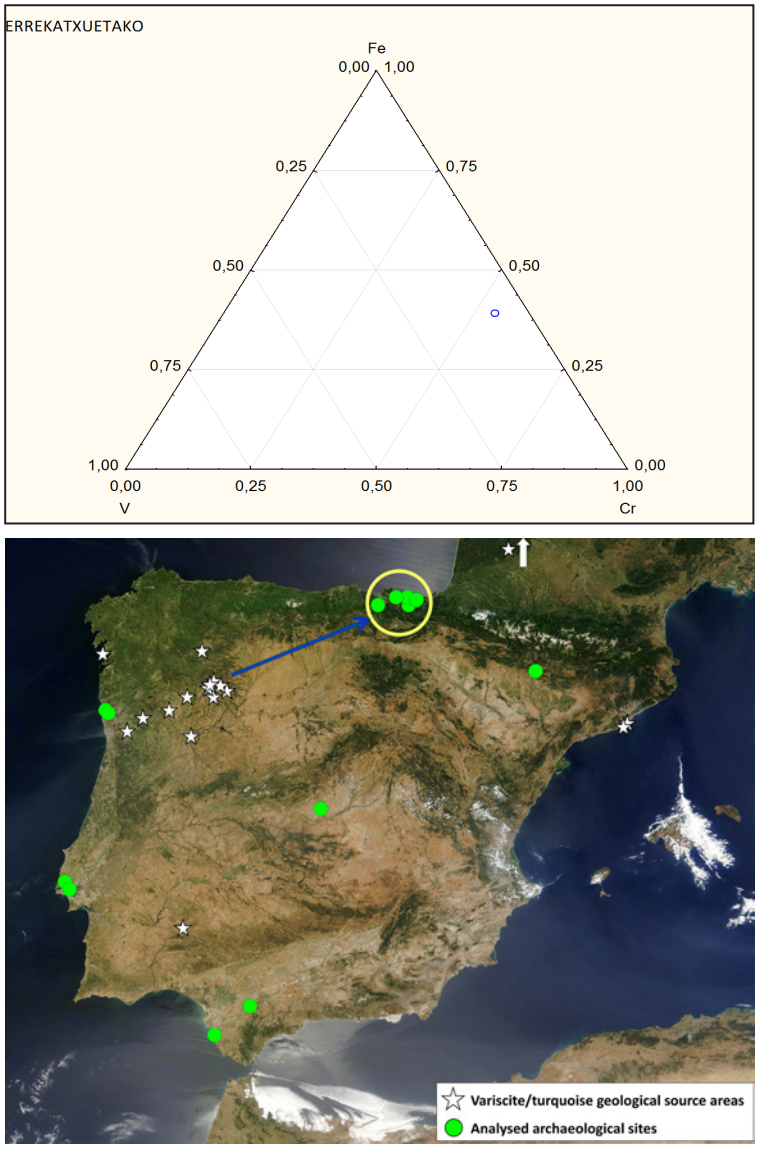
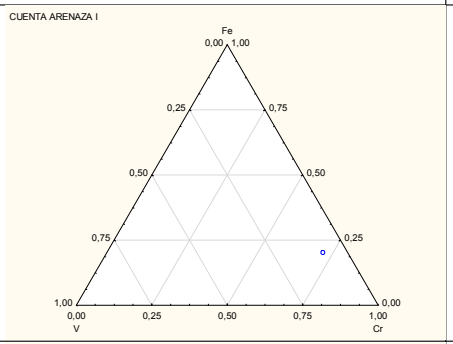
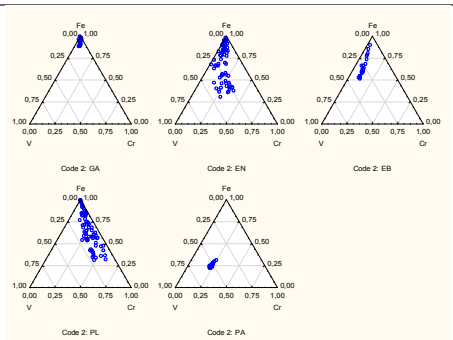
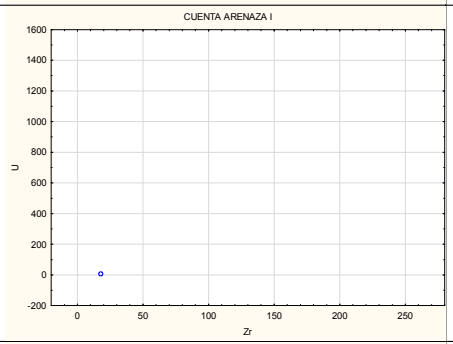
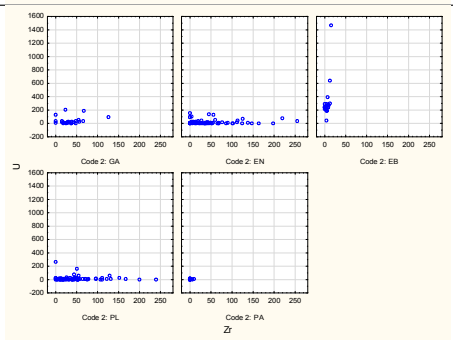
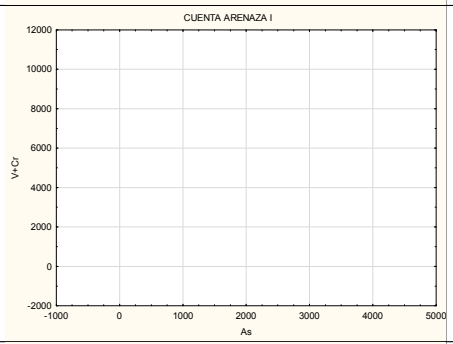
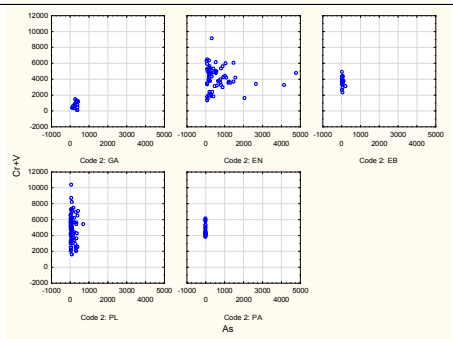
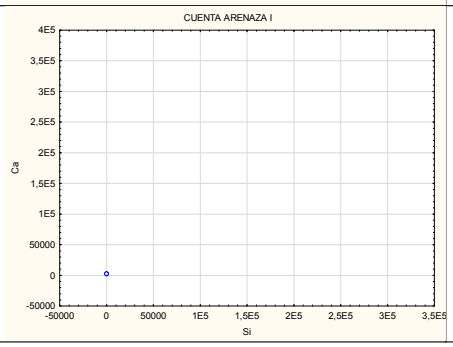
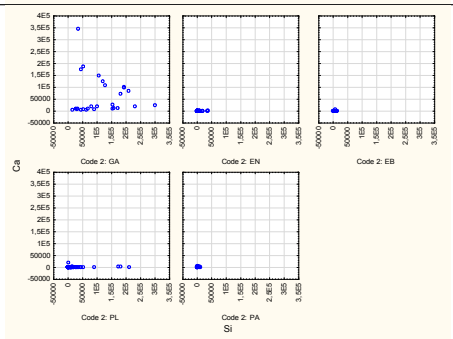


Fig. 13: - A: Chemical composition table of variscite objects from the Dolmen de Gorbeia, Errekatxuetako Atxa, North Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

ARENAZA I	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		B	
		GA	-
		EN	-
		EB	-
		PL	-
		PA	-
		Cr=11253 ppm	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

ARENAZA I						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	-	1	0	
EN	0	1	-	1	0	
EB	0	1	-	1	0	
PL	1	1	-	1	1 ?	Palazuelo (Anomalie en Cr)
PA	0	1	-	1	0	

NOM DU SITE : ARENAZA I Nombre d'objets total :1 Nombre d'analyses :1	Réponse non univoque : indétermination - Palazuelo ? Forte anomalie en chrome Cr=11253ppm

• Arenaza, A cave with a good stratigraphy of Chalcolithic and Bronze Age, but also with previous stages of occupation. Unknown age.

site	no	na	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Arenazal	1	1	1898	0	212063	0	247163	1130	2284	683	1274	11253	86	3182

Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
14	0	69	42	78	59	1	16	0	18	0	7	8	72	20	8,83	12527

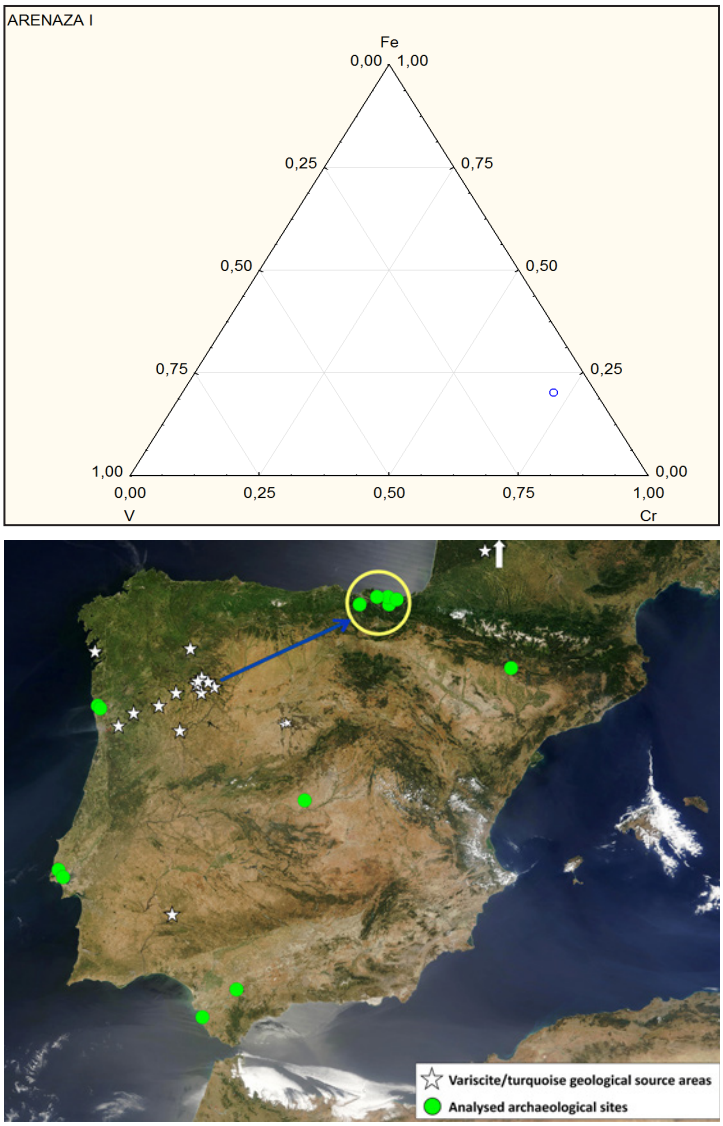
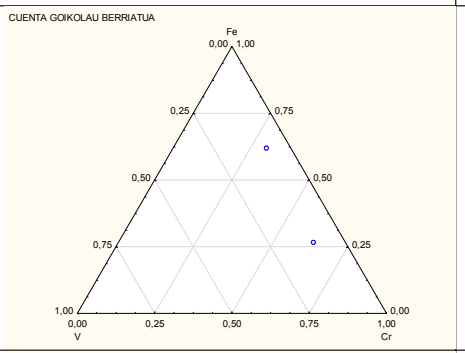
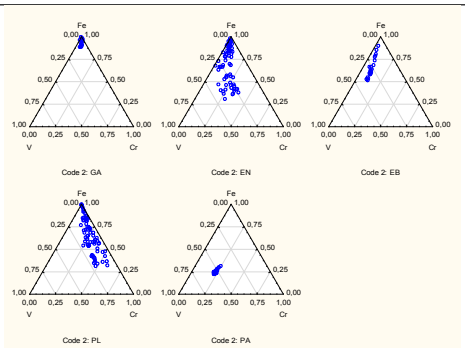
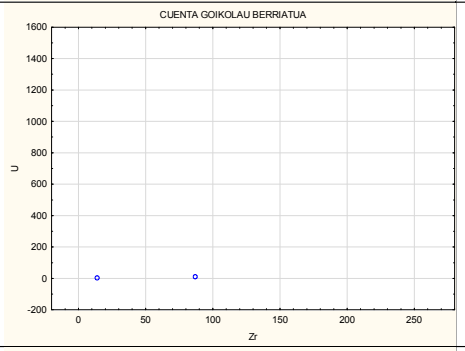
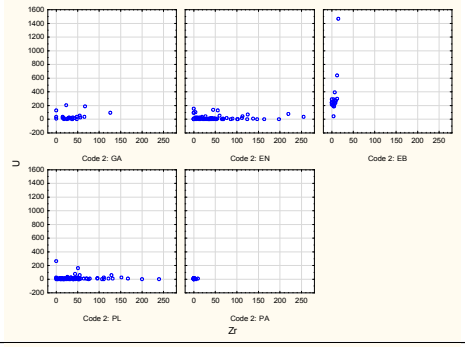
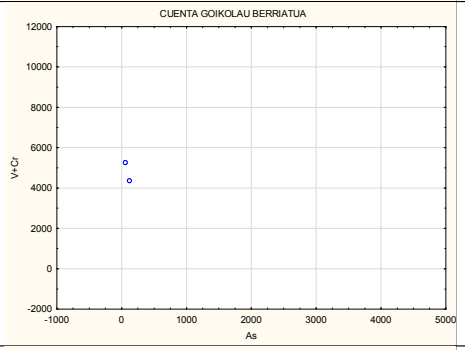
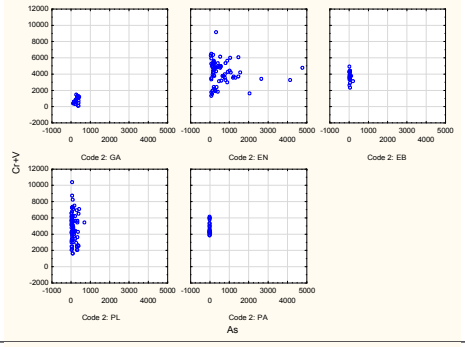
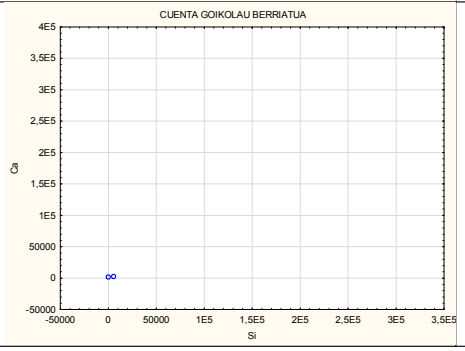
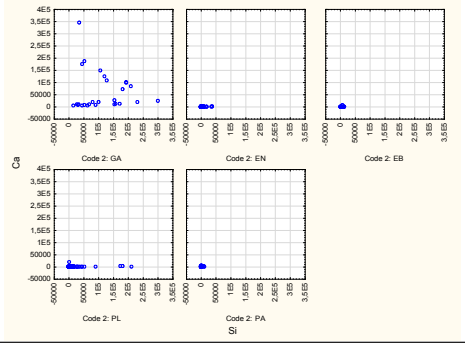


Fig. 14: - A: Chemical composition table of variscite objects from Arenaza cave, North Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

GOIKOLAU	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

GOIKOLAU						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	
EN	0	1	1	1	0	
EB	0	0	1	1	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	1	1	0	

SITE NAME: GOIKOLAU Number of objects total :2 Number of analyses :2	Univocal response: Palazuelo

• Goikolau, Cave with an impressive burial structure. Excavated in 1981 (by C. Basas) (with a variscite necklace, flint points, etc., in a first phase of inhumation). Probably Chalcolithic-Bronze Age.

site	no	na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Goikolau	2	2	0	213820	0	251415	1108	1343	431	740	4505	26	1887
			0	208244	5727	241953	3070	2291	856	896	3454	7	7069

Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
3	4	57	15	43	59	4	3	0	14	0	0	10	63	26	6,09	5245
12	2	65	32	90	123	2	7	0	87	0	8	8	30	62	3,85	4350

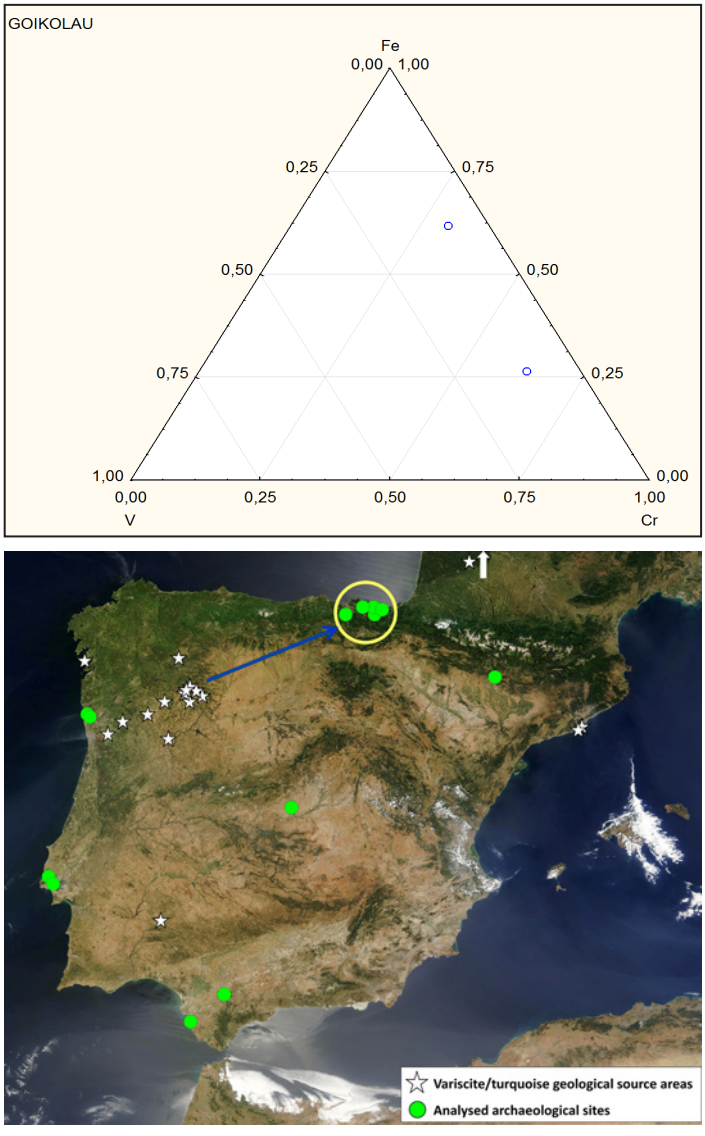
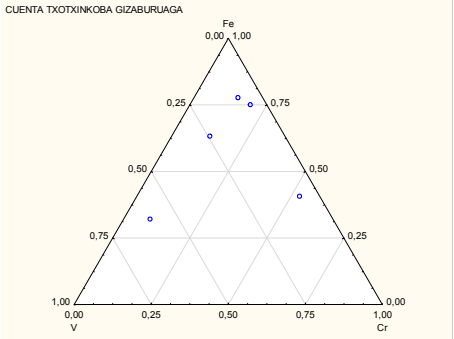
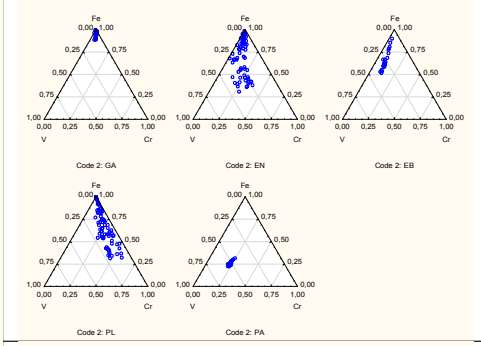
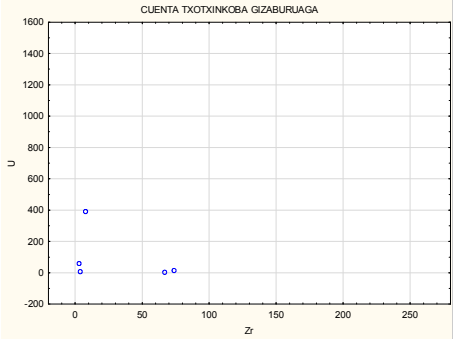
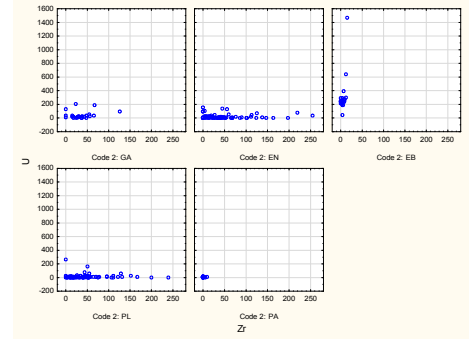
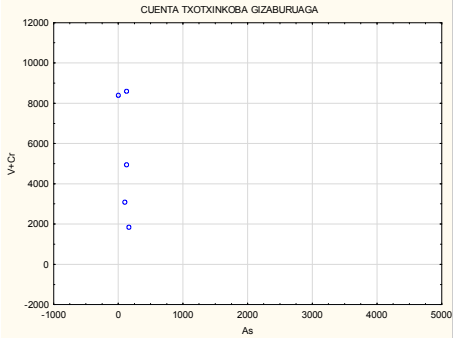
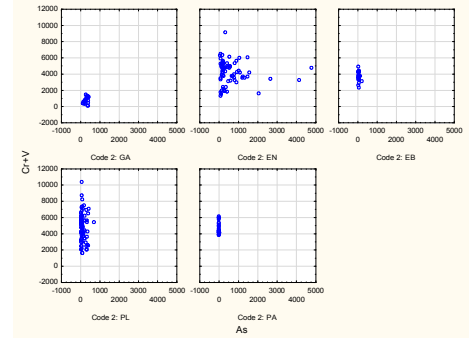
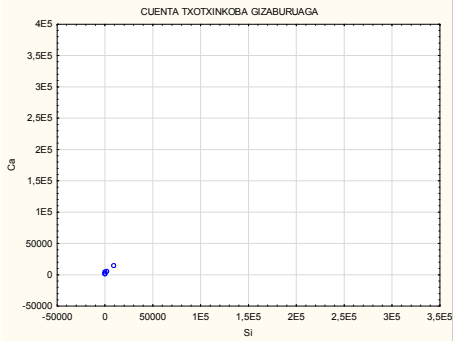
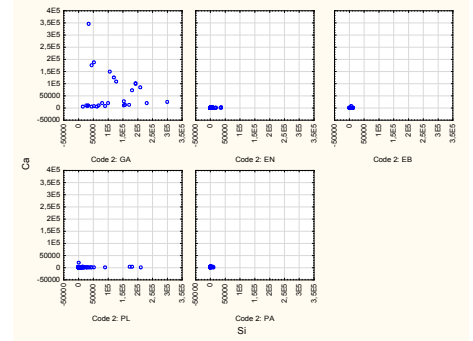


Fig. 15: - A: Chemical composition table of variscite objects from Goikolau Cave, North Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

TXOTXINKOBA	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	0
		PA	0
		A	
		GA	
		EN	
		EB	1
		PL	
		PA	
		B	
		GA	
		EN	1
		EB	
		PL	1
		PA	
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

TXOTXINKOBA						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	1	0	Indétermination (Palazuelo, Encinasola, Gavá)
EN	0	0	1	1	0	
EB	1	0	0	1	0	
PL	1	0	1	1	0	
PA	0	0	0	1	0	

SITE NAME: TXOTXINKOBA Number of objects total: 4 Number of analyses : 4	Univocal response: Palazuelo, Encinasola, Gavá Non-univocal response: 2 different sources ? to consider separately

• Txotxinkoba: Sepulchral cave in the Lea river basin. Excavated by J.M. Apellániz and E. Nolte in 1967. With carinated ceramic. Estimated dating at the "Last Aeneolithic"

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Txotxinkoba	4	4	max	2695	0	209761	0	242586	1474	1283	65	652	1041	4	5283
			X	8460	633	213920	1866	246776	5872	5351	1510	2028	7646	29	14815
			σ	4952	158	211557	467	243713	3030	3018	998	1167	3442	18	8085
			δ%	2756	317	1987	933	2045	2002	1906	640	598	3096	12	4509
				56	200	1	200	1	66	63	64	51	90	65	56

	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
max	0	2	63	22	2	107	0	2	0	4	0	3	5	12	41	0,51	1833
X	23	5	309	293	138	170	12	35	32	74	0	391	24	53	78	8,08	8592
σ	12	3	129	96	80	138	4	12	10	38	0	103	11	25	64	3,54	4609
δ%	10	1	120	132	66	26	5	16	15	37	0	192	9	19	17	3,31	2947
	85	47	94	137	83	19	128	133	153	98		186	81	76	26	93,46	64

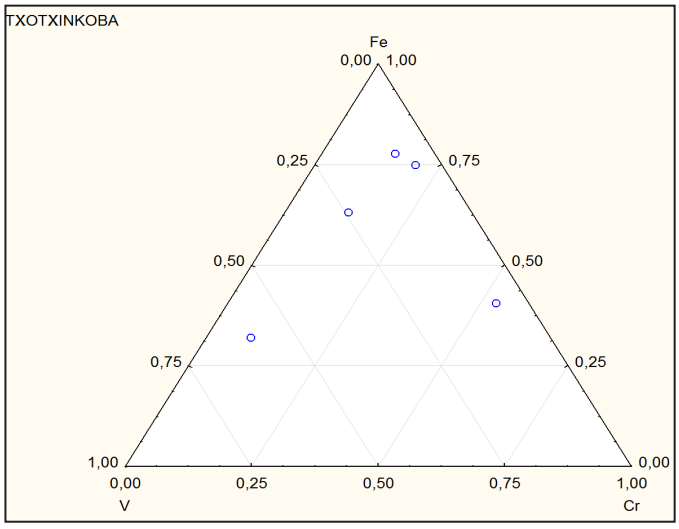
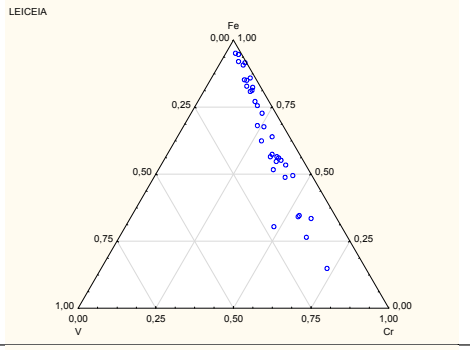
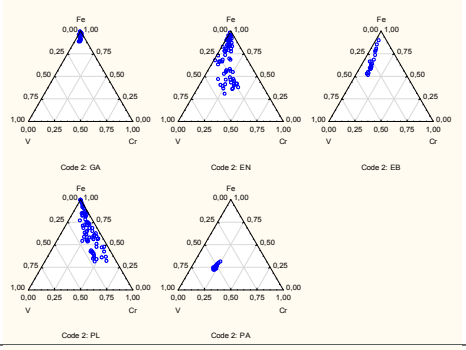
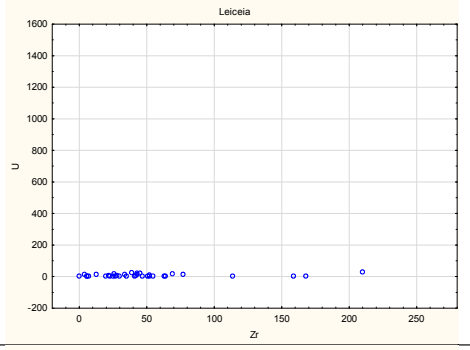
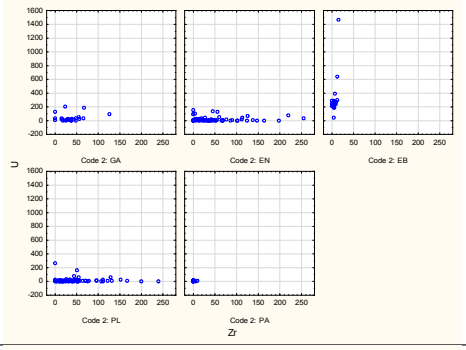
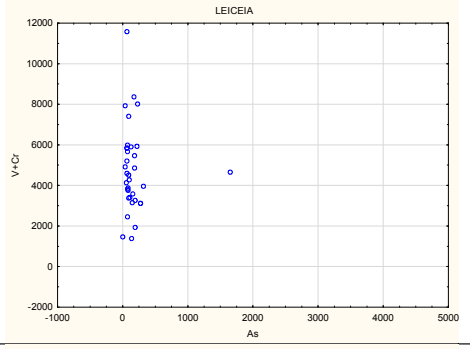
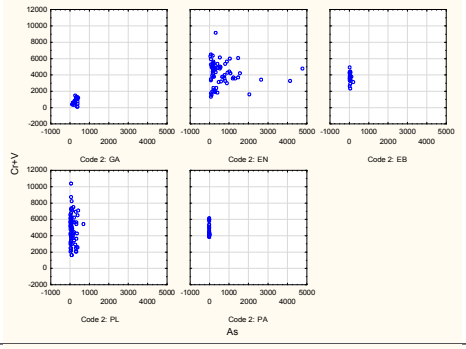
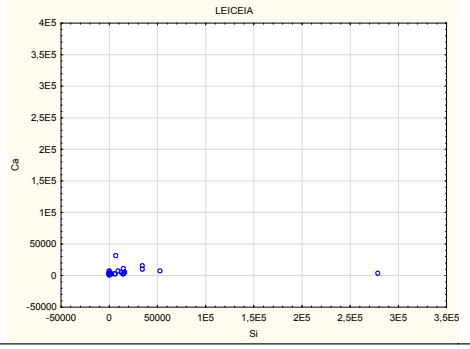
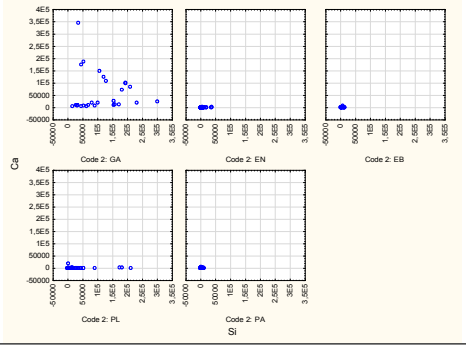


Fig. 16: - A: Chemical composition table of variscite objects from Txotxinkoba Cave, North Spain. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.



Variscite probably arrived to Bizkaia (N. Spain) specially after the Chalcolithic. It is possible that in the Neolithic existed a punctual "entrance" for variscite in dolmens with a Bell-Beaker phase (as Errekatxueta) and in collectives sepulchral caves, with a Chalcolithic-Bronze Age sequence, between the end of the IV millennium and the end of II millennium Cal. BC.

LEICEIA	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		D	

LEICEIA						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	0	0	
EN	0	1	1	1	0	
EB	0	0	0	0	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	1	0	0	

SITE NAME: LEICEIA Number of objects total :34 Number of analyses :34	Univoque response: Palazuelo

4.2 PIXE analysis Sites from Portugal

• Leceia, Lisbonne Region: Chalcolithic fortified settlement.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Leceia	34	34	min	1253	0	170092	0	213018	84	533	207	408	902	0	1367
			max	8587	2987	212032	52884	254925	5234	30892	2811	3590	7963	67	79698
			X	3222	347	200848	7154	243327	1564	4506	1177	936	3910	25	13892
			σ	1529	728	9812	12291	10604	1150	5603	618	553	1629	16	15791
			δ%	47	210	5	172	4	73	124	53	59	42	67	114

	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	0	0	199	8	19	39	0	0	0	0	0	0	1	3	15	1,98	1357
max	30	34	728	1033	333	1660	22	218	10	210	0	28	22	73	95	7,91	11553
X	12	6	292	82	133	178	3	19	2	50	0	6	7	30	63	4,46	4845
σ	8	8	101	178	76	272	5	38	3	47	0	8	4	18	21	1,42	2053
δ%	68	123	34	216	57	153	183	196	127	94		135	63	60	34	31,9	42

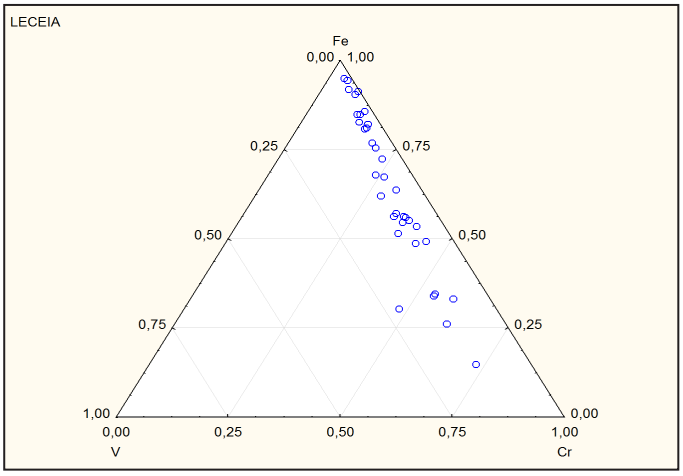
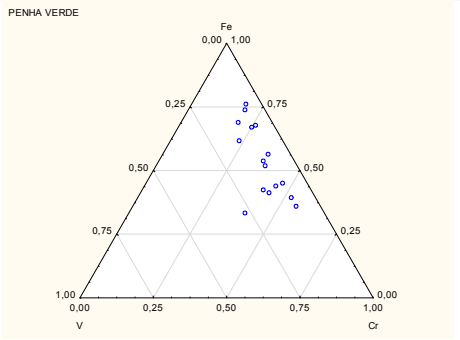
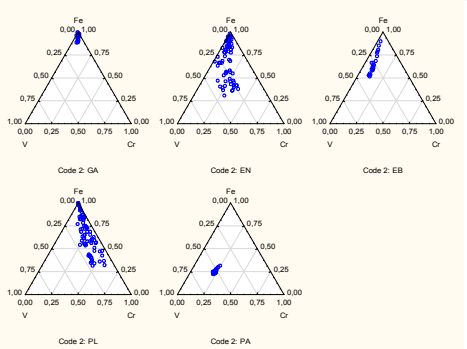
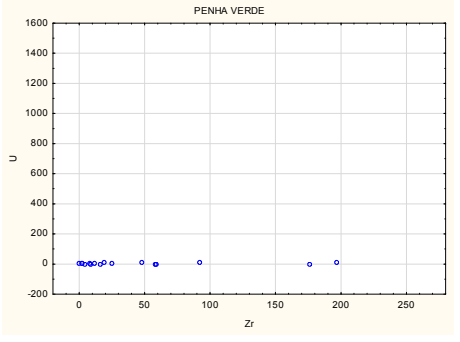
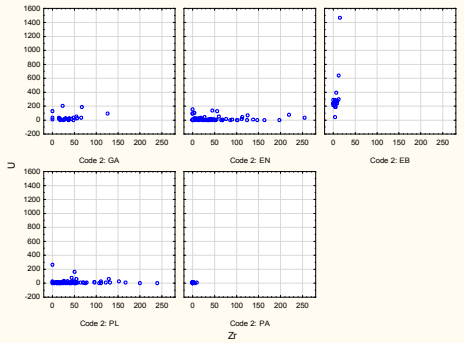
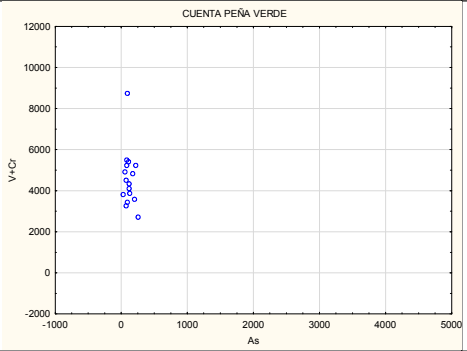
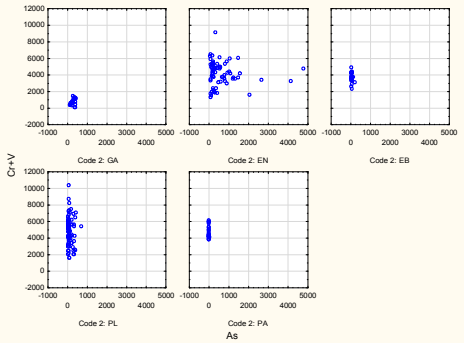
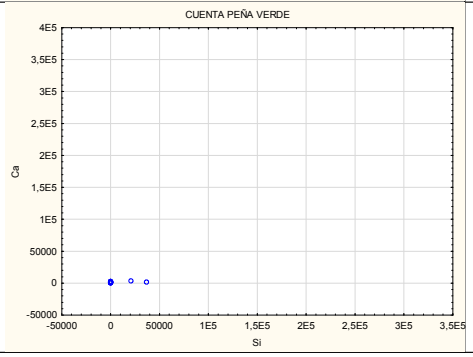
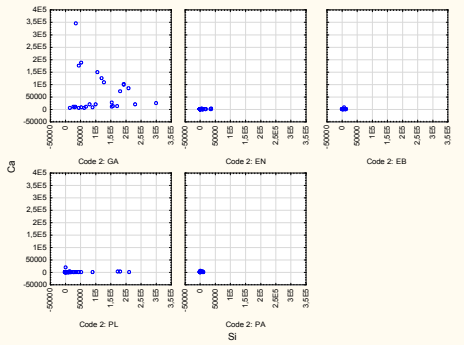




Fig. 17: - A: Chemical composition table of variscite objects from Leceia archaeological site, Portugal. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

PENHA VERDE	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	0
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	0
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	0
		EN	1
		EB	-
		PL	1
		PA	0
		D	

PENHA VERDE						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	0	0	0	0	
EN	0	1	0	1	0	
EB	0	0	1	-	0	
PL	1	1	1	1	1	Palazuelo
PA	0	0	1	0	0	

SITE NAME : PENHA VERDE Number of objects total : 15 Number of analyses : 16	Univocal response: Palazuelo

Penha Verde, Lisbonne Region: Chalcolithic.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Pena Verde	15	16	min	370	0	191852	0	231809	203	322	266	595	1991	14	2240
			max	5893	0	213970	36946	253269	2668	3553	1775	1824	7604	83	10164
			X	2625	0	209506	3631	248653	1137	1300	865	1058	3517	36	5728
			σ	1543	0	5209	10333	6349	687	836	480	354	1339	18	2500
			δ%	59		2	285	3	60	64	56	34	38	50	44

	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	6	1	190	6	33	32	0	0	0	0	0	0	5	19	33	1,47	2693
max	37	9	558	34	366	263	9	246	20	197	0	12	27	56	76	6,72	8736
X	16	4	317	15	135	125	2	37	6	45	0	4	11	35	54	3,64	4574
σ	8	2	105	8	93	63	2	67	6	61	0	4	5	12	14	1,57	1389
δ%	52	65	33	55	69	50	124	183	108	134		105	49	34	26	43,25	30

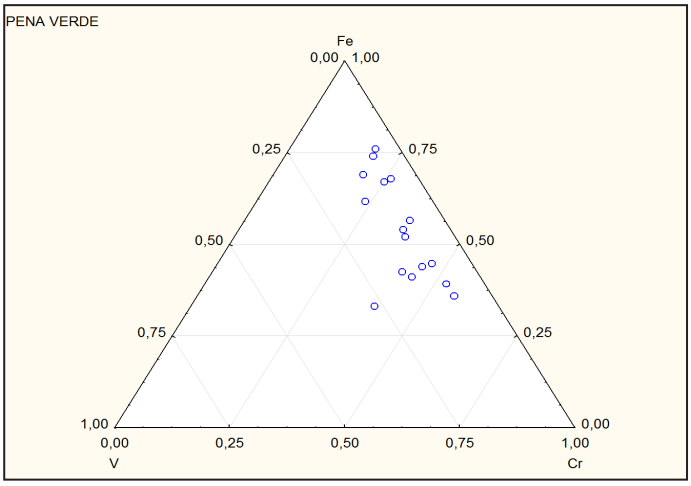
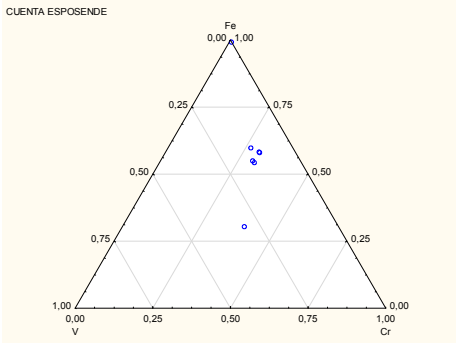
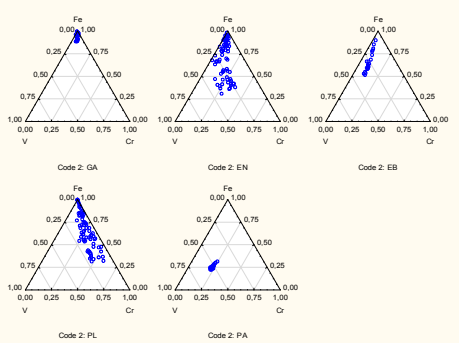
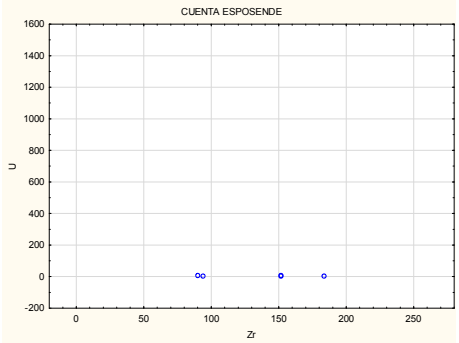
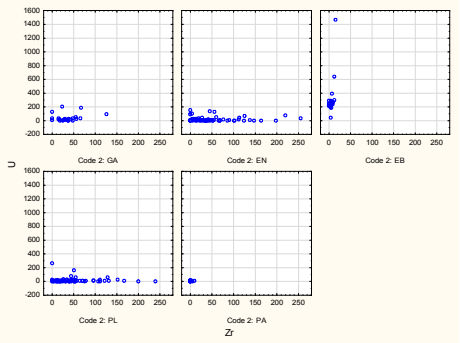
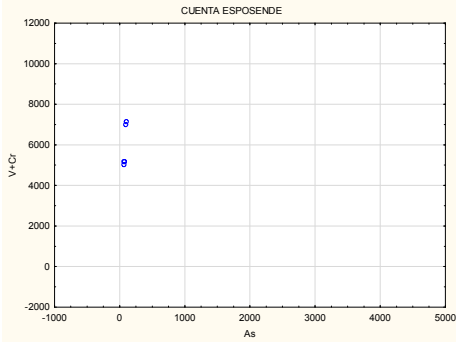
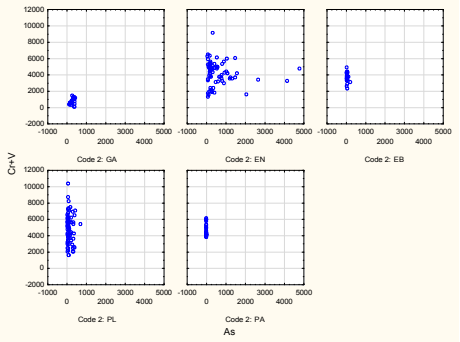
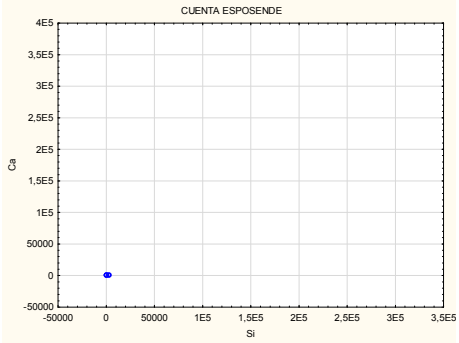
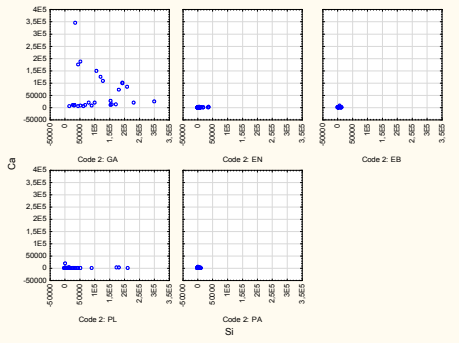




Fig. 18: - A: Chemical composition table of variscite objects from Penha Verde archaeological site, Portugal. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

ESPOSENDE	REFERENTIEL		
		GA	0
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		A	
		GA	1
		EN	1
		EB	0
		PL	1
		PA	0
		B	
		GA	0
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		C	
		GA	1
		EN	1
		EB	1
		PL	1
		PA	1
		D	

ESPOSENDE						
	A	B	C	D	Bilan	Provenance
GA	0	1	0	1	0	Indétermination (Palazuelo /Encinasola)
EN	1	1	1	1	1	
EB	0	0	1	1	0	
PL	1	1	1	1	1	
PA	0	0	1	1	0	

SITE NAME: ESPOSENDE Number of objects total :2 Number of analyses : 6	Non-Univocal response: indétermination - Palazuelo and/or Encinasola

Esposende. North Portugal. Two collar beads.

site	no	na		Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Esposende	2	6	min	379	0	207972	0	247792	409	111	292	1696	2560	0	1968
			max	3416	804	210429	3294	253598	1331	1146	1635	1961	5164	34	9787
			X	1452	134	209528	1166	251178	889	423	1234	1833	3832	13	6883
			σ	1034	328	1012	1488	2605	397	377	491	132	1048	13	2911
			δ%	71	245	0	128	1	45	89	40	7	27	101	42

	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
min	1	0	235	6	100	69	0	0	0	2	0	0	12	27	30	1,31	4521
max	26	5	479	20	168	107	3	8	8	184	0	8	30	39	60	2,63	7124
X	13	2	293	11	126	83	1	2	4	112	0	4	16	31	53	2,09	5665
σ	11	2	92	5	30	16	1	3	4	65	0	3	7	4	11	0,5	1109
δ%	82	89	31	50	24	19	245	214	111	58		88	43	14	21	23,79	20

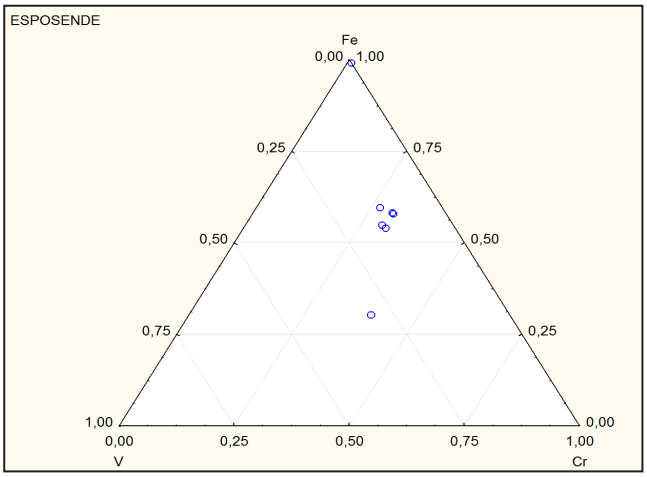




Fig. 19: - A: Chemical composition table of variscite objects from Esposende archaeological site, Portugal. B: Comparison of chemical analyses of variscite objects with the chemometric model reference frame applied to the site. C: Medium-Long distance mobility and possible provenance for the variscite samples in this site.

Conclusions

Using techniques for geochemical analysis with a non-destructive or minimally invasive character for the sample, such as PIXE and LA-ICP-MS spectroscopy, we have analysed a broad set of archaeological samples from the Recent Prehistory in the Iberian Peninsula and practically all the European geological deposits of phosphate minerals as variscite and turquoise, that appear associated with them.

We have confirmed that a relatively good discrimination has been obtained through an interactive geochemical model using specially the Fe-Cr-V relationship, represented by a triangular diagram, joined to the study of elementary relationships between the Zr-U, Si-As, Mg-Ca contents and another chemical elements presence.

These geochemical results, on these archaeological samples obtained especially by PIXE and confirmed by LA-ICP-MS techniques, were discussed in relation to their possible provenance areas, related with the three main geological areas with variscite and turquoise outcrops in the Iberian Peninsula: Palazuelo de las Cuevas-San Vicente area, that included other sites as El Bostal and Bragança district in Portugal; Pico Centeno mines, Encinasola area, in Huelva province, SW Spain; and Gavá mines in Catalonia, NE Spain. Other possible sources in Iberia and the rest of Europe have also been checked.

Some of the provenances of the groups of archaeological objects of a particular site and chronology have been very clearly identified.

Thus, the variscites of the Dolmen de Alberite I, in Cadiz province, South Spain, seem to come from the area of Encinasola, Huelva, the outcrop geographically closest to that dolmen. The only necklace bead in variscite found in the Middle Neolithic necropolis of the Campo de Hockey, Cádiz, an object very interesting because of presenting a reuse, seems to come from the Encinasola, Huelva source-area (but the presence of an associated turquoise pendeloque, raises doubts about its real chronology or if it is really a reuse of previous materials with other source-areas).

At the sites of Leceia and Penha Verde, in the region of Lisbon, variscite beads come from the area of Palazuelo de las Cuevas, Zamora, when they are actually closer to the source-area of Encinasola geological area.

At the archaeological site of Valle de las Higueras, Toledo, in the peninsular central area, the provenance seems to be the area of Palazuelo de las Cuevas, Zamora.

The analytical data of other authors for the origin of the ancient Neolithic necklace beads of Cueva del Moro, Olvena, South of the Pyrenees are confirmed, with a possible origin in the mines of Gavá, Barcelona, although these samples could have been burned, which seem to have modified partially their geochemistry, showing some anomalous data.

The different sites of the Basque Country present a great diversity, with many analysed beads of different nature to the phosphate minerals, there are several cases of compositions based on talc and other ferromagnesium silicates.

The variscites appear, in general, to come from Palazuelo, although in some cases it is difficult to determine its origin since they have a high degree of surface chemical alteration and patinas.

An apparent relationship between some of the chronologies of archaeological objects and the origin of the variscite used for its production is observed.

Acknowledgements

The different sampling and analytics were performed in situ or in the laboratories of the UGEA-PHAM and the SC+CYT of the Cadiz University and Huelva University, through funding of the HAR2008-06477-C03-02-HIST, project of the Plan Nacional de I+D+I. Ministerio de Economía y Competitividad, Spain and the CHARISMA Program, Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures. Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation / Restoration, in the project “Origin and long distance transport of Neolithic variscite ornaments in Western Europe. (CALLAIS)”. (2010) developed in the UGEA-PHAM/SCCYT, UCA

and the AGLAE Laboratory, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France- UMR 171, Musée du Louvre, Paris, France. Also, thanks to a grant of the Research Coordinate Action ACC-241-RNM-2001, granted by Junta de Andalucía government and to Dr. Jesús de la Rosa, UHU, for his help in the LA-ICP-MS determinations. I wish to thank for their help and comments as well as for access to samples of museums to: Prof. Primitiva Bueno (Univ. Alcalá de Henares), Prof. Pilar Utrilla (Univ. Zaragoza), Dr. Vicente Baldellou (Museo de Huesca), J.M. Gutiérrez (Museo de Villamartín), Dr. I. García Camino (Bilbao Archaeological Museum), Braga Museum (Portugal), and for their help in sampling and field trips over the last 20 years to Mr. Emilio Sastre, Mr. Carmelo Bermejo, Ms. Trinidad Hernández, Mr. José María Carrascal, Ms. Ana Durante, Ms. María J. Bóveda and Ms. Susana Rodríguez.

References

Arias Ferrero, F. y Jiménez Martínez, R. 2014. *La perla del Bierzo: variscitas del Parque Cultural de "Las Médulas"*. In: http://www.santoestevo.com/LA VARISCITA BERCIANA.pdf. 2015.

Arribas Moreno, A., Galán Huertos, E., Martín Pozas, J.M., Nicolau, J. y Salvador, P. 1971. Estudio mineralógico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). *Studia geologica salmanticensia* 2 : 115-132.

Baldellou, V., Utrilla Miranda, P. y García-Gazólaz, J., 2012. Variscita de Can Tintorer en el Neolítico Antiguo del Valle Medio del Ebro. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop y M. Molist (eds), *Congrés Internacional Xarxes al Neolític* : 307-314. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum 5) .

Blasco, A., Edo, M., Fernández Turiel, J.L., Gimeno, D., Plana, F. y Villalba, J. 1992. Aplicación de técnicas geológicas al estudio de materiales arqueológicos: el ejemplo de las cuentas de variscita catalanas y el complejo minero de Can Tintorer (Gavá, Barcelona). *Cuaternario y Geomorfología* 6 : 71-80.

Bueno Ramírez, P., Barroso Bermejo, R. y Balbín Behrmann, R. 2005. Ritual campaniforme, ritual colectivo: La necrópolis de cuevas artificiales del Valle de las Higueras, Huecas, Toledo. *Trabajos de Prehistoria* 62(2) : 67-90.

Calligaro, T. 2005. The origin of ancient gemstones unveiled by PIXE-PIGE and μ-Raman Spectrometry. In M. Uda (eds), *X-rays for Archaeology* : 101-112. Springer.

Cardoso, J.L. 2014. Absolute chronology of the Beaker phenomenon North of the Tagus estuary: demographic and social implications. *Trabajos de Prehistoria* 71(1) : 56-75. doi: 10.3989/tp.2014.12124

Cassen, S. 1998. Parameters of the neolithisation in the west of France: From the circulation of prestige goods to the invention of symbols. *63rd Annual Meeting of the Society for American Archaeology*. Seattle, WA.

Cassen, S., Boujot, C., Domínguez-Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen et A. Sheridan (dir.), *JADE. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 919-995. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté.

Comendador Rey, B. 1995. Sobre la presencia de aluminofosfatos y otros minerales en la provincia de Pontevedra. In *Actas XXII Congreso Nacional de Arqueología (Vigo 1993)*: 63-65. Coruña, Dirección Xeral de Patrimonio Histórico e Documental.

Domínguez-Bella, S. 2004. Variscite, a prestige mineral in the Neolithic-Aeneolithic Europe. Raw material sources and possible distribution routes. *Slovak Geological Magazine* 1-2 : 151-158.

Domínguez-Bella, S. 2012. Archaeomineralogy of prehistoric artifacts and gemstones. In J.M. Herrero, M. Vendrell (eds), *Archaeometry and Cultural Heritage: the Contribution of Mineralogy* : 5-28. Madrid, Sociedad Española de Mineralogía (Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía 9).

Domínguez-Bella, S., Cassen, S., Pétrequin, P., Prichystal, A., Martinez, J., Ramos Muñoz, J. and Medina, N. 2015. Aroche (Huelva, Andalucía): a new Neolithic axehead of Alpine jade in the southwest of the Iberian Peninsula. *Archaeological and Anthropological Sciences* : 1-18. DOI: 10.1007/s12520-015-0232-9.

Domínguez-Bella, S. y Morata-Céspedes, D. 1995. Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la Arqueometría. Estudio de materiales del dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz). *Zephyrus* XLVIII : 129-142.

Domínguez Bella, S. y Morata-Céspedes, D. 1996. Caracterización mineralógica y petrológica de algunos objetos del ajuar y de los recubrimientos de las paredes y suelos de la cámara (materiales líticos y ocres). In J. Ramos Muñoz y F. Giles Pacheco (eds), *El dolmen de Alberite (Villamartín). Aportaciones a las formas económicas y sociales de las comunidades neolíticas en el NW de Cádiz* : 187-206. Cádiz, Universidad de Cádiz.

Domínguez-Bella, S., Morata, D., de la Rosa, J. and Ramos-Muñoz, J. 2002. Neolithic trade routes in SW Iberian Peninsula? Variscite green beads from some Neolithic sites in the Cádiz province (SW Spain): Raw materials and provenance areas. *Proceedings of 32 International Symposium on Archaeometry*. México,Universidad Nacional Autónoma de México (Electronic Book).

Domínguez Bella, S., Nieto, J. M., Nocete, F., Ramos Muñoz, J. y Sáez, R. 2003. ICP-MS en Arqueometría. Variscitas arqueológicas en el oeste peninsular, origen de las materias primas geológicas. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 26(A) : 113-114.

Domínguez-Bella, S., Querré, G., Calligaro, T., Martínez, J., Cassen, S., Ramos, J., Le Pennec, C. and Vigier, E. 2011. Origin and long distance transport of Neolithic variscite ornaments in Western Europe (CALLAÏS). *Charisma First Users' Meeting. June 2011 C2RMF – Palais du Louvre, Paris*.

Edo, M., Blasco, A., Villalba, M.J., Gimeno, D. y Fernández Turiel, J.L. 1998. La caracterización de la variscita del complejo minero de Can Tintorer. Una experiencia aplicada al conocimiento del sistema de bienes de prestigio durante el Neolítico. In J. Bernabeu, T. Orozco y X. Terradas (eds) *Los recursos abióticos en la Prehistoria. Caracterización, aprovisionamiento e intercambio* : 83-97. Valencia, Universidad de Valencia.

Fernández Vega, A. y Pérez Cañamares, E. 1988. Los objetos de adorno en "piedras verdes" de la Península Ibérica. *Espacio, Tiempo y Forma* I(I) : 239-252.

Forestier, F.H., Lasnier, B. et L'Helgouach, J. 1973. A propos de la "callaïs". Découverte d'un gisement de variscite à Pannencé (Loire-Atlantique). Analyse de quelques "perles vertes" néolithiques. *Bulletin de la Société préhistorique francaise* 70 : 173-180.

Huet, B. and Gonçalves, A. 1980. Elementos de adorno de cor verde provenientes de estaçoes arqueológicas portuguesas. Importância do seu estudo mineralógico. *Trabalhos do Instituto Antropologia Mendes Correa* 40 : 5-22.

Huet, B., Gonçalves, A. and Reis, M., 1982. Estudo mineralogico de elementos de adorno de cor verde provenientes de estaçoes arqueológicas portuguesas. *Trabalhos do Instituto Antropologia Mendes Correa* 43 : 1-18.

Martínez, F. y Pereda, C. 1991. La necrópolis prehistórica del Cerro de la Casería de Tomillos, Alcalá del Valle, Cádiz. *Anuario Arqueológico de Andalucía* III(1988) : 78-83.

Meirelles, C., Ferreira, N. and Reis, M.L. 1987. Variscite occurrence in Silurian formations from northern Portugal. *Comunicaçoes Serviçios Geológico Portugal* 73 : 21-27.

Moro, M.C., Cembranos, M.L. y Fernández, A. 1995 a. Estudio mineralógico de las variscitas y turquesas silúricas de Punta Corveiro (Pontevedra, España). *Geogaceta* 18 : 176-179.

Moro, M.C., Gil, M.L., Cembranos, M.L., Pérez del Villar, L. y Fernández, A. 1995 b. Las mineralizaciones estratiformes de variscita (Aluminofosfatitas) silúricas de los Sinformes de Alcañices (Zamora) y Terena (Huelva) (España). *Boletín Geologico y Minero* 106(3) : 233-249.

Moro, M.C., Gil-Agero, M., Montero, J.M., Cembranos, M.L., Pérez del Villar, L., Fernández, A. and Hernández Sánchez, A. 1992. Características de las mineralizaciones de variscita asociadas a los materiales silúricos del Sinforme de Terena, Encinasola (Provincia de Huelva). Comparación con las de la provincia de Zamora. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* 15 : 79-89.

Moro, M.C., Pérez del Villar, L. and Cembranos, M.L. 1997. The Silurian siliceous rocks and associated variscite mineralization in the Palazuelo de las Cuevas Sector (Zamora Province, Spain). In A. Ramos-Millán y M.A. Bustillo (eds), *Siliceous Rocks and Culture* : 13-32. Granada, Universidad de Granada.

Muñoz-Amilibia, A. M., 1971. La "calaita" en el País Vasco. *Munibe* 23 : 347-354.

Odriozola, C.P., Linares Catela, J.A. and Hurtado, V. 2010. Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37 : 3146-3157.

Odriozola, C.P. y Villalobos-García, R. 2015. La explotación de variscita en el Sinforme de Terena: el complejo minero de Pico Centeno (Encinasola, Huelva). *Trabajos de Prehistoria* 72(2) : 342-352. doi: 10.3989/tp.2015.12158

Querré, G., Domínguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique: exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand et G. Querré (dir.), *Roches et sociétés de la Préhistoire* : 307-315. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. and Cassen, S., 2014. PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 318(A) : 149-156.

Ramos-Muñoz, F. y Giles, F. (eds) 1996. *El dolmen de Alberite (Villamartín). Aportaciones a las formas económicas y sociales de las comunidades neolíticas en el NW de Cádiz*. Cádiz, Servicio Publicaciones Universidad de Cádiz.

Rosell, J., Bosch, J. and Estrada, A. 1993. Les mines prehistòriques de Gavà (Baix Llobregat). *Mineralogistes de Catalunya* 5(8) : 220-239.

Salvado Canëlhas, M.G. 1973. Estudo radiográfico de "calaítes" portuguesas. *Rev. Guimaraes* LXXXIII : 125-144.

Vázquez-Varela, J.M. 1975. Cuentas de "calaíta" en la Península Ibérica. Datos para la revisión del problema. *Gallaecia* 1 : 25-30.

Vijande, E., Domínguez-Bella, S., Cantillo, J.J., Martínez, J. and Barrena, A. 2015. Social inequalities in the Neolithic of southern Europe: the grave goods of the Campo de Hockey necropolis (San Fernando, Cádiz, Spain). *Comptes Rendus, Palevol* 14 : 147-161.

The use of Raman spectroscopy in the characterization of variscite provenance: the Gavà case

Joan Carlos Melgarejo, Laia Arqués, Cristina Villanova-de-Benavent, Tariq Jahwari, Lisard Torró, Josep Bosch Argilagós, Montgarri Castillo-Oliver, Marc Campeny, Sandra Amores, Aleu Andreazini, Saleh Lehbib, Antoni Camprubí

Abstract. The Gavà phosphate deposit, mined during the Neolithic, was produced by weathering processes affecting primary apatite beds. It exhibits a neat vertical zoning, related to chemical gradients during weathering. Strengite, yellowish Al-rich strengite and ferroan variscite are found at the top, pale-green variscite at the intermediate levels, and green variscite in depth. Fe values are very low in the greenish samples, as well as Cr and V. Raman spectrums of the Gavà variscite show differences with samples from other occurrences worldwide. Moreover, some spectral differences can also be observed in the Raman spectra of variscite coming from different depths in the deposit. Raman spectroscopy can be an efficient tool to discriminate not only samples from different geographical localities, but also from its original position in a given deposit.
Key-words: variscite, Raman, microprobe, veins, supergene.

Résumé. Le gîte de phosphates de Gavà, exploité au Néolithique, s'est formé par des processus de météorisation qui auraient affecté des strates primaires d'apatite. Ce gîte a une zonation chimique verticale, qui aurait été produite par des gradations chimiques lors de la météorisation. La partie haute du gîte contient de la strengite, de l'Al-strengite et de la Fe-variscite jaunâtres ; les niveaux intermédiaires contiennent de la variscite verdâtre et les niveaux plus profonds, de la variscite verte. Les teneurs en Fe sont très basses dans les variscites vertes, de même que les valeurs de Cr et de V. Les spectres Raman de la variscite de Gavà présentent de petites différences avec ceux des autres variscites du monde, mais dans le gîte de Gavà on trouve aussi des variations dans les spectres Raman de variscite de chaque couleur. Donc, si on peut avoir une bonne base de données, la spectroscopie Raman présente non seulement un intérêt pour la discrimination en terme de provenance géographique d'un échantillon de variscite, mais aussi pour en déterminer la position au sein d'un gîte donné.
Mots-clés : variscite, Raman, microsonde, filons, supergénétique.

Introduction

The use of variscite for the production of ornaments has been recorded in many countries (Herbaut and Querré, 2004). Variscite is a relatively uncommon phosphate mineral, and in spite of its enormous signification in Archaeology, it has not been enough studied by the mineralogists.
Ornaments carved with variscite are regularly found in many Neolithic tombs. From the archaeological point of view, one of the most important aspects in the study of these ornaments is to discern their provenance. This is not so obvious, because variscite mineralizations are spread worldwide, and are quite common in Western Europe, and this mineral has been found in a pleiad of archaeological sites (Domínguez-Bella, 2004).
Many techniques of analysis have been used to help to discriminate the possible origins of variscite. The most common are chemical, in particular, the study of trace elements (made generally by ICP-MS). However, this technique has serious concerns: a) it is destructive, b) it is difficult to explain the reason of the changes in trace elements' compositions among several possible sources, and c) there is not enough confidence about the homogeneity of the deposits in terms of the distribution of trace elements. Therefore, the scientific validity of the method is doubtful. In fact, a large diversity of variscite facies can

be found in a single variscite deposit as are the Neolithic mines of Gavà. A strong variation in chemical compositions in major and trace elements (and, hence, in color and other physical properties) is found in this deposits, largely depending on the depth of the variscite formation. Therefore, the use of chemical tools in this situation must be envisaged carefully.

Variscite ($AlPO_4*2H_2O$) is morphologically variable upon its formation. Euhedral rhombic crystals, with pseudotetragonal bipyramidal habit, are very scarce and small and have been found as a low-temperature hydrothermal mineral mainly as a late mineral filling vein cavities in pegmatite deposits. Some localities provide single crystals or spherulitic aggregates with strong vitreous luster and a diversity of colors: colorless (Beauvoir quarry, Échassières, Ébreuil, Allier, Auvergne, France), grass-green or dark green (Ribeirão Cascalheira, Mato Grosso, Brazil), or reddish (Boa Vista pegmatite, Conselheiro Pena, Doce valley, Minas Gerais, Brazil).

However, variscite is most commonly formed in supergene environments. In this case, it occurs as cryptocrystalline aggregates filling thin veins or as pseudomorphs of pre-existing minerals. It usually replaces members of the apatite group in diagenetic environments, and it can form beds or nodules. It has a waxy shine and a typical apple-green color, which can be more or less pale. All the variscite used in archaeological ornaments correspond to this second type of variscite (these varieties are also known as "*calaite*" or "*lucinite*").

Metavariscite is a rarer polymorph of variscite. It is found in some diagenetic environments as microcrystalline crusts composed of monoclinic crystals of tabular habit, often grouped in botryoidal aggregates. The color of metavariscite is pale bluish green, and depending on the grain size these aggregates may have a vitreous or waxy luster. It is hardly distinguishable from variscite, and XRD or Raman should be necessary to discriminate between them.

Another dimension of the variscite problem is that this mineral is isostructural with strengite ($Fe^{3+}PO_4*2H_2O$) and may form solid solutions. Strengite may occur as beautiful violaceous, purple or lilac crystals of vitreous shining in pegmatite environments, but it is more common as apatite pseudomorphs in sedimentary deposits. In this case, it is cryptocrystalline and thus waxy, and tends to have dark coloration. Intermediate terms of the variscite-strengite series have also intermediate properties: crystalline ferrian variscite is reddish, and crystalline aluminian strengite (the variety "*barrandite*") may be dark green; the cryptocrystalline intermediate varieties tend to be yellowish or cream. Strengite has also a monoclinic polymorph, phosphosiderite, which may occur also in a diversity of colors when it is crystalline and like waxy black cryptocrystalline aggregates.

This contribution aims 1) to explore the use of Raman spectroscopy, coupled with chemical characterization, as a tool to discriminate the provenance of members of the variscite-strengite series among several possible deposits, and, 2) to check the possibility to determine approximatively the provenance of samples in the case of a single zoned deposit.

For the first objective we compared the color and the Raman spectra of variscite samples with diverse mineral properties obtained from a diversity of provenances worldwide. We used the samples from the Systematic Collection of the *Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals of the Universitat de Barcelona.* Raman spectroscopy in variscite samples has been used in the study of soils, but in different thermal conditions (Frost *et al.*, 2004).

For the second objective, we used samples obtained from the Gavà Neolithic mines to check if possible variations occurred in the Raman spectra depending of the variscite colour, which is controlled by the depth of formation of the variscite.

1. Methodology

Precise color parameters of the samples were obtained using a CM-503i (Minolta) spectrophotometer.

The mineral homogeneity of the samples was tested thanks to optical microscopy in transmitted and reflected light, SEM-EDS-BSE (using an ESEM Quanta 200 FEI Europe at 20 kV and 1nA) and XRD (using

a Panalytical X'Pert PRO MPD X-ray diffractometer with monochromatic Cu Kα1 radiation at 45 keV and 40 mA). Microprobe analyses were performed with a Cameca SX50 at the Centres Científics i Tecnològics (CCT) at the University of Barcelona.
Conditions of analysis were: 15 keV, 20 nA, beam diameter of 1 µm, and a counting time of 10 s. We used the following standards: orthoclase (SiKα, AlKα, KKα), rutile (TiKα), chromium oxide (CrKα), V metal (VKα), hematite (FeKα), rhodonite (MnKα), wollastonite (CaKα), albite (NaKα).
Raman analyses were performed at the CCT of the *Universitat de Barcelona,* using a dispersive spectrometer HORIBA Jobin Yvon LabRam HR 800 coupled with an optical microscope Olympus BXFM. Raman spectra were obtained using a laser with a wavelength of 532nm (green laser with a beam of 2µm in diameter). Acquisition time was 10 s per spectrum. The resulting spectra were compared with the database RRUFF (Downs, 2006).

2. The Gavà Neolithic mines

The Gavà Neolithic mines are among the most important mining complexes exploited for variscite in western Europe (Blasco *et al.*, 1991; Bosch *et al.*, 1996; Villalba, 2002). The mining activity for variscite is recorded in these mines around 5200 BP (Villalba *et al*., 1986; Blasco *et al*., 1992; Borrell *et al*., 2009; Borrell and Bosch, 2012). The Gavà Neolithic mines are found in the Gavà town, 20 km west from Barcelona in Catalonia. Other variscite occurrences have been identified in the Paleozoic basement of the Catalonian Coastal Ranges, but, no evidence for mining activity is provided has been found already (fig. 1).

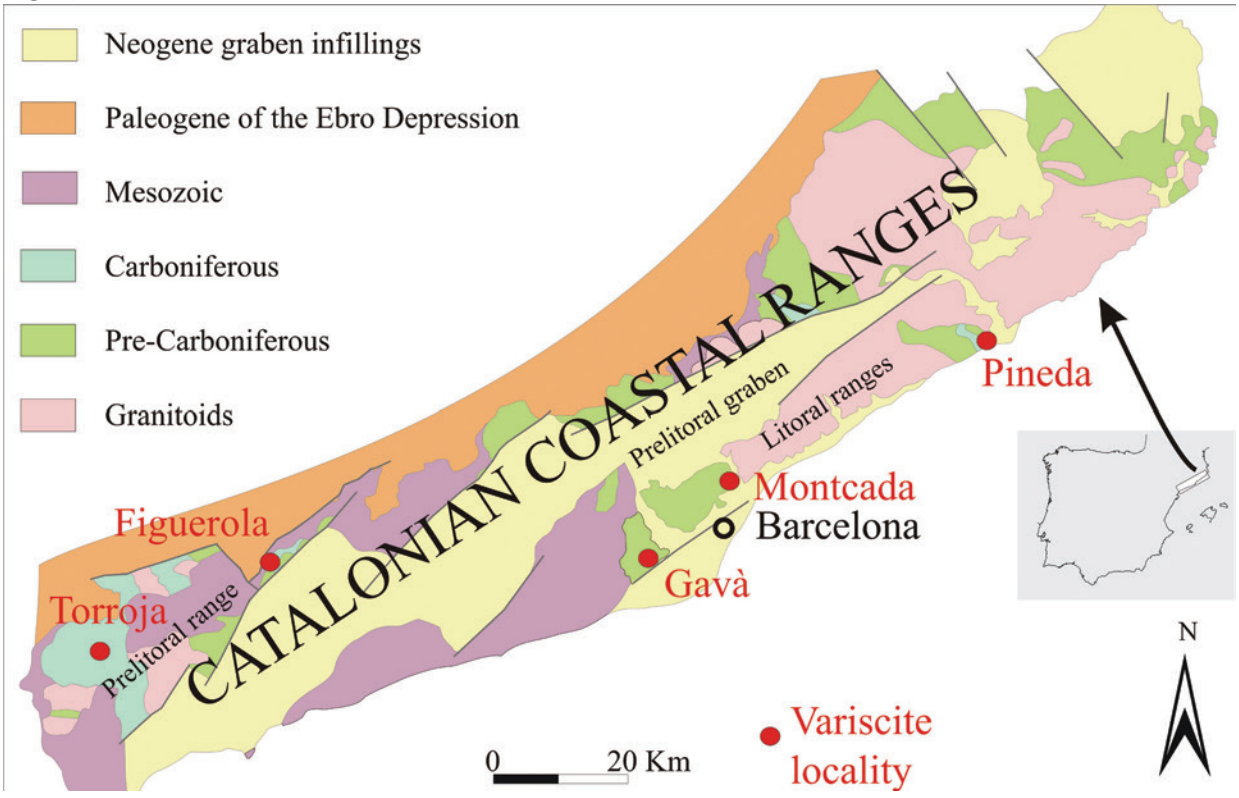


Fig. 1: Variscite showings in the Catalonian Coastal Ranges.

Two main geological units can be distinguished in the Gavà area (Costa *et al.*, 1994): a Paleozoic metamorphic basement and an unconformable cover of Quaternary sediments. The Paleozoic basement is made up in the mine area consists mainly of black shales of lower-middle Silurian age with minor beds

of chert or phosphate (apatite). These shales have abundant pyrite and other sulphides scattered as small crystals. In some parts of the area there are limestones, more or less dolomitized, of upper Silurian-lower Devonian age, and some brownish shales and sandstones of middle Devonian age. These materials are affected at a very low grade by Hercynian metamorphism, and have intensely folded by two generations of Hercynian folds that have associated thrusts in the flanks. The ensemble has an unconformable cover of Quaternary sediments, mainly reddish clays and creamy paleocaliches. The Silurian black shales, close to the unconformity, were strongly weathered and have lost their organic matter, becoming pale grayish. The weathering domain extends up to 10 m depth below the unconformity.

Phosphate mineralization occurs only in the basement (Mata-Perelló *et al.*, 1983; Gimeno *et al.*, 1995), and the following styles can be distinguished (Camprubí *et al*., 1994; fig. 2):

a) Sedimentary beds and nodules. These are thin beds (1 mm up to 2 cm in thickness) or nodules (spherical or flattened bodies of 1-3 cm in diameter) made up by cryptocrystalline grayish to black fluorapatite. These strata are concordant with the Silurian shales and are affected by the same deformations as those. This mineralization is considered as primary mineralization and is found in the black shales and slightly altered shales. It may be accompanied by small pyrite cubes.

b) Diagenetic phosphates replacing the above deposits. The replacement starts with irregular veining of the beds and nodules and may pseudomorphize completely the older fluorapatite. The replacing minerals are black phosphosiderite or yellowish aluminian strengite together with jarosite in the uppermost domain (up to 4 m depth), yellowish green ferrian variscite in an intermediate domain (4-8 m depth) and gemmy green variscite in the deep domain (more than 8 m deep).

c) Phosphate veinlets cutting gray shales. These are generally vertical, thin (1 mm-2 cm) veinlets filling joints. The infilling minerals depend on the depth: the upper domain (up to 4 m depth) is infilled with alunite or jarosite, aluminian strengite and cuprian crandallite, the intermediate domain (4-8 m depth) is infilled by yellowish green ferrian variscite and the lower domain consists of green variscite. The phosphates disappear in depth, when the joints come to the unweathered black shales.

d) Secondary phosphates replacing limestones and marls. These may occur in veins, nodules and massive beds, and comprise Ca-Fe rich phosphates as tinticite, montgomeryite, hydroxilapatite, and dufrenite. These phosphates are associated with goethite, alunite, jarosite and secondary carbonates. These iron ores were mined during Iberian, Roman and Middle age times, and in the 19th century.

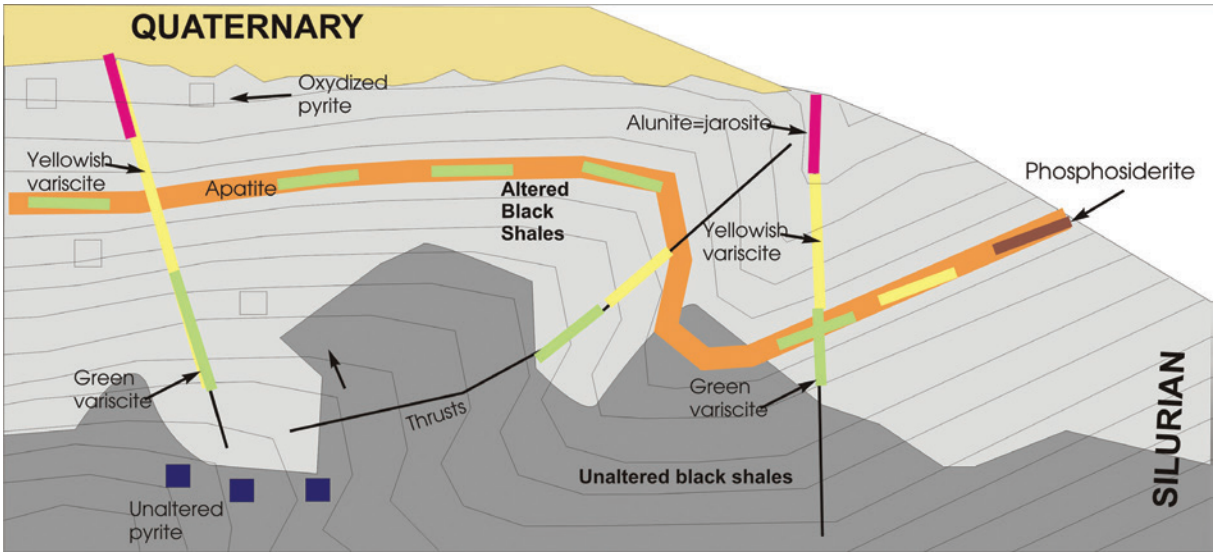


Fig. 2: Distribution of the different types of phosphate mineralization in the Gavà deposit. Note the changes in the color of variscite in depth. Drawing is not to scale.

The Neolithic mines exploited the phosphate deposits of types a) and b) by means of a complex system of galleries (Camprubí *et al.*, 2003).
As indicated above, the color of variscite changes in depth because of changes in its chemical composition: the uppermost domains, with independence of the shape of the deposit, contain Fe-rich members of the variscite-strengite series or phosphosiderite, and an increase of Al in depth which produces finally variscite and the change of color from greenish yellow to green. The change in the color is noteworthy, since the variscite with better green color is found in the deepest places, close to the contact with the unreplaced black shales.
Therefore, the origin of the variscite is related with supergene processes during the Quaternary. As indicated by Ar/Ar dating of alunite associated with the secondary phosphates, the age of the mineralization is Quaternary. In absence of hydrothermal activity in this period, the caolinitic-alunitic alteration of the black shales can be produced by the oxidation of the pyrite contained in the black shales. The resulting sulphuric acid was able to leach the shales and the primary phosphates contained in them, thus removing the phosphoric acid, aluminum and iron necessary for the precipitation of the members of the variscite-strengite series (Camprubí *et al*., 2003). Similar process, when produced in the carbonatic units of the transit Silurian-Devonian, could produce the Fe-Ca-rich oxide and phosphate deposits (Costa *et al*., 1993).

3. Comparison of colorimetry and Raman spectra between different deposits

Variscite may have a wide spectrum of colours depending on the locality of provenance. The results for the colorimetry analyses for variscite from different places worldwide are found in table I. The color diversity found in the Gavà deposit falls in the range in other localities. Therefore, the color of variscite in Gavà depends on the depth of formation of the variscite, and this problem can possibly be found also in other deposits. Hence, the color alone is not a precise tool to discriminate variscite from different provenances.

Locality	Color	Crystallinity	L	a	b	E
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-23,9	-0,9	26,5	32,6
Gavà, Catalonia	brownish yellow	cryptocrystalline	-31,0	0,2	24,3	35,0
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-13,3	-4,6	21,8	24,3
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-23,5	0,3	20,2	27,1
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-15,8	-0,2	24,3	26,8
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-10,9	-4,6	19,3	21,2
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-5,8	-12,2	2,6	9,9
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-14,4	-7,3	17,5	21,6
Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-12,9	-6,4	16,7	20,1

Gavà, Catalonia	greenish yellow	cryptocrystalline	-33,3	-2,1	24,4	36,8
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-7,1	-13,1	2,2	10,7
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-12,5	-5,6	16,9	19,9
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-22,0	-16,4	4,9	21,8
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-9,6	-15,2	3,2	13,6
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-9,0	-10,7	11,3	16,1
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-20,1	-7,3	19,0	25,6
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-11,4	-10,5	13,4	18,4
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-18,4	-12,6	14,2	23,0
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-9,2	-11,8	8,9	14,9
Gavà, Catalonia	pale green	cryptocrystalline	-3,2	-8,3	4,0	7,7
Gavà, Catalonia	green	cryptocrystalline	-35,8	-16,9	6,8	33,0
Gavà, Catalonia	green	cryptocrystalline	-31,8	-17,6	1,5	28,3
Gavà, Catalonia	green	cryptocrystalline	-24,4	-24,3	3,7	28,1
Sta. Coloma (Catalonia)	greenish yellow	cryptocrystalline	-28,8	-2,1	22,1	32,2
Sta. Coloma (Catalonia)	greenish yellow	cryptocrystalline	-38,3	-0,6	20,1	37,4
Pineda (Catalonia)	pale green	cryptocrystalline	-15,0	-4,2	8,3	13,7
Montcada (Catalonia)	pale green	cryptocrystalline	-23,4	-7,9	12,5	23,0
Montcada (Catalonia)	pale green	cryptocrystalline	-21,6	-11,9	10,3	22,0
Montcada (Catalonia)	pale green	cryptocrystalline	-12,0	-9,2	5,0	11,8
Montcada (Catalonia)	pale green	cryptocrystalline	-34,2	-11,6	11,3	31,5
Mato Grosso-Brazil	green	fanerocrystalline	-54,4	-10,4	10,1	48,1
Dug Hill, Arkansas, USA	green	microcrystalline	-49,4	-17,0	15,2	47,6
Dug Hill, Arkansas, USA	green	microcrystalline	-27,5	-19,5	14,3	31,9
Palazuelo , Zamora, Spain	green	cryptocrystalline	-34,3	-21,4	9,9	35,3
Palazuelo , Zamora, Spain	green	cryptocrystalline	-50,4	-14,9	5,9	44,4
Lucin, USA	green	cryptocrystalline	-22,7	-21,7	7,4	26,8
Figuerola (Catalonia)	green	cryptocrystalline	-30,0	-16,1	9,1	29,0

Table I: Color parameters for variscite samples from several localities.

Raman spectra were obtained from different localities and were compared with the spectra available in the RRUFF database. Samples with different crystallinity degrees and different colors were tested. The low frequence part of the spectra provides meaningful differences when comparing variscite samples from Gavà and samples from other deposits, in particular, some from Palazuelo de las Cuevas. For instance, samples from Palazuelo de las Cuevas have a well fit band at 400 cm^{-1} which is not so in the Gavà spectra (fig. 3).

The high frequencies part of the spectrums allow to observe noticeable changes in the behavior of the bands; these differences may be due to differences in crystallinity of the samples, since fanerocrystalline

samples (those generally reported in the bibliography) show sharp peaks, whereas cryptocrystalline sample have a broad band in similar positions or yielded a high background (fig. 4).

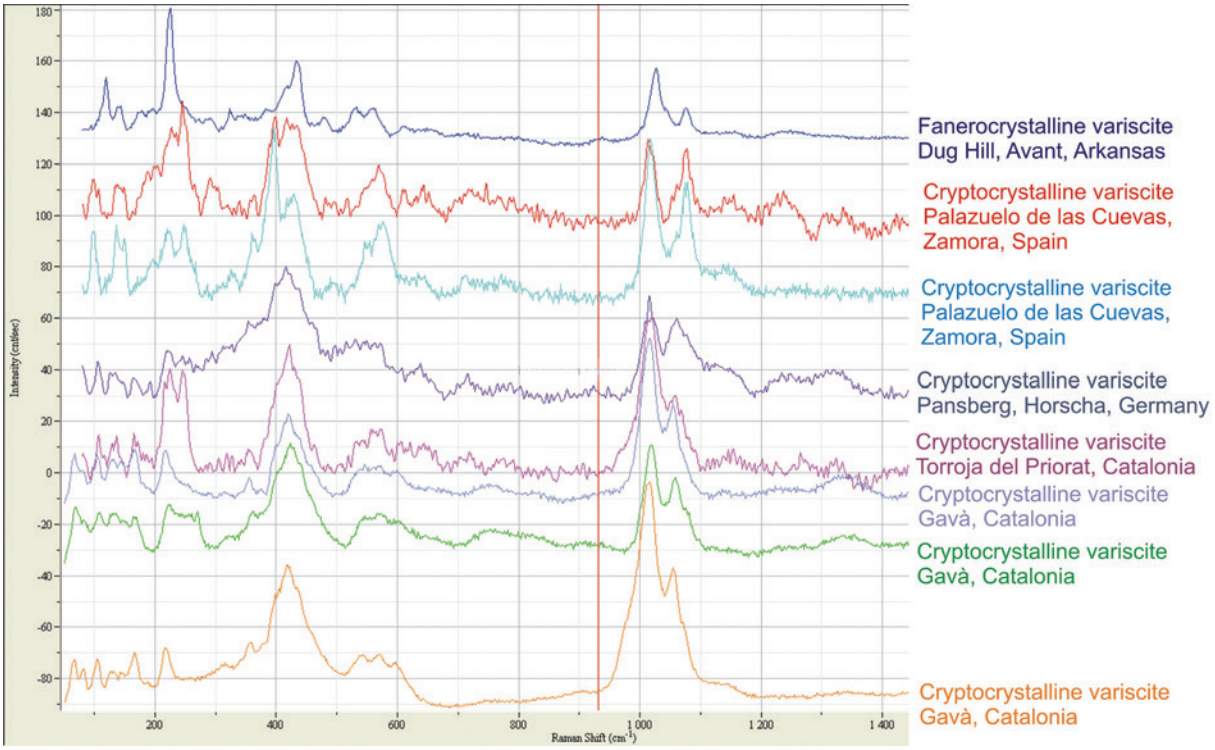


Fig. 3: Comparison of the low frequence domain of the Raman spectra of different samples from several localities. Note some differences in the position of the main bands.

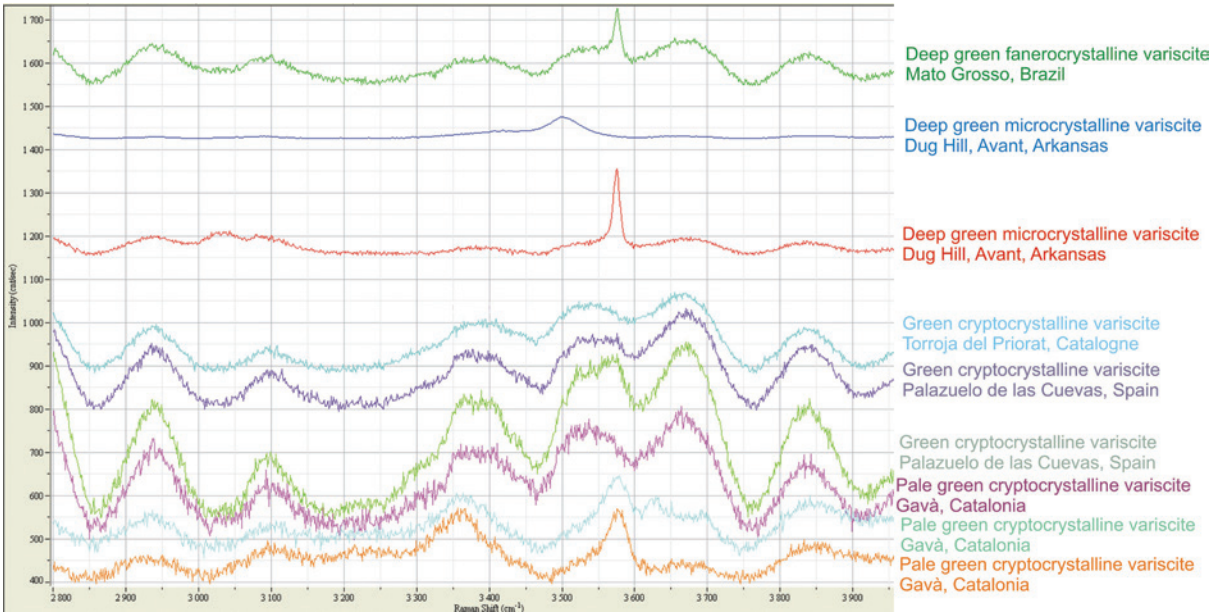


Fig. 4: Comparison of the high frequence domain of the Raman spectra of different samples from several localities. Note some differences Unclear meaning of the H_2O band near 3575 cm^{-1}.

4. Comparison of colorimetry, microprobe data and Raman spectra between variscite from different levels in the Gavà mines

As indicated above, members of the variscite-strengite series exhibit color changes when deepening in the Gavà deposit. Microprobe analyses reveals that changes in color are partly related to changes in the ratio Al/(Fe+Al), which increases with depth. Therefore, shallow exposures have brownish or yellowish strengite (Al-poor), which becomes enriched in Al in depth and acquires a pale yellow hue. Samples from intermediate and deep exposures are enriched in Al and chemically close to the variscite end member (fig. 5). All these samples have different hues of green. However, those from intermediate exposures are pale green and those from the deepest ones are deep green. It can then be postulated that the chemical composition within the Al-Fe range is not the only parameter that controls changes in color. Microprobe analyses reveal that other possible chromophore elements such as as V and Cr occur below the detection limits, and the deep green color can be probably a result of the simultaneous occurrence of Fe^{2+} and Fe^{3+} in the variscite structure, perhaps as a consequence of the variscite growth in a more reducing environment near the oxidation front.

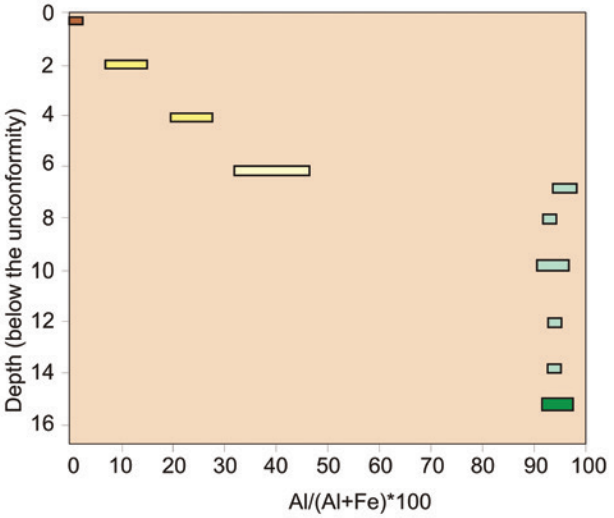


Fig. 5: Variations color and composition of the members of the strengite-variscite series in relation with the depth of formation at the Gavà deposit.

Comparison of the Raman spectra from variscite of different color sampled at different depths reveals significative differences (fig. 6). All these samples are cryptocrystalline and differences in the Raman spectra cannot be attributed to changes in the grain orientation. The most significative element is that a band near 980 cm^{-1} occurs in the yellow variscite, which corresponds to a spectrum close to strengite. Pale green samples of intermediate and Al-rich compositions in the strengite-variscite series have a band near 1075 cm^{-1} which is not found neither in the Fe-rich varieties nor in the green variscite. Green variscite samples from the deepest levels lack 980 cm^{-1} nor the and 1075 cm^{-1} bands.

5. Discussion

Many authors used Raman spectroscopy to characterize phosphates of the variscite group. However, all of them used as mineral standards fanerocrystalline samples, produced in most cases by hydrothermal processes or subject to strong recrystallization (*i.e.*, reddish ferroan variscite from Iron Monarch mine, Australia, and green variscite from Lavers Hill, Australia; Frost *et al.*, 2004). The Raman spectra of such standards material do not fit well with the cryptocrystalline or poorly crystalline samples typically found in the archaeological sites, which were produced under supergene conditions.

The color of members within the variscite-strengite series strongly changes in depth along a few tens of meters. Green variscite has been attributed to the presence at low levels of octahedral Cr*3+* (Calas *et al.*, 2005). It should be noted that in spite of the indication by these authors that Cr is in the range of %, the tables provided in this paper indicate values below %. In fact, Cr and V are below the detection limit of the microprobe in the Gavà samples. Moreover, the Gavà samples are among those having the lowest tenors of Cr and V found in the literature, ranging between 0 and 500 ppm (Querré *et al.*, 2008). In any case, it is important to note that the Gavà samples with similar Al/(Al+Fe) ratios may have different color. Therefore, it is likely that low Cr contents could be enough to provide critical changes in color, or taht there is another factor that can influence the color in variscite.

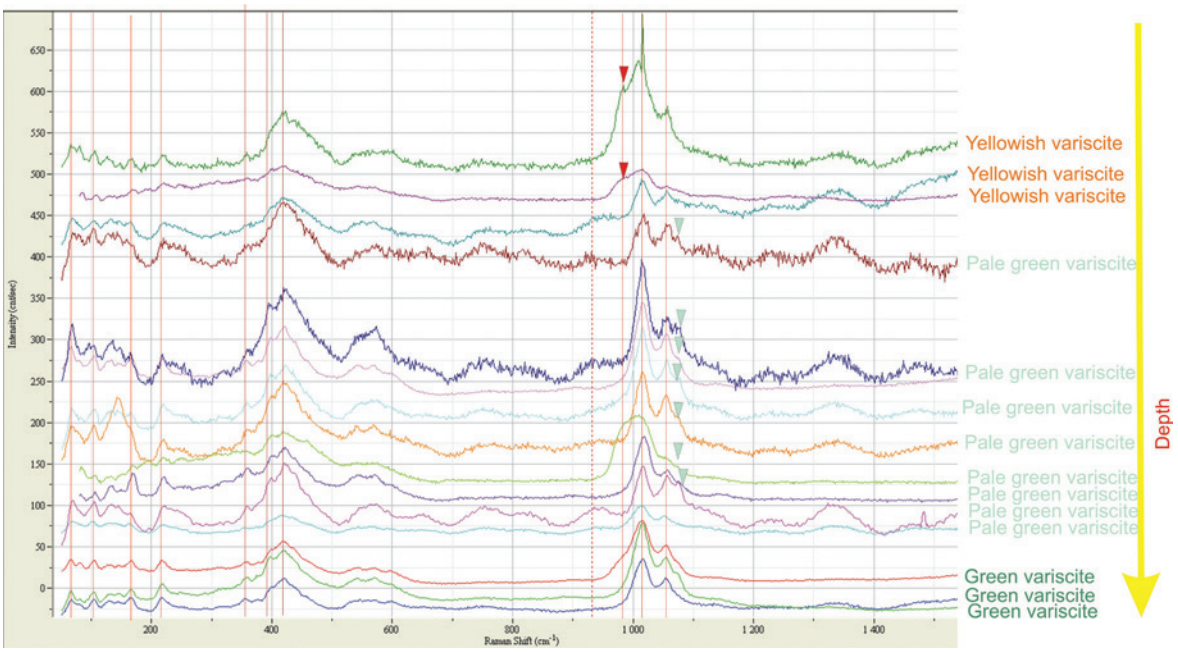


Fig. 6: Variation of the position of Raman bands in different variscite samples from the Gavà deposit in relation to the color changes alongside depth.

The irregular distribution of color and changes in the major elements in a single deposit is also a major problem to establish a regular methodology for the determination of variscite provenances. Major and trace element contents in variscite have been used for a long time to compare chemical data of variscite from different sources and obtain provenance data (*i.e.*, Fernández Turiel *et al.*; 1995, Querré *et al.*, 2008). These chemical analyses are destructive or non-rutinary techniques. As demonstrated in the current contribution, there are also strong uncertainties about the homogeneity in the distribution of the elements (major and, trace) in a given deposit. Similar problems have been found in other variscite deposits (*i.e.*, Linares, Odriozola, 2011; Odriozola, 2015), and poses a question about the real cause for the green color of variscite.

Alternatively to trace elements, P/Al atomic ratios have been used as a discriminative tool to determine variscite provenance (Odriozola *et al*., 2013). However, in Gavà these values also ishow broad variations, between 0,8 and 1,2. The calculation of the structural formulas suggests that deficiencies in the P position could be compensated with the entrance of Si. X-ray diffraction does not provide evidence for the occurrence of mixtures of variscite with silicates, and some high Si contents (up to 0,2 apfu) could be explained by P substitution by Si in the variscite structure. Moreover, the highest Si values are found in the green variscites. However, the mechanism to achieve the charge balances remains obscure.

Hence, the changes in variscite color from yellowish to pale green alongside depth in the Gavà deposits are the result of high Fe contents in variscite-strengite **at the top and lower values in depth.** This can be explained by different elements al mobility during the weathering processes and by the existence of redox fronts. However, the change in color from pale green to deep green is independent of the Fe proportions and its relation to the trace elements is not clear.

In any case, the Raman spectra provide noticeable differences among the different variscite samples representative of different depths of formation.

Conclusions

The use of the variscite color and chemistry are parameters that can be helpful in the studies of variscite provenance. However, color spectrophotometry and chemical characteristics of variscite must be used in parallel to other techniques. These properties may strongly change between different domains of

a single deposit, probably in relation to the changes of the oxidation state of Fe alongside depth and the occurrence of chemical fronts. Alternatively, a combination of the color parameters and the Raman spectra, as non-destructive techniques, can be applied succesfully in the identification of the depth of extraction of variscite samples in a given deposit. Hence, it is important to enlarge the Raman databases with representative data of cryptocrystalline phosphates from archaeological and geological sites.
Also, the existence of slight differences in the Raman spectra from different localities suggests that Raman spectra can be used in some cases to discriminate the provenance of variscite samples if a database of variscite spectra from the archaeological sites is available.

Acknowledgements

This paper is a contribution to the projects 2014 SGR 1661 and 2014/100820 of the *Generalitat de Catalunya* who provided the necessary funds. To the *Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la Universitat de Barcelona,* for allowing the use of variscite samples of its Systematic Mineral Collection.

References

Blasco, A., Edo, M. et Villalba, M.J. 1991. Les perles en Calláis du Sud de la France proviennent-elles des Mines de Can Tintorer ? *Le Chalcolithique en Languedoc, ses relations extra-regionales (Saint Mathieu de Tréviers, 1990), Colloque International Hommage au Dr. Jean Arnal* : 279-289. Lattes, fédération archéologique de l'Hérault.

Lasco, A., Villalba, M.J. et Edo, M. 1992. Cronologia del complex miner de Can Tintorer. Aportacions a la periodització del Neolític mitjà cátala. *9è Colloqui Internacional d'Arqueología de Puigcerdà. Estat de la investigació sobre el neolític a Catalunya (Puigcerdà i Andorra, 1991)* : 215-219. Andorra, Institut d'Estudis Ceretans, Andorra.

Borrell, F., Bosch, J. et Vicente, O. 2009. Datacions per radiocarboni a les mines neolítiques de la serra de les Ferreres de Gavà. In J. Bosch et F. Borrell, *Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998-2009. De la variscita al ferro : neolític i antiguitat* : 241-246. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 4).

Borrell, F. et Bosch, J. 2012. Las mines de variscita de Gavà (Barcelona) y las redes de circulación en el Neolítico. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 315-322. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Bosch, J., Estrada, A. et Noain, M.J. 1996. Minería neolítica en Gavá (Baix Llobregat, Barcelona). *Trabajos de Prehistoria* 53(11) : 59-71, doi:10.3989/tp.1996.v53.i1.405.

Calas, G., Galoisy, L. et Kiratisin, A. 2005. The origin of the green color of variscite. *American Mineralogist* 90 : 984-990.

Camprubí, A., Costa, F. et Melgarejo, J.C. 1994. Mineralizaciones de fosfatos férrico-alumínicos de Gavà (Catalunya) : tipología. *Boletín Geológico y Minero* 105(5) : 444-453.

Camprubí, A., Melgarejo, J.C., Proenza, J.A., Costa, F., Bosch, J., Estrada, A., Borrell, F., Yushkin, N.P. et Andreichev, V.L. 2003. Mining and geological knowledge during the Neolithic : a geological study on the variscite mines at Gavà, Catalonia. *Episodes* 268(4) : 295-301.

Costa, F., Camprubí, A. et Melgarejo, J.C. 1994. Aproximación geológica a las minas neolíticas de fosfatos férrico-alumínicos de Gavà (Catalunya). *Boletín Geológico y Minero* 105(5) : 18-25.

Costa, F., Camprubí, A., Salvany, M.C., Sáez, G., Arcas, A. et Melgarejo, J.C. 1993. The Phosphate Mineralizations from Gavà, Catalonia, Spain. In P. Fenoll Hach-Alí, J. Torres Ruíz et F. Gervilla (eds), *Current Reseach in Geology applied to Ore Deposits* : 715-718.

Domínguez-Bella, S. 2004. Variscite, a prestige mineral in the Neolithic-Aeneolithic Europe, Raw material sources and possible distribution routes. *Slovak Geological Magazine* 1(2) : 151-158.

Downs, R. 2006. The RRUFF Project : an integrated study of chemistry, crystallography Raman and infrared spectroscopy of minerals. *Program and Abstracts of the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association in Kobe, Japan* : 3-13. Kobe, IMA. http://rruff.info/

Fernández Turiel, J.L, Blanco Majado, J., López Alonso, M. et Edo, M. 1995. Estudio analítico de determinación mineralógica y de composición química de las cuentas de collar de calaíta y otras materias primas del yacimiento de Las Peñas (Quiruelas de Vidriales, Zamora). *I congrés del Neolític a la península Ibèrica. Formació i implantació de les comunitats agrícoles* : 227-237. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 1).

Frost, R.L., Weier, M.L., Erickson, K.L., Carmody, O. et Mills, S.J. 2004. Raman spectroscopy of phosphates of the variscite mineral group. *Journal of Raman Spectroscopy* 35(12) : 1047-1055.

Gimeno, D., Fernández-Turiel, J.L., Villalba, M.J., Edo, M. et Blasco, A. 1995. Complejo minero de Can Tintorer, Gavà : Geología y técnicas de explotación en el IV milenio. *I congrés del Neolític a la península Ibèrica. Formació i implantació de les comunitats agrícoles* : 259-263. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 1).

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Linares, J.A. et Odriozola, C.P. 2011. Cuentas de collar de variscita y otras piedras verdes en tumbas megalíticas del suroeste de la Península Ibérica. Cuestiones acerca de su producción, circulación y presencia en contextos funerarios. *Menga* 1 : 335-369.

Mata-Perelló, J.M., Plana, F. y Travería, A. 1983. Estudio mineralógico del yacimiento de fosfatos de Gavà. *Boletín Sociedad Española de Mineralogía* 7 : 257-258.

Odriozola, C.P., Linares-Catela, J.A. et Hurtado-Pérez, V.M. 2013. Provenancing variscite beads: Pico Centeno (Encinasola, Spain) outcrop case study. *Open Journal of Archaeometry* 1(17) : 80-84.

Odriozola, C.P 2014. A new approach to determine the geological provenance of variscite artifacts using the P/Al atomic ratios. *Archaeological and Anthropological Sciences* 7(3) : 329-350.

Querré, G., Herbault, F. et Calligaro, T 2008. Transport of Neolithic variscites demonstrated by PIXE analysis. *X-Ray Spectrometry* 37 : 116-120.

Villalba, M.J., Bañolas, L., Arenas, J. et Alonso, M. 1986. *Les mines neolítiques de can Tintorer. Gavà. Excavacions 1978-1980*. Barcelona, Departament de Cultura Generalitat de Catalunya (Excavacions Arqueologiques a Catalunya 6).

Villalba, M.J. 2002. Le gîte de variscite de Can Tintorer : Production, transformation, et circulation du minéral vert. In J. Guilaine (ed.), *Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'âge du bronze* : 115-129. Paris, éditions Errance.

CHAPITRE IV : UTILISATION DE LA VARISCITE ET DE LA TURQUOISE COMME PIERRES DE PARURES AU NÉOLITHIQUE

La parure en callaïs (variscite et turquoise) au Néolithique, dans la moitié nord de la France. Corpus et contextes

Serge Cassen, Christine Boujot, Audrey Charvet, Valentin Grimaud, Nicolas Le Maux, Christophe Le Pennec, Guirec Querré, Emmanuelle Vigier, Christian Obeltz, Frédéric Prodéo, Alain Villes

Résumé. Dans la moitié nord de la France, perles et pendeloques en variscite et turquoise sont le plus souvent inventoriées en milieu funéraire, et ne participent pas des dépositions dans le paysage, enterrées ou immergées, à l'image des lames polies en jade. Ces contextes sépulcraux sont majoritairement datés des Ve et IVe millénaires, et se divisent entre tombes individuelles, en fosse ou en ciste sous tumulation, et tombes collectives à couloir sous cairn. Quelques allées sépulcrales et hypogées, et diverses réoccupations des tombes monumentales au Campaniforme, témoignent d'un regain d'intérêt pour le minéral en question vers la fin du IVe et au milieu du IIIe millénaire. La dispersion des objets au sein des plus vastes tombeaux carnacéens, ou en périphérie de l'espace funéraire, ne permet pas d'affirmer qu'ils étaient portés par le corps du défunt. On discutera plutôt de pratiques de déposition et d'une mise en scène ostentatoire. Par ailleurs, aucune analyse technique sérieuse n'a été récemment menée sur ces objets (taille, perçage, polissage), et la synthèse en restera par conséquent à un inventaire des contextes archéologiques et à un descriptif simple des catégories morphologiques, en signalant seulement quelques détails marquant l'usure d'une suspension ou la reprise d'un objet plus ancien. Une attention particulière se portera sur un modèle de pendeloque, imitant parfois la canine atrophiée du cerf, qui renvoie à des ensembles connus au nord de l'Espagne en contexte Cardial ou Épicardial.
Mots-clés : perle, pendentif, ciste, tombe à couloir, allée sépulcrale, hypogée.

Abstract. In the northern area of France, beads and pendants made from variscite or turquoise are found only within funeral grounds. They are not part of buried or underwater deposits, as happens with jade axe blades. These monumental contexts date from the fifth and the fourth millennium B.C., and are divided between individual graves under mounds and passage tombs under stone cairns, containing the remains of multiple buried individuals –as suggested by those monuments where the soil acidity allowed archaeological observations. Some gallery graves and hypogea, and also the Bell Beaker reuse of monumental tombs, suggest and renewed interest for this mineral between the end of the fourth and the middle of the third millennium. The dispersion of these objects within the largest Carnacean tombs, or in the periphery of the funerary space, does not categorically confirm if they were worn by the corpses. We will rather discuss the deposition practices and the ostentatious mise-en-scène. There has not been, as yet, any serious technical analysis of these artefacts (carving, piercing and polishing), and this synthesis will remain a simple description of their morphology, with particular attention to the wear and aging of an artefact or the repeating of an older artefact. Finally, attention must be given to pendants, sometimes imitating the shape of the canine tooth of a deer. These artefacts are well known in the northern region of Spain, from the Cardial and Epicardial.
Key-words: bead, pendant, carnacean mound, passage grave

Introduction

Dans l'histoire des recherches, la parure en *callaïs* semble indissociable, et à juste raison, des tombeaux néolithiques de la région de Carnac (fig. 1). Ils n'en conservent certes pas l'exclusivité en France, mais le nombre des objets et leur esthétique exceptionnelle (poli, brillant, ovoïde) ont frappé tous les observateurs, depuis les premiers fouilleurs des années 1850 jusqu'aux gemmologues du XXIe siècle. Cependant, la présence de perles au sein d'architectures manifestement dissemblables, à la destination bien distincte, a contribué à brouiller le message historique et sociologique, d'autant plus que les fouilles

étaient anciennes et que leurs descriptions semblaient davantage sujettes à caution que réellement exploitables par l'Archéologie moderne. Les analyses minéralogiques conduites par F. Forestier et B. Lasnier sur la variscite de Pannecé à l'embouchure de la Loire (1973), puis le travail universitaire mené par F. Herbaut (2001) sur les instruments en jade et la parure en *callaïs* des ensembles morbihannais, vont dans leur domaine respectif permettre un renouvellement de la réflexion et des enquêtes : d'une part en proposant de nouvelles sources de matières premières, d'autre part en précisant les attributions chronologiques en perpétuelle construction. C'est en considérant ce second volet que notre chapitre fut élaboré, afin de reprendre site par site l'ensemble de la documentation disponible. Cette contextualisation archéologique devenait nécessaire, d'autant mieux que les lames polies en jade étaient, avec succès, décrites ces dernières années des points de vues pétrographique, chrono-culturel et idéologique, en partant souvent des mêmes fonds documentaires (Pétrequin *et al*., 2012a).

Le nord de la France est une entité un peu arbitraire en tant que zone de compréhension (fig. 1). Elle se perçoit bien entendu comme une aire géographique, mais doit être aussi et surtout conçue comme une aire archéologique cohérente, au sens où le domaine étudié se superpose à deux ensembles de données en apparence fort disparates : d'une part la voie septentrionale du transfert des jades alpins vers l'Atlantique, d'autre part la cartographie plus discrète des signes carnacéens inscrits en retour dans la pierre (stèles de Beauce et du Gâtinais, de Bourgogne et des Préalpes françaises). À cet égard, le site d'Aime, en Savoie, appartient certes au sud de la France mais, placé au débouché des vallées alpines qui assurent le passage vers les versants italiens, tout en étant situé en presque vis-à-vis des découvertes de Marclopt en bord de Loire, il permet de comprendre le sens et l'orientation des déplacements, et pour

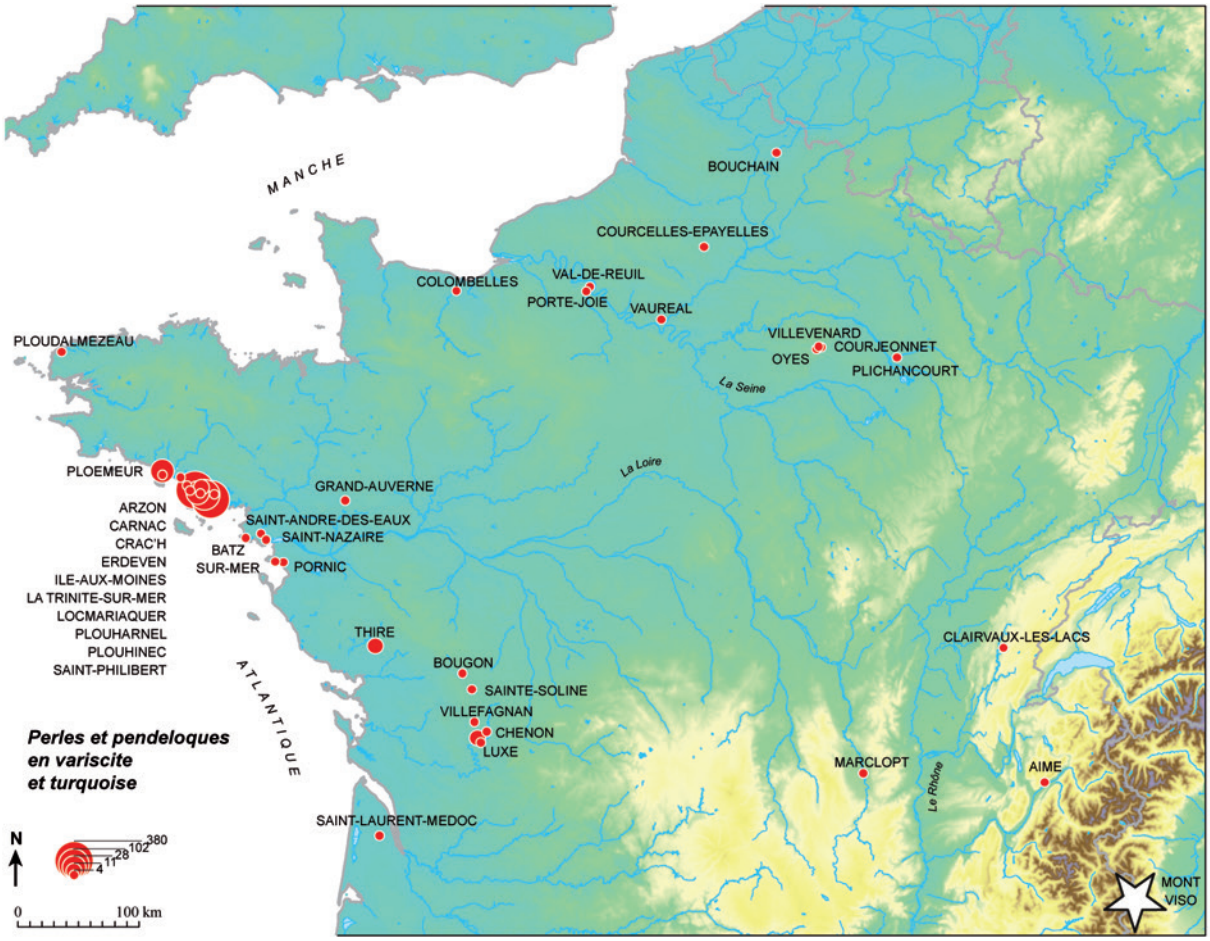


Fig. 1 : Répartition des perles et pendeloques en *callaïs* en France du nord, tous contextes confondus et tous les objets réunis (DAO réal. F. Prodéo et S. Cassen).

cette raison devait être inclus dans notre liste des contextes à variscite. De même avons-nous intégré la tombe aquitanienne de Saint-Laurent-Médoc, très probablement réoccupée au Campaniforme, pour son implantation en domaine atlantique, à la latitude des dernières tombes à couloir charentaises.
Le classement géographique des sites retenus s'est opéré par régions historico-administratives pratiques (avant la fusion menée en 2015), en partant du littoral breton où les sites ont été recensés du nord vers le sud, en suivant la bordure atlantique du Massif armoricain jusqu'aux Pays de la Loire afin d'atteindre le Poitou-Charentes et le nord de l'Aquitaine ; l'inventaire reprend ensuite en Normandie en se dirigeant vers le Nord puis le Bassin parisien (Ile-de-France, Picardie, Champagne), avant de s'étendre en Franche-Comté pour s'achever en Rhône-Alpes.
Pour la Bretagne, l'usage a souvent fait passer le nom du hameau le plus proche d'un site archéologique avant le vrai toponyme qui lui est lié, sans doute pour éviter des confusions quand plusieurs appellations étaient concurrentes (Mané Roch ou Mané Bras sont courants). Nous rappellerons autant que possible ces toponymes qui ne doivent pas pour autant disparaître de toute nomination.
Enfin les dates radiocarbones évoquées pour chaque site seront reprises dans un chapitre spécifique avec traitement bayésien de l'ensemble de l'information (voir Schulz-Paulsson *et al.*, infra), où le lecteur trouvera toutes les références requises (codes laboratoires, intervalles).

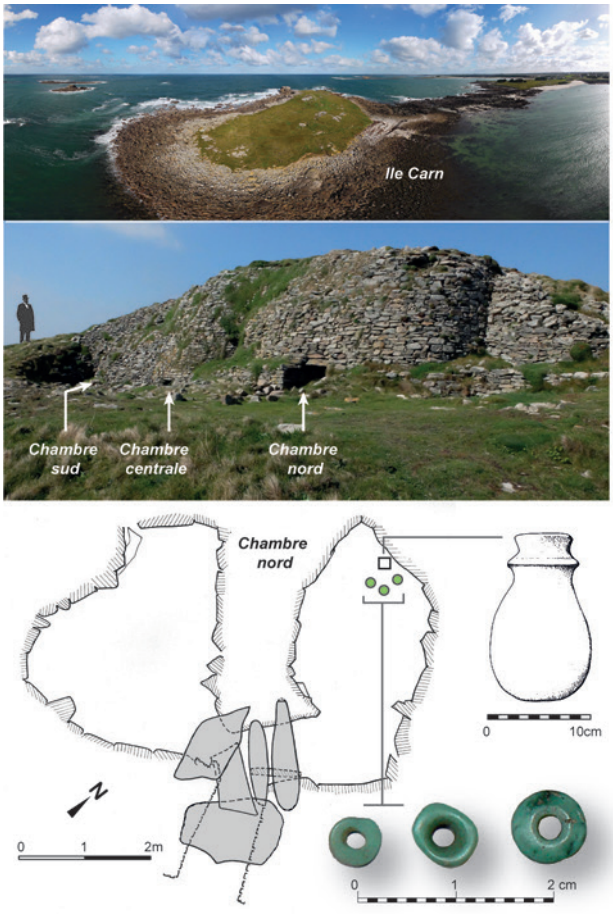


Fig. 2 : L'île Carn (Finistère). Panoramique dirigé au nord. Vue sur les entrées des couloirs sud, centre et nord en façade du cairn. Localisation des perles en variscite de la chambre nord, et position de la bouteille à collerette (DAO réal. S. Cassen d'après Giot, 1987 ; cl. M. Selme - www.361.fr, S. Cassen et G. Querré).

1. Inventaire des sites. Commentaires sur les contextes archéologiques

1.1 Bretagne

1.1.1 Ile Carn (Ploudalmezeau, Finistère)

Si P. du Chatellier mentionne, en 1901, un « tumulus » sur l'île Carn dans sa carte des monuments mégalithiques (seconde édition), c'est A. Devoir qui en décrit le premier, dès 1909, l'envergure et l'importance (Devoir, 1914). La première fouille sera conduite en 1954 par l'équipe du Laboratoire d'Anthropologie préhistorique dirigé par P.-R. Giot. Une tombe sub-circulaire à couloir très court est découverte, contenant un mobilier céramique qui institua le « Néolithique primaire Armoricain » (Giot, 1960), transformé ensuite en « style Carn » (L'Helgouac'h, 1965). C'est également de ce milieu sédimentaire que furent extraits les charbons devant permettre l'une des premières datations au radiocarbone tentées en Europe pour une sépulture mégalithique (5230 ± 75 BP [-4300, -3800 av. J.C.]). Deux autres tombes à couloir seront ensuite détectées et fouillées, au nord et au sud de la tombe centrale, l'ensemble étant réuni par un cairn englobant. La recherche des parements devait d'ailleurs montrer que ces deux sépultures s'ajoutaient au cairn (grossièrement circulaire) de la plus ancienne construction placée au centre (fig. 2).

De la tombe septentrionale, fouillée en 1966, proviennent les trois perles en variscite. L'architecture est originale, qui consiste en une grande chambre compartimentée en deux par un massif de refend intermédiaire (Giot, 1987, p. 118). Dans la partie nord, deux dallages successifs furent dégagés. Outre une hache en amphibolite et des tessons de poterie sur le dallage supérieur, l'essentiel du mobilier récolté provient du niveau sédimentaire étendu sur le dallage inférieur. Pour une faible part, la céramique est à pâte fine du Néolithique moyen et s'oppose à celle, majoritaire et plus épaisse, du Néolithique récent, dont une bouteille à collerette. À noter également une hachette en fibrolite (de la source finistérienne de Plouguin) et des petites armatures de flèches tranchantes. La parure en *callaïs* (deux perles discoïdes, une arrondie) provient du centre de la chambre, au voisinage direct de la céramique grossière, mais dans une couche peu homogène. La disparité des types de perforations (conique, biconique ou rectiligne) a permis de supposer qu'elles n'étaient pas contemporaines, rassemblées après d'autres circulations (Herbaut, 2001, p. 162).
Hormis un fragment d'ocre, aucun vestige n'a été enregistré sous ce dallage basal. De ce niveau de base furent extraits des charbons ayant permis deux nouvelles datations (3660 ± 120 BP et 4840 ± 150 BP). Si la seconde, entachée d'un large intervalle, convient aussi bien aux occupations du Néolithique moyen et récent, la première est peu compatible avec l'horizon des bouteilles à collerettes en son étape terminale, datée entre 3100 et 2800 – Huysecom, 1986).
Les trois perles de Carn Nord sont donc issues d'un dépôt entre deux dallages de la demi-chambre funéraire septentrionale, aux côtés d'un mobilier céramique du Néolithique récent plus abondant que celui du Néolithique moyen, sans qu'il soit aujourd'hui possible de choisir entre ces deux options.

1.1.2 Tréguennec (Plonéour-Lanvern, Finistère)

La nécropole de Tréguennec est un espace assez étendu, près du littoral, et peu clair quant aux structures archéologiques néolithiques inventoriées, où se sont côtoyées tombes en fosse, cistes en pierre plus ou moins couvertes par une tumulation, tombe à couloir et stèles de différentes époques. Près d'une stèle en quartz, G.A. Boisselier devait fouiller une fosse renfermant une incinération et des éléments d'un collier formé de cinq pendeloques dont une en callaïs (Boisselier, 1940). Pourtant, aucune perle ou pendeloque en variscite n'est actuellement conservée au musée de Penmarc'h. En revanche, provenant du site, P.-R. Giot a identifié des objets de parure en séricite qui pourraient davantage se conformer à la description ancienne d'une roche verte (voir N. Le Maux *et al.*, infra).

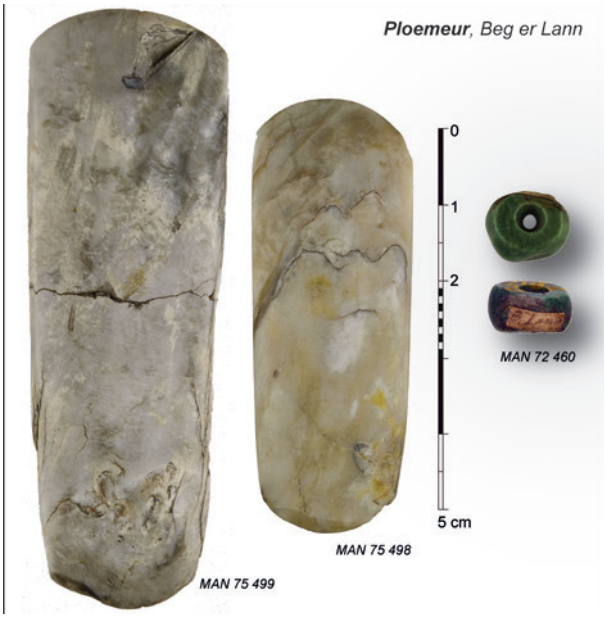


Fig. 3 : Beg er Lann (Ploemeur, Morbihan). Perle en variscite et deux lames polies en fibrolite sur plaquettes (cl. Musée d'Archéologie nationale ; DAO réal. S. Cassen).

1.1.3 Beg er Lann (Ploemeur, Morbihan)

Cette sépulture en ruine, probable tombe à couloir, fut explorée sans être publiée par L. Le Pontois. Z. Le Rouzic évoque un tumulus et signale la découverte d'une perle en variscite, de deux lames polies en fibrolite et d'une autre en silex (Le Rouzic, 1965). Le Musée d'Archéologie Nationale (MAN), dans son inventaire de la collection Du Chatellier, mentionne un vase « caliciforme » à Beg er Lann (réf. 75 098), ce qui, une nouvelle fois, empêche d'attribuer sans discussion cette perle au premier dépôt du Néolithique moyen (fig. 3).

1.1.4 Lann Porz Menec'h : Tuchenn Pol et Tuchenn er Hroëch (Ploemeur, Morbihan)

Au sud-ouest du village de Kerham, dominant l'Océan (fig. 4), le site très perturbé de Lann Porz Menec'h comprenait trois cairns néolithiques disposés sur une ligne orientée nord-nord-est/sud-sud-est : Tuchenn Pol (27 m de diamètre) sur le point culminant, puis Tuchenn er Grouich/Gouc'h (34 x 12 m) et Tuchenn er Hroëch/Hroëk (45 x 25 m). Une récente synthèse historiographique permet de mieux localiser un ensemble de vestiges appartenant à différentes époques (du Néolithique à l'âge du Fer) et parfois confondus dans la littérature (Villard-Le Tiec *et al*., 2007).

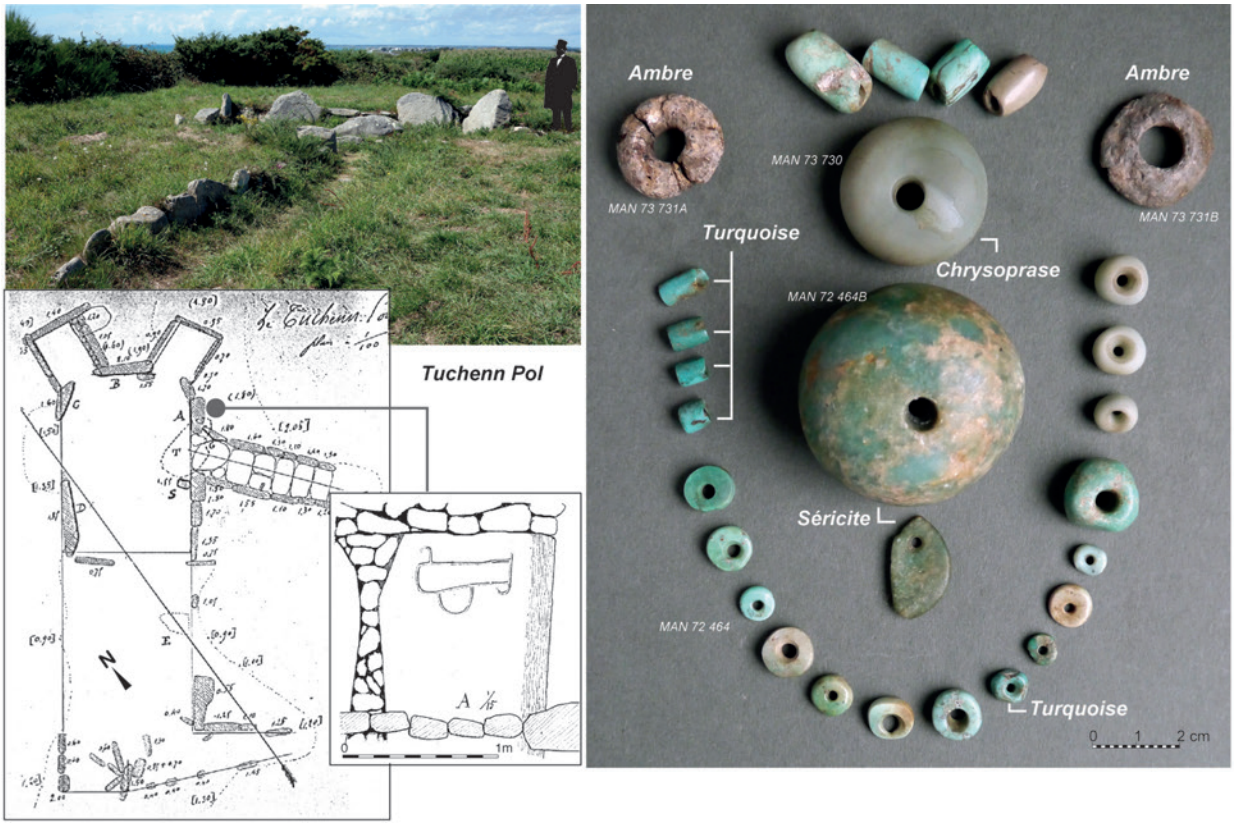


Fig. 4 : Lann Porz Menec'h, Tuchenn Pol (Ploemeur, Morbihan). Vue sur le couloir et la chambre septentrionale (restaurée) ; les éléments de parures conservés au MAN ; plan et levé des gravures par B. Le Pontois (d'après Cassen, Vaquero, 2000 ; cl. N. Le Maux et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

Exploré par L. Le Pontois en 1891 (Le Rouzic, 1965), le premier cairn livra plusieurs structures internes partagées entre de plausibles cistes et deux tombes à couloir, sans que les objets récoltés aient été précisément localisés, notamment deux lames polies en jadéitite qui en proviendraient (Cassen *et al*., 2012). Des gravures, pour une grande part perdues/volées, ont été remarquées sur plusieurs dalles de paroi, dont une possible représentation de cétacé (Cassen, Vaquero, 2000). De la chambre funéraire principale du Tuchenn Pol, Le Pontois extrait 28 éléments de parures. D'après les analyses dirigées par l'un d'entre nous (N. LM), il s'agit d'une vingtaine de perles en variscite (quatre tubulaires et onze discoïdes ou arrondies) et turquoise (quatre tubulaires et une arrondie), mais également des perles en ambre, séricite (variété de mica) et chrysoprase (variété de calcédoine).
Le Tuchenn er Hroëch s'apparente à une allée-couverte, d'après le diagnostic de Z. Le Rouzic (1965). Les objets issus des fouilles conduites par L. Le Pontois, entreposés au MAN, n'ont pas encore été publiés. Il est cependant fait mention, dans l'inventaire Le Rouzic, de trois perles en variscite (qui ont été étudiées pour l'occasion). Elles témoignent, une nouvelle fois, de la présence de ce matériau rare

pour une parure datée de la fin du IVe millénaire, indépendamment des tombes à couloir de l'étape chronologique antérieure.

1.1.5 Beg er Hâvre (Plouhinec, Morbihan)

Enfouie dans les dunes du littoral, la sépulture de Beg er Hâvre a tout d'abord souffert d'être une cible pour les artilleurs à l'exercice sur un terrain militaire, puis une source de matériaux pour les carriers. L'intervention de F. Gaillard, en 1884, permet d'en relever un plan précieux et bien documenté pour l'époque, révélant une chambre quadrangulaire peu différenciée du couloir d'accès (fig. 5). Grâce au sable marin neutralisant le pH des sols, un individu est partiellement conservé dans le couloir, allongé sur le côté, membres fléchis, tandis que trois crânes isolés sont découverts dans la chambre.

Trois récipients hémisphériques à profil simple similaire, ouverture évasée, seront récoltés à l'entrée du couloir et dans la chambre terminale (Gaillard, 1884). Ils sont à paroi plutôt épaisse pour une production du Néolithique moyen et pourraient dater du Néolithique récent. De la chambre provient également une perle en *callaïs* (dont les analyses récentes attestent une turquoise), mais d'une morphologie sub-triangulaire allongée et dissymétrique, proche en cela d'une pendeloque ; la perforation est néanmoins centrée.

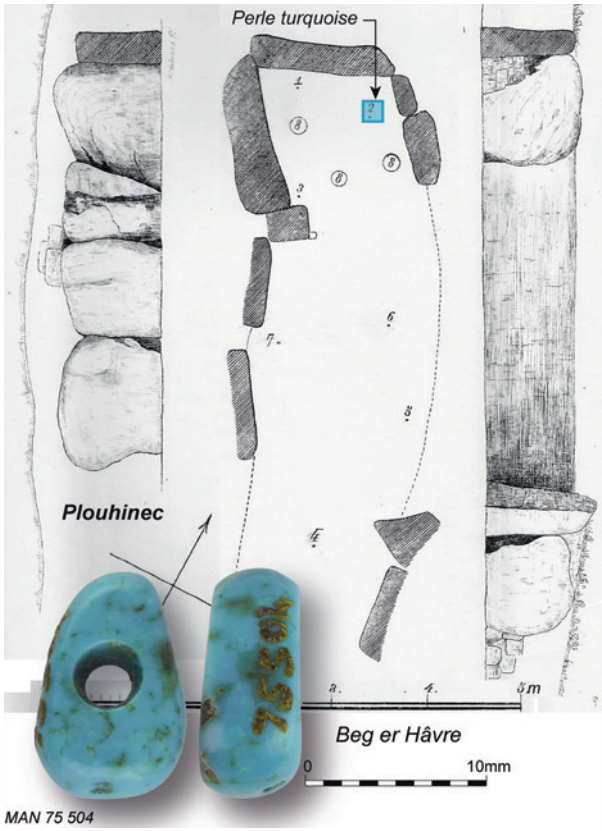


Fig. 5 : Beg er Hâvre (Plouhinec, Morbihan). Plan de la tombe et localisation de la perle en turquoise (DAO réal. S. Cassen, d'après Gaillard, 1884 ; réf. MAN 75504, photo Musée d'Archéologie nationale).

1.1.6 Sept Saints (Erdeven, Morbihan)

Ce cairn, contenant deux tombes à couloir, est mentionné pour avoir livré deux perles en variscite (Herbaut, Querré, 2004). Il s'agit d'une erreur, aucun inventaire de musée ou recensant les mégalithes régionaux ne mentionne de tels objets.

1.1.7 Tenat Bras, Douar Jeannette (Plouharnel, Morbihan)

À l'est du bourg de Plouharnel et à 50 m d'une stèle tombée auprès de laquelle un couple de haches polies « en matière verdâtre » sera découvert lors d'une mise en culture – haches aussitôt vendues à W.C. Lukis de passage dans la région –, une sépulture mégalithique à plan fermé, quadrangulaire (2,5 x 2 m), est fouillée par F. Gaillard qui récolte deux perles en lignite et une pendeloque en variscite (« à dépression polie et dessinée, circulairement parallèle » Gaillard, 1890a, p. 10 ; une forme qui n'est pas sans évoquer la pendeloque bilobée de Tumiac), ainsi que deux petits récipients sphériques et boutons de préhension perforés horizontalement (Gaillard, 1890a). L'inventaire de Z. Le Rouzic n'insiste pas sur cette architecture ruinée de Tenat Bras alors que la stèle voisine toujours visible lui permet encore d'y prendre une mesure de longueur.
De récentes prospections ont permis le repérage d'un tertre artificiel allongé, au lieu-dit Douar Jeannette, à l'emplacement exact donné par F. Gaillard relativement au cadastre et aux distances mesurées à l'époque, non loin de la même stèle couchée (Obeltz, 2013). Cette masse sédimentaire compacte de

30 m de long sur 18 m de large est trapézoïdale, orientée nord-ouest/sud-est, petite base au nord-ouest. Elle forme à l'évidence l'enveloppe de la grande ciste fouillée en 1890. Et le plan fermé, et la constitution sédimentaire, plaident bien entendu pour la catégorie des cistes sous tumulation, distincte de celle des tombes à couloir.
Il est par conséquent très révélateur que cette pendeloque en variscite soit une nouvelle fois extraite d'une ciste. La description et les mensurations des deux récipients données par F. Gaillard laissent clairement entendre le type morphologique rencontré dans les tombes régionales, à l'image d'un des deux vases découverts à Carnac dans la ciste sous tertre circulaire du Bois de Castellic (Boujot, Cassen, 1992) dite encore du Bois du Latz (ou Lac) par M. Fontès (1881).

1.1.8 Keriaval, Er Roch (Carnac, Morbihan)

Dans un secteur riche en stèles isolées ou rassemblées en files rectilignes, cette tombe à couloir est caractéristique de la famille des « sépultures à double transept » (L'Helgouac'h, 1965), présentes depuis l'embouchure de la Loire jusqu'au sud du Morbihan (fig. 6). La première exploration est due à R. Galles qui découvre deux perles discoïdes en « turquoise » (mais analysées comme « *callaïs* » par Damour) dans le milieu du couloir d'accès (Galles *et al*., 1866). De nombreuses céramiques seront également recueillies dans les chambres latérales, datées du Néolithique moyen, du Néolithique final (Kerugou) et du Campaniforme. Plusieurs récipients récoltés en 1876 par M. Cappé partiront pour l'Angleterre dans les bagages de J.W. Lukis qui explore la région (Luco, 1883). Z. Le Rouzic assure, dans son inventaire posthume (1965), que plusieurs perles en variscite furent également découvertes lors de la restauration de 1882, mais nous n'en retrouvons pas la trace en France.
Il n'est donc pas possible d'attribuer les deux perles actuellement conservées à une quelconque période.



Fig. 6 : Keriaval, Er Roch (Carnac, Morbihan). Vue actuelle, depuis le nord, de la tombe à couloir et chambre transeptée (cl. C. Obeltz) et vue similaire prise en 1914 (cl. Z. Le Rouzic, Ministère de la culture, Médiathèque de l'architecture et du patrimoine ; J.-G. Aubert, Arc'Antique Nantes).

1.1.9 Kerlagat (Carnac, Morbihan)

Au sommet d'une colline, près des hameaux de Kerlagat et Castellic, deux tombes à couloir s'inscrivent dans un cairn globalement circulaire (dans l'attente d'une fouille de confirmation). La première exploration (non publiée) est due à M. de Keranflec'h, en 1851, sans que l'on sache de quelle chambre provient le mobilier récolté, essentiellement campaniforme : céramiques, bande en or, et 13 perles en *callaïs*. Ces dernières sont décrites en 1921 par L. Marsille dans le catalogue d'inventaire du Musée de la Société Polymathique comme « 1 perle sphéroïdale » de 2 cm de diamètre ainsi que « 12 petits grains dont 4 en forme d'olive ». Ces pièces ont malheureusement disparu en raison d'un vol survenu en octobre 1942 au Musée de Château-Gaillard. C'est la chambre à l'ouest qui sera fouillée en 1866 par le révérend Lukis (fig. 7), sans publication connue ; le mobilier recueilli est majoritairement Campaniforme, avec les mêmes éléments en or qui font supposer que

la série précédente, rassemblée par M. de Keranflec'h, est issue de cette tombe à couloir désaxé et chambre quadrangulaire. Sept perles discoïdes en variscite, une perle en « tuyau de pipe » et deux autres plates et allongées, complètent la collection aujourd'hui conservée au British Museum. Associés à ces découvertes, cinq éléments de parures, notamment une pendeloque en cristal de roche et en quartz. F. Gaillard récolte à son tour, en 1887 (mais sans les documenter), trois perles en variscite dans la même chambre ; Z. Le Rouzic ajoutera une nouvelle perle ramassée en prospection, probablement dans les terres extraites par les premières investigations.

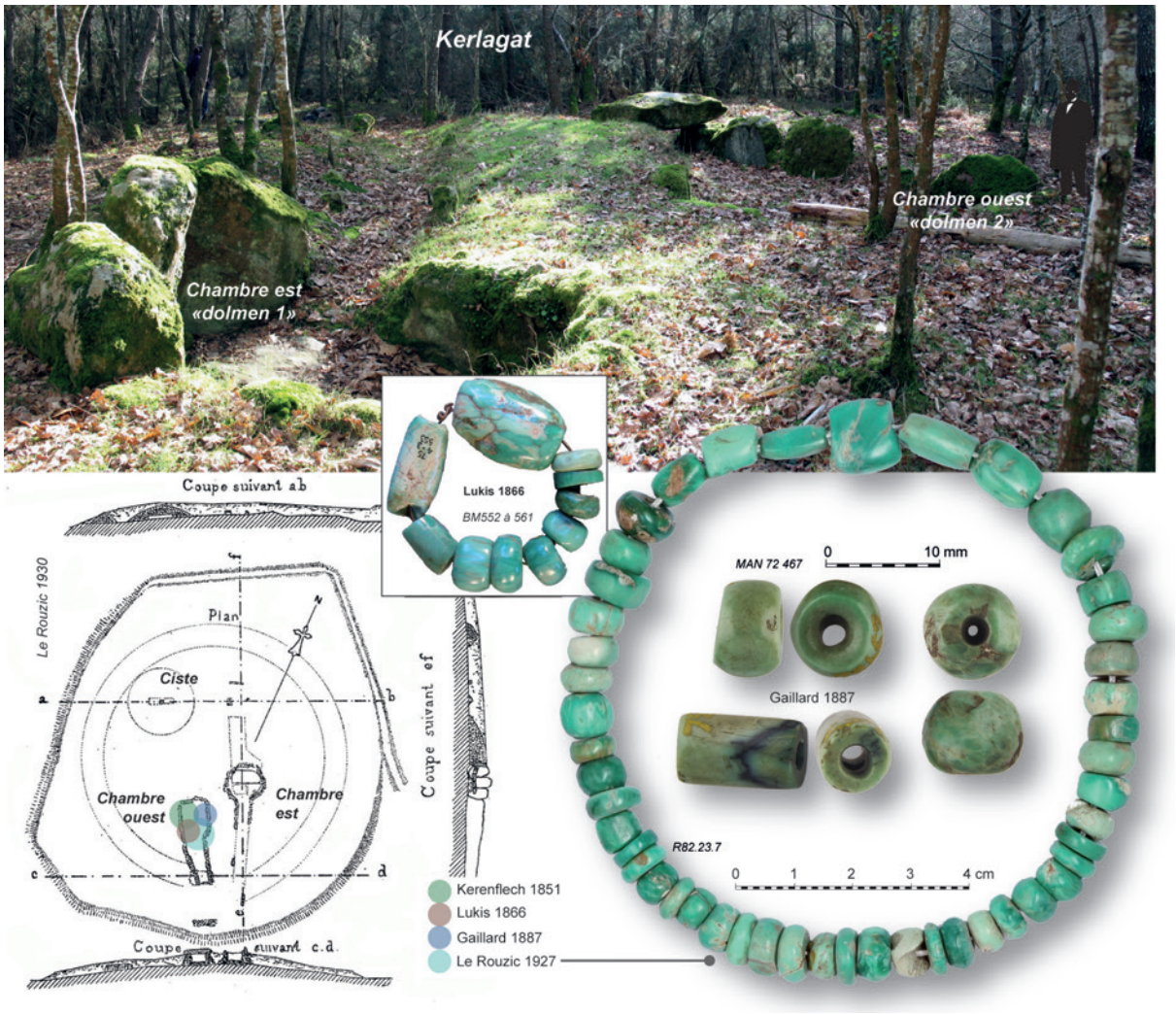


Fig. 7 : Kerlagat (Carnac, Morbihan). Vue depuis le nord des deux tombes à couloir (cl. C. Obeltz). Plan d'après Le Rouzic 1930. Collier reconstitué (fouille Le Rouzic, cl. N. Mather) et détails sur les perles (fouilles Gaillard) ; encadré sur la collection Lukis (cl. J.- G. Aubert, Arc'Antique Nantes, Musée d'Archéologie nationale, British Museum).

L'intervention la mieux relatée est celle de Z. Le Rouzic, qui date de 1927. Toujours de la chambre Ouest (qu'il désigne comme « dolmen 2 »), il réunit un nouvel et spectaculaire assemblage campaniforme comprenant deux bandes en or supplémentaires, un fragment de poignard en cuivre, des vases décorés, des flèches perçantes à ailerons et pédoncule (Le Rouzic, 1930b). Et bien sûr 53 perles en variscite dont certaines présentent des perforations coniques, opérées de chaque côté, tandis que d'autres sont au contraire à perforation cylindrique menée d'un seul côté ; des formats sont dits « en tuyau de pipe » alors que d'autres parures sont aplaties et allongées. Une telle diversité observée à travers les modes

de perforations et la morphologie des perles lui fait conclure que ces « grains de collier […] ne sont pas tous de la même provenance » (Le Rouzic, 1930b, p. 30). S'ajoutent deux éléments de parures en « roche schisteuse » (une perle et une hachette-pendeloque), mais aussi trois perles en « roche talqueuse de couleur brune claire » (Ibid.), qui pourraient vraisemblablement correspondre à de la séricite (voir Le Maux *et al*., infra). Intégrées au « collier » en *callaïs* reconstitué par Z. Le Rouzic et figurant dans l'inventaire posthume publié en 1942 (photo *in* Jacq, 1942, p.66, fig. 10 n°13), elles ne figurent plus dans l'inventaire d'A.-E. Riskine, conservatrice du musée au début des années 1980, de même que cinq perles en callaïs, démontés du collier vraisemblablement dans les années 1960.
On doit noter que la chambre Est, à plan circulaire (« dolmen 1 »), qui ne contenait pas de parure en variscite, a livré deux vases à décors en « fer à cheval » comparés par le fouilleur à ceux d'Er Lannic, décors que nous avons rapportés au Castellic récent (Cassen, 2000b). En désignant ces chambres par 1 et 2, Z. Le Rouzic avait voulu établir une séquence chronologique (information G. Bailloud), peu spécifiée dans la publication, mais qui se fondait sur la chambre circulaire la mieux centrée dans le cairn et pour cela antérieure à la chambre quadrangulaire peu différenciée du couloir, d'adjonction plus récente.
Nous sommes une nouvelle fois dans l'indécision quant à l'attribution de cette série étoffée de 78 perles en variscite, sinon en constatant une importante fréquentation Campaniforme dans la chambre 2 (à l'ouest) qui a livré la quasi-totalité de cette parure aux côtés d'objets rares et valorisés (bandeaux en or, poignard en cuivre). À l'inverse, la chambre circulaire (à l'est), semble-t-il la plus ancienne et peut-être inaccessible au cours du IIIe millénaire (plafond effondré ?), ne contient ni mobilier Campaniforme ni objets en variscite, mais un ensemble céramique Castellic qui aurait pu, en théorie, être associé à ces derniers. On peut se demander, par conséquent, si cette abondante série de perles, plutôt caractéristique des tombeaux individuels les plus distingués du Ve millénaire, ne serait pas la marque de ces introductions campaniformes dans les espaces funéraires collectifs du Morbihan. Savoir si les perles sont issues de transferts en provenance de la péninsule Ibérique au cours du IIIe millénaire ou, pourquoi pas, extraites et distraites de tombeaux régionaux plus anciens, demeure une interrogation sans réponse satisfaisante dans l'état actuel des connaissances.

1.1.10 Kergrim (Carnac, Morbihan)

Également désignées par l'appellation Mané Gardreine, ces deux tombes à couloir à chambres circulaires juxtaposées sous une même enveloppe n'ont pas contenu de parure en callaïs (Gaillard, 1890a ; Le Rouzic, 1898). Elles furent, en fait, souvent confondues avec la tombe à couloir de Lann Pondèque/Poudèque.

1.1.11 Lann Poudèque (Carnac, Morbihan)

Explorée par J. Miln en 1876 (Luco, 1883), cette tombe à couloir est située au sud-est du hameau de Kergrim (ce qui explique la confusion, une appellation concurrente la désignant aussi comme Lann Vras Kergrim). Nous devons à F. Gaillard le résultat d'une fouille plus documentée, conduite en 1886. Deux perles allongées en variscite, et comparées pour cela aux individus de Mané Bras de Kervilor (voir infra), seront récoltées dans la chambre qui contenait aussi un mobilier du Néolithique récent, voire du Campaniforme (Gaillard, 1890b).

1.1.12 Rogarte (Carnac, Morbihan)

L'exploration de cette tombe à couloir et chambre quadrangulaire est encore une fois une initiative de L. Cappé qui était le contremaître des travaux de restauration de l'État. Très visible au sommet topographique, et à l'est du dolmen de la Madeleine, le cairn était encore bien conservé en élévation vers 1883, avant que les structures internes ne soient détruites en 1893.
De nombreux éléments de parures sont inventoriés pour ce monument : 29 perles et pendeloques dont la nature des roches est hétéroclite. Parmi les dix perles groupées qui seront récoltées par F. Gaillard au



Fig. 8 : Rogarte (Carnac, Morbihan). Destruction de la tombe à couloir par des carriers en 1893 (cl. Z. Le Rouzic, Musée d'Archéologie nationale ; DAO réal. S. Cassen).

centre de la chambre, une seule est en variscite (fig. 8), mais une autre dans le même matériau sera recueillie vers l'entrée (Gaillard, 1883). La série des armatures de flèches perçantes en silex démontre une occupation des lieux à la fin du Néolithique, entrainant une nouvelle indécision quant à l'attribution de la parure.

1.1.13 Le Moustoir 1 (Carnac, Morbihan)

L'aspect actuel du tumulus 1 du Moustoir, à plus de 3 km au nord-est du bourg de Carnac, est le résultat de profondes restaurations conduites dans les années 1920 par Z. Le Rouzic. On connaît mal les justes proportions de cette masse de 85 m de long et 5 m de haut (fig. 9), surmontée d'une pierre dressée, ni la structuration exacte des constructions internes, fortement remaniées jusqu'à l'époque romaine qui a pu sciemment les rechercher, notamment au centre de l'édifice. En tout cas, rien qui ne se compare, ni en plan et élévation, ni en mobilier recueilli, aux trois grands « carnacéens », et pour cela ne peut prétendre au même statut. L'ensemble est environné de tertres (dont le Moustoir 2 à proximité immédiate), de pierres dressées isolées (dont deux sont relevées par Le Rouzic aux extrémités ouest et est) ou formant des files rectilignes.

L'exploration première est due à R. Galles et A. Mauricet qui reconnaissent deux cistes désaxées dans un cairn principal, peu documentées, ne contenant que quelques éclats de silex et tessons de poteries, ainsi qu'un foyer circulaire, mieux centré, d'un diamètre de plusieurs mètres et comme ceinturé de pierres dressées (50 cm de haut). Un grand récipient assurément néolithique, à col droit et petites anses sous le diamètre maximum, est recueilli dans cette structure ; mais un « foyer » décrit sur ce sol est malheureusement perturbé d'objets gallo-romains (Galles, Mauricet, 1865 ; Galles, 1865). C'est de la sépulture occidentale – dont les étapes de construction, bien relevées par les auteurs, démontrent qu'elle est en position secondaire dans le tumulus (planche XIII dans Galles, 1865) –, que provient en réalité l'essentiel du « riche » mobilier qui a fait la réputation des lieux (longues lames en silex pressignien, sphéroïde en calcaire importé, hachette en serpentine perforée au talon), en particulier la parure en variscite et séricite.
Cette tombe mégalithique présente des caractères architectoniques originaux que nous avons déjà détaillés (Cassen, 2000b et c). Il ne s'agit pas d'une tombe à couloir classique, faute d'une structure d'accès marquée, mais son plan quadrangulaire allongé n'est pourtant pas fermé à l'image d'une ciste. Ce plan est ouvert au sud, par une ouverture large d'1 m, une étroiture décalée vers l'est. Les fouilleurs notèrent à cet endroit une dalle brisée qui devait reposer sur deux courts murets en pierres sèches matérialisant une « entrée » (Galles, Mauricet, 1865, p. 8), mais rien qui puisse s'apparenter à un couloir d'accès, tout au moins en dalles de granite plantées, débouchant sur la façade du tumulus. Cette façade n'est d'ailleurs pas connue, la limite actuelle étant une limite d'éboulis, plusieurs mètres en avant du plausible parement de ceinture. Il y a donc lieu à envisager, soit un court couloir en matières périssables prolongeant cette première construction pérenne, soit une structure transitoire prise dans la masse des sédiments et n'ayant jamais ouvert sur la façade. Dans tous les cas, l'entrée a vite été occultée et

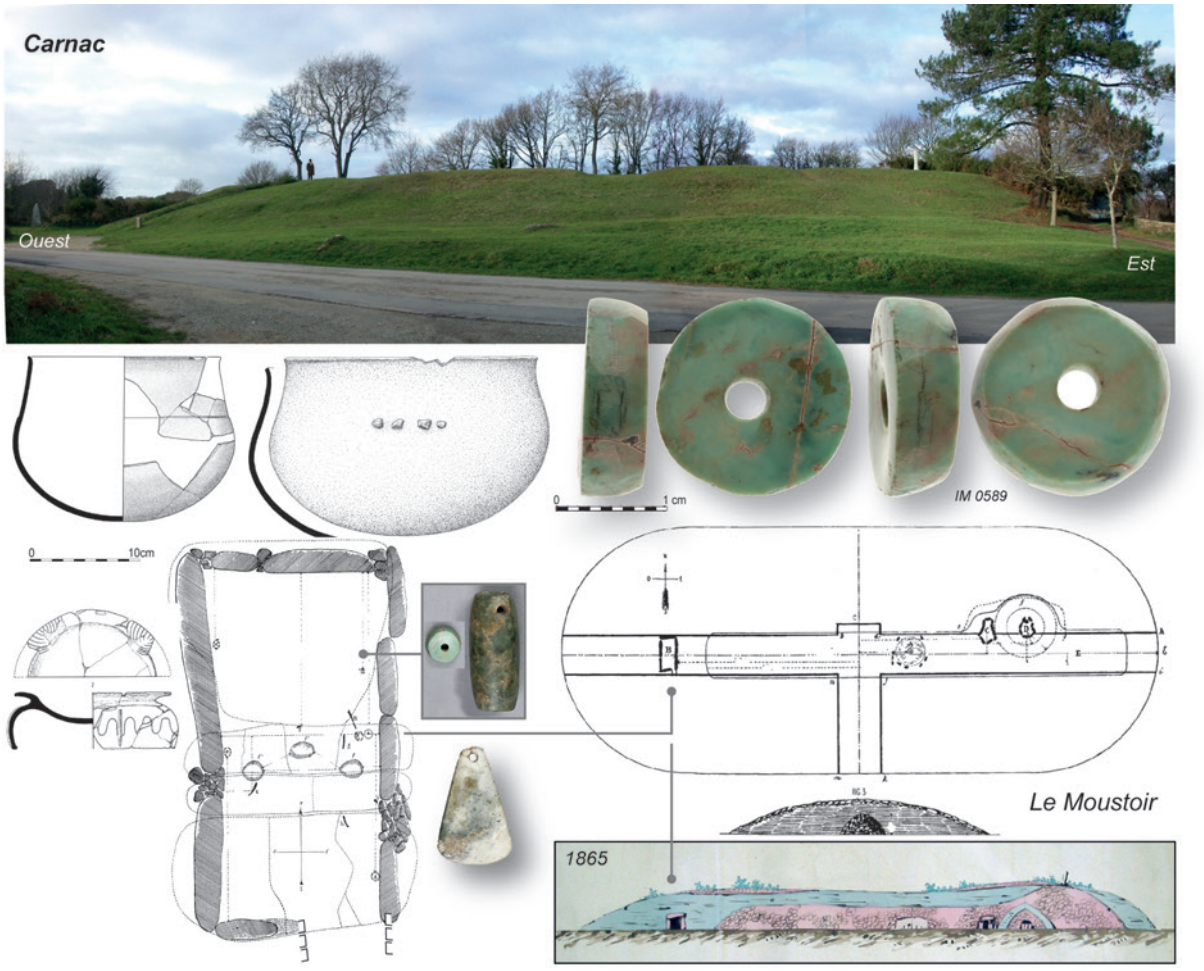


Fig. 9 : Le Moustoir (Carnac, Morbihan). Le monument vu depuis son versant sud (cl. C. Obeltz) ; plan et coupe des fouilles de 1865 (levé Galles, 1865 repris par M. Pocard-Kerviler) ; localisation de la perle en variscite et de la perle/pendeloque en sériciteé (d'après Galles, 1865, Cassen, 2000b ; cl. J.-G. Aubert, Arc'Antique Nantes).

le dépôt dans la tombe a conservé son homogénéité, sans aucun apport du Néolithique récent ou du Campaniforme.

La céramique est illustrée par des formes Auzay-Sandun, à parois fines et régulières, techniquement très réussies, dont un individu orné de deux paires de boutons sur sa panse (battage de la paroi – information P. Pétrequin). Une coupe-à-socle, d'une morphologie originale, est manifestement inspirée de la tradition Castellic récent (motif cannelé ondulé), alors que les arceaux emboîtés, nombreux et incisés sur la coupelle, renvoient sans hésitation par le motif et la technique décorative à l'Auzay-Sandun – assurant une forme de synthèse des deux traditions. Du côté de la parure, la perle discoïde en variscite est intéressante en ceci qu'elle fut découverte le long de la paroi orientale, juxtaposée à une perle tubulaire atypique en sériciteé (voir infra, Le Maux). La perforation axiale sur cette dernière est inachevée, mais reprise par percement à une extrémité pour en faire une plausible pendeloque (un « sifflet en serpentine » pour Le Rouzic 1965) ; une « parcelle de substance résineuse » s'en est échappée (Galles, Mauricet, 1865, p. 6), que nous savons désormais avoir été un brai de bouleau (Rageot 2015).

En conclusion, l'ensemble presque clos de la tombe occidentale du Moustoir est attribuable à l'étape Auzay-Sandun, en partie contemporaine du Castellic récent, autrement dit l'espace de temps 4300-3800. C'est un des rares témoignages où la variscite côtoie la sériciteé qui semble la matière régionale (extraite en Loire-Atlantique) pouvant se substituer à la première, dont l'origine est si éloignée.

1.1.14 Le Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan)

Les dimensions généralement admises pour l'un des trois « géants » élevés sur le littoral morbihannais (125 m de long, 58 m de large et 10 m de haut – (fig. 10) seront peut-être revues à la baisse quand une fouille aura fait le tri, parmi les éboulis étalés en périphérie, et aura proposé une taille plus proche de l'état final du monument au Néolithique. Il n'en reste pas moins vrai qu'avec ses 33 000 m3 de terres et de pierres, le Mont Saint-Michel demeure le plus imposant des tumulus dits carnacéens et sans doute le plus pittoresque avec la chapelle édifiée à son sommet. La ciste de plan trapézoïdal est en revanche la moins spacieuse et la moins haute sous plafond, et se compose de parois faites d'une alternance de dalles brutes allongées et de moellons bien appareillés (fig. 11, 12). L'accès transitoire est obturé par d'autres dalles posées en oblique pour constituer la fermeture ; la couverture est assurée par une dalle de granite cassée en deux sous le poids des accumulations, c'est une dalle provenant d'un affleurement anciennement marqué de cupules (dix signes groupés, et non six des précédents inventaires, depuis Closmadeuc, 1863b). Les parois reposent directement sur le rocher qui a été entièrement raclé ; on ne saurait donc se prévaloir ici d'un sol enterré qui expliquerait l'ancienneté des charbons du comblement de la tombe quand ils furent datés par la mesure du radiocarbone.

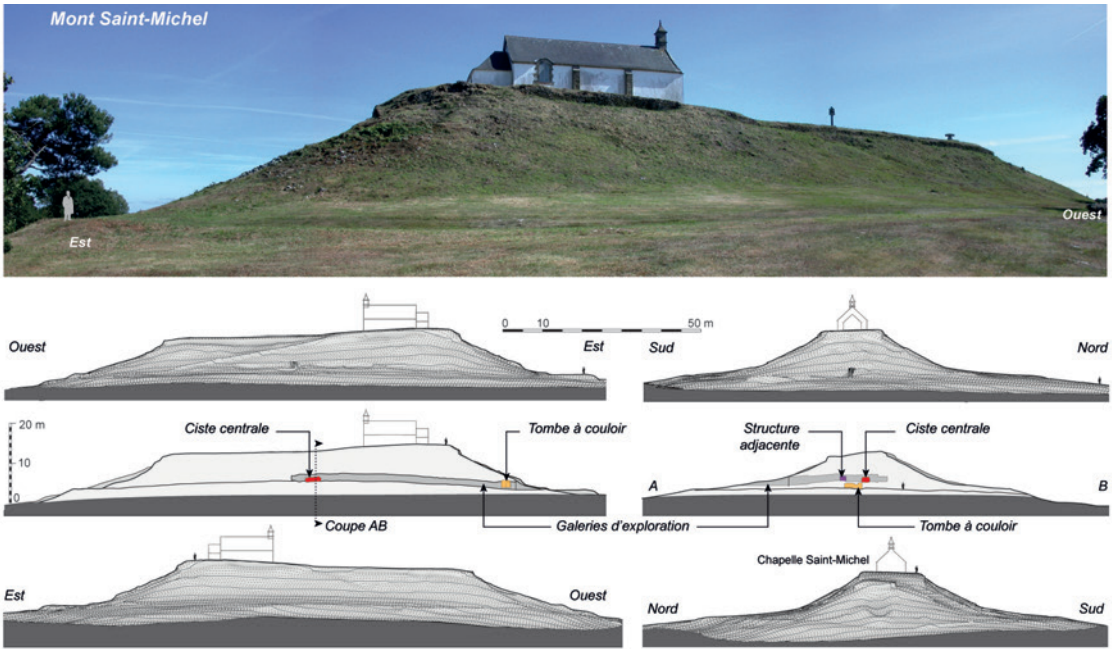


Fig. 10 : Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan). Élévations et coupes du tumulus (pour un plan du monument, voir Cassen *et al.,* 2012) ; équidistance des courbes de niveau continues : 5 m, équidistance des courbes de niveau en tiret : 1 m (levés topographiques et DAO réal. D. Lenoir, V. Grimaud et S. Cassen ; cl. C. Obeltz).

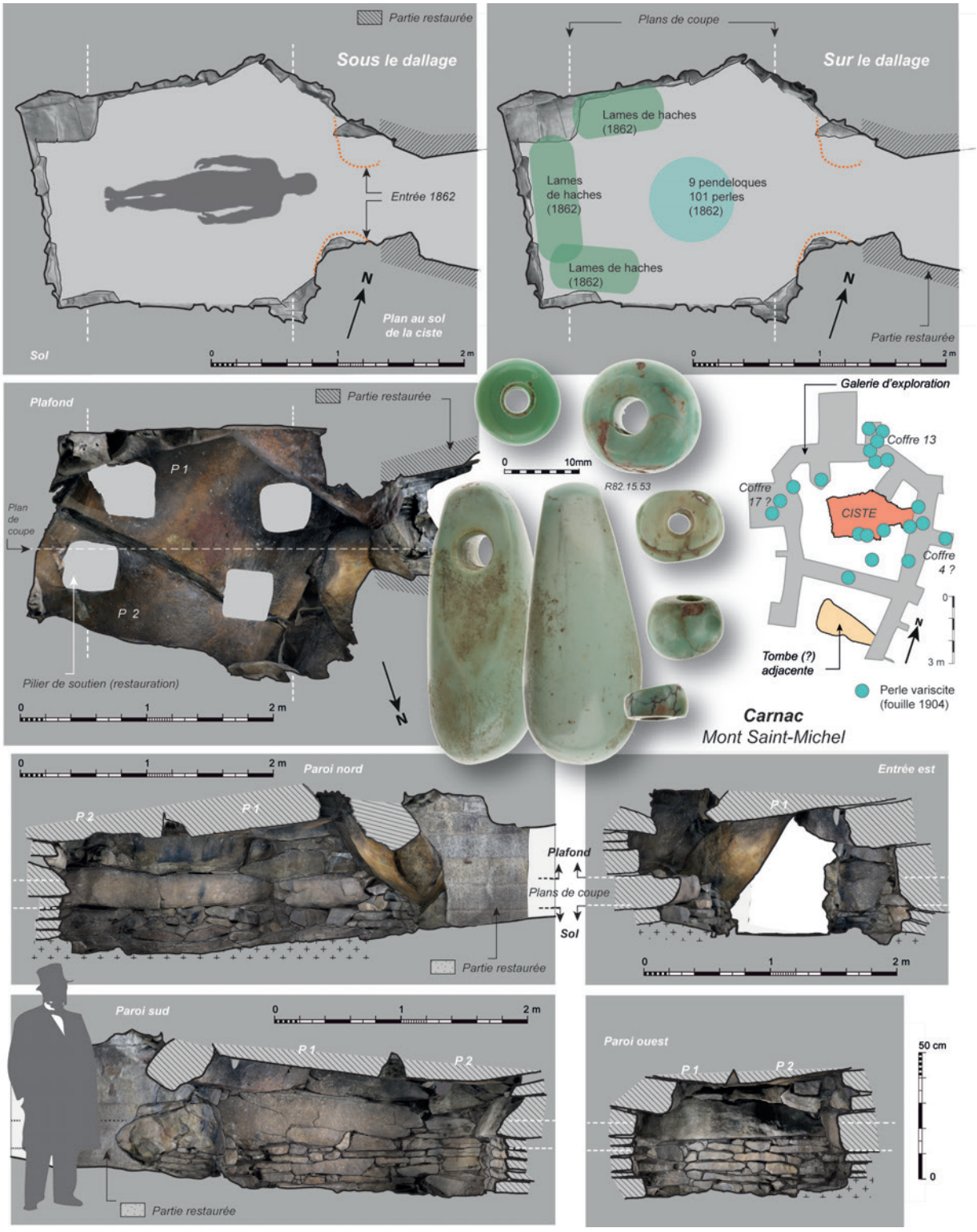


Fig. 11 : Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan). Position estimée du corps allongé sous le dallage, d'après Galles, 1862 ; localisation des lames polies en jade et sillimanite, et de la parure en *callaïs* ; élévations et plans de la ciste centrale (cl. J.-G. Aubert, Arc'Antique Nantes ; levé photogrammétrique/ DAO réal. S. Cassen et V. Grimaud).

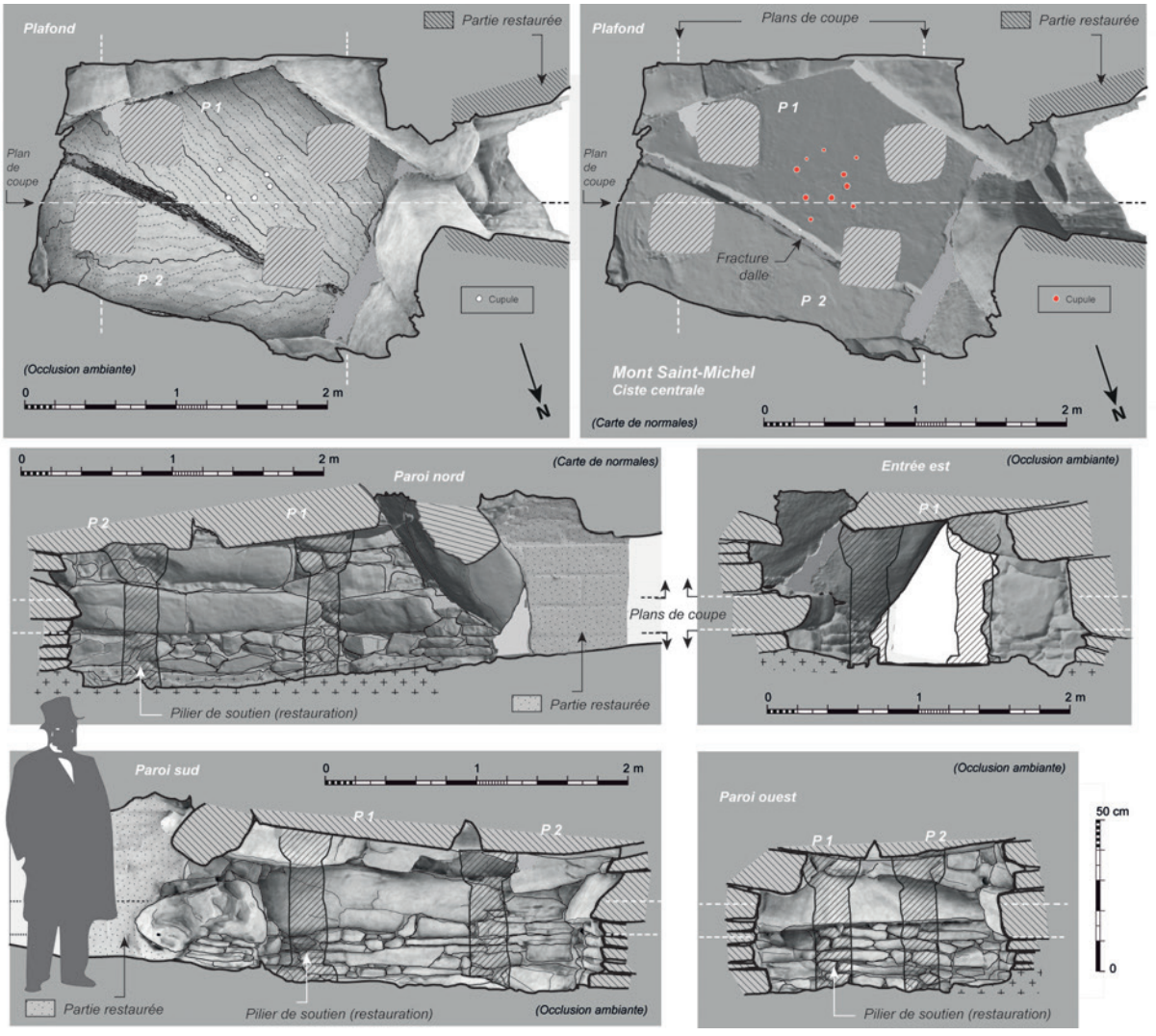


Fig. 12 : Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan). Élévations et plans (sol et plafond) de la ciste centrale par photogrammétrie ; équidistance des courbes de niveau continues = 5 cm, et en tiret = 1 cm (levés et DAO réal. S. Cassen et V. Grimaud). Photogrammétrie : 666 cl. IMG_0380 à IMG_1099 ; Canon EOS 600D ; focale 18 mm ; F/13 ; ISO 3200 ; traitement sous Agisoft Photoscan.

Nous avons déjà longuement rappelé et détaillé les modes exploratoires choisis par R. Galles en 1862, au moyen de sondages profonds, et la découverte de la tombe au centre géométrique du tumulus (Cassen *et al*., 2012). Les lames polies en roches alpines (jadéitite et éclogite) et probablement ibériques (fibrolite/sillimanite) ont bien entendu fait la réputation de cette sépulture, au même titre que la parure en variscite et turquoise. Ces haches ont été rassemblées sous les types Saint-Michel, Tumiac perforé et non perforé, puis Chelles. Le type carnacéen sans doute le plus caractéristique, si reconnaissable par l'élargissement marqué du tranchant, avec deux véritables ergots au raccord avec le corps de la lame, doit son nom éponyme à ce dépôt remarquable (Pétrequin *et al*., 2012) ; la section est en général ovalaire plate. Il est envisagé que cette morphologie particulière serait directement inspirée des plus anciennes productions de haches en cuivre circulant en Europe du Sud-Est, dès le milieu du Ve millénaire au moins (Pétrequin *et al*., 2015b).

En résumé, les emplacements reconnus à ces dépositions de haches dans l'espace de la tombe se partagent entre l'extrémité ouest et les parois latérales. Perles et pendeloques suivent une distribution différente dans le compte-rendu fait par R. Galles. Elles sont d'ailleurs immédiatement repérées (« on apercevait le

vide et nos lampes éclairaient, sur un sol obscur, […] trois grosses perles de jaspe qui brillaient, azurées, au milieu de la crypte…» - Galles, 1863, p. 11). Au total, neuf pendeloques et 101 perles sont récoltées au centre du caveau, tandis qu'un « anneau » fait de minuscules perles (diam. 3 mm) « d'une sorte d'ivoire » est localisé dans l'angle N-O. Le plus important est de noter qu'un dallage de pierres délimite clairement cet horizon supérieur, d'où proviennent également toutes les lames polies, de la couche inférieure où les fouilleurs décrivent les restes osseux d'un individu (« un squelette qui […] occupait le milieu de la crypte, en s'allongeant de l'est à l'ouest…»). G. de Closmadeuc (chirurgien) et M. Malaguti (doyen de la Faculté des Sciences à Rennes), feront par la suite l'analyse en laboratoire des ossements en confirmant la nature humaine des fragments de crâne et d'os longs, les seuls ossements inventoriés dans la tombe. Ils remarqueront cependant que la plupart ont été l'objet d'une combustion, ce qui explique sans doute le succès de l'analyse par le radiocarbone qui sera tentée au siècle suivant (Schulting *et al*., 2009), tandis que les os non brûlés de Tumiac ne conserveront aucune trace de collagène. Les charbons, qui bénéficieront aussi de plusieurs datations par le C14 (centrées sur 4500), furent prélevés au-dessus de ce dallage en granite, dans un sédiment pulvérulent et noirâtre évoquant chez les fouilleurs autant de matières organiques disparues (fourrures, toiles, plantes), sédiment suffisamment ferme cependant pour avoir préservé certaines haches plantées, tranchants au ciel (Cassen *et al*., 2012).

Dans ce dernier article (id., 2012, p. 957), nous rappelions l'envoi fait à l'empereur Napoléon III de plusieurs objets, distraits du corpus actuel conservé au musée de Vannes (Galles, 1863, note). Mais l'observation attentive de l'ensemble « Néolithique/Bronze » de Bretagne, en réserve au MAN, a récemment permis de retrouver, parmi les témoins conservés hors de la collection Du Chatellier, ce que nous pensions égaré (fig. 13) : un lot comprenant 14 perles discoïdes en variscite (dont un gros spécimen aux bords arrondis) et deux superbes pendeloques. À cela s'ajoute une autre grosse perle qui semble bien être une calcédoine verte (source inconnue, les gisements actuels inventoriés se situent principalement en Pologne et Tchéquie – Visser, 1946), plus spécifiquement une chrysoprase (du grec khrisos « doré », et prason « poireau », pour sa couleur verte ; minéral formé à basse température dans les veines et crevasses des roches métamorphiques riches en nickel telles que certaines serpentinites ; Sachanbinski *et al*., 2011). Elle est de même nature que la pendeloque découverte dans la ciste Castellic de Lannec er Gadouer en Erdeven (Boujot, Cassen, 2000). Au sein des collections du MAN provenant du Mont Saint-Michel, une autre pendeloque spectaculaire doit être mentionnée, en quartz hyalin poli, dont toute l'originalité vient du « jardin » contenu en son milieu, un clivage naturel (« défaut de cristallisation ») qui a pour effet de diffracter la lumière, laissant apparaître en continu, aux yeux de qui en recherche la présence, une tâche irisée du plus bel effet. C'est encore avec la



Fig. 13 : Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan). Don à Napoléon III par la Société Polymatique du Morbihan (MAN coll. du Chatellier) : 1 pendeloque en quartz hyalin avec irisation permanente du « jardin », 2 pendeloques et 14 perles en variscite, 1 perle en calcédoine (chrysoprase) (cl. N. Le Maux, DAO réal. S. Cassen).

tombe de Lannec er Gadouer que l'analogie est la plus effective puisqu'une pendeloque similaire (mais de surface beaucoup moins lisse, le galet de cristal ayant été récolté sur une plage) y fut recueillie, reconnue pour cette qualité même : une irisation spontanée en son centre, quelle que soit son orientation à la lumière (Cassen, 2000d).

Les campagnes conduites au Mont Saint-Michel par Z. Le Rouzic, entre 1900 et 1906, permettront de mieux cerner l'architecture externe (reconnaissance d'un parement périphérique) et de découvrir une tombe à couloir ajoutée à l'extrémité orientale, inscrite dans un agrandissement de l'enveloppe tumulaire qui n'augmente cependant pas de beaucoup le volume initial. Ici le mobilier céramique est nettement Auzay-Sandun. La tombe accessible sera d'ailleurs réinvestie à la fin du Néolithique, à l'âge du Bronze et jusqu'à l'âge du Fer (Hallstatt). Mais revenant sur le caveau central, le fouilleur récolte trois nouvelles perles le long de la paroi méridionale, trouvées en tamisant les terres laissées par ses prédécesseurs (Le Rouzic, 1932, p. 37, 39). Parmi les structures périphériques (« coffres »), aux dimensions trop variables pour que la réalité archéologique et architecturale en soit assurée, d'autres perles encore sont recueillies. La seule concentration notable se résume à trois perles dans le coffre 13, mais trois autres individus similaires trouvés en dehors et devant cet espace, en fait sur le passage des fouilleurs qui avancent sous galerie de mine, indique bien l'indécision quant à la qualification exacte de ces « sépultures » problématiques, sans ossements autres que ceux très partiels d'un bovin. Au total 14 perles proviennent des tamisages de lots terreux assez bien localisés qui autorisent la cartographie ici proposée, avec une concentration claire vers l'entrée latérale de la ciste centrale (fig. 11). Cette dispersion reflète évidemment l'exploration en galerie qui l'a ceinturée et il est fort probable que d'autres spécimens sont encore préservés au niveau du sol de la tombe et en son pourtour. C'est d'ailleurs sur ce sol périphérique, et jusqu'à toucher la paroi nord, que furent inventoriés plusieurs tessons d'un plat à paroi sub-verticale, aux surfaces brunes et polies, semblable aux exemplaires de Lannec er Gadouer et d'Er Grah (Hamon, 2000 ; Cassen *et al*., 2012).
Z. Le Rouzic mettra ensuite en évidence, 3 m plus au sud, une véritable structure quadrangulaire cette fois, avec un accès latéral semble-t-il, mais qui ne contenait rien et qui fut, quoi qu'il en soit, obturée par l'amoncellement des pierres formant un cairn circulaire autour de la ciste principale. Notons enfin que la découverte de peintures récemment publiées (Gouézin *et al*., 2013) confond avec d'hypothétiques apports de colorants dans le monument, d'une part les oxydations en surface des supports granitiques, d'autre part les lignes verticales du noir de fumée dégagées des anciens modes d'éclairages à combustion. Notons que le collier en variscite reconstitué du Musée de Carnac (n° R82.15.53) comprend non seulement les découvertes de Z. Le Rouzic à l'occasion des fouilles menées dans les années 1900-1906, mais également trois perles et une pendeloque oblongue provenant de découvertes dans la ciste centrale après 1862 (don Lautram-Suraud, n° 927 inventaire manuscrit Musée Miln). Rappelons que l'accès à cette dernière, resté ouvert après les fouilles de la Polymathique avait suscité la visite de beaucoup de curieux…
En conclusion, les perles et pendeloques en variscite et turquoise (128 individus si l'on ajoute une perle détenue par l'abbé Lavenot et non retrouvée – Galles, 1869), en calcédoine, cristal de roche et « ivoire », ne sont pas portées (corps, vêtement, linceul) ; elles sont entièrement déconnectées de l'individu allongé dans la ciste, tête à l'est, inhumé seul dans le niveau inférieur. Elles participent, à l'image des haches polies en jade et en fibrolite, également disposées sur le niveau supérieur dallé, d'une présentation ostentatoire des objets-signes accompagnant le défunt. Leur mise en scène sur le sol de la tombe, au lieu d'être enterrés, stipule leur rôle à tenir et à venir dans l'au-delà.

1.1.15 Kercado/Mané er Groez (Carnac, Morbihan)

Profitant de leur exploration sur le Mont Saint-Michel, M. Lefèbvre et R. Galles en viennent, en 1863, à s'intéresser au dolmen de Mané er Groez près du manoir de Kercado, bien visible depuis le site précédent (à 1,6 km à vol d'oiseau). Le cairn est imposant (40 m de diamètre et 3,5 m de haut) et l'on y voit Gavrinis

depuis son sommet (à 13,2 km)… Creusant une tranchée transversale nord-sud, les fouilleurs accèdent à la chambre par un côté de la grande dalle de couverture (angle nord-est), entre deux orthostates (Lefèbvre, Galles, 1863a). Curieusement, et après en avoir cherché trace, ils ne découvrent aucune des gravures qui marquent pourtant les parois du couloir et de la chambre quadrangulaire.
Deux couches distinctes séparées par un lit de pierres aplaties sont par endroits remarquées. Le remplissage à Kercado se singularise pour avoir contenu des ossements humains calcinés, un changement d'état qui a permis cette conservation. Au moins deux adultes et un enfant sont décomptés à partir des éléments de radius, péroné, phalanges, côtes, crâne (Closmadeuc, 1863a). Des os d'oiseaux s'ajoutent à cet inventaire. Sept perles en « jaspe » et une huitième de forme cylindrique allongée composent le premier lot en variscite (fig. 14). On reconnaît enfin, dans la céramique décrite par les fouilleurs, le modèle ornemental campaniforme.

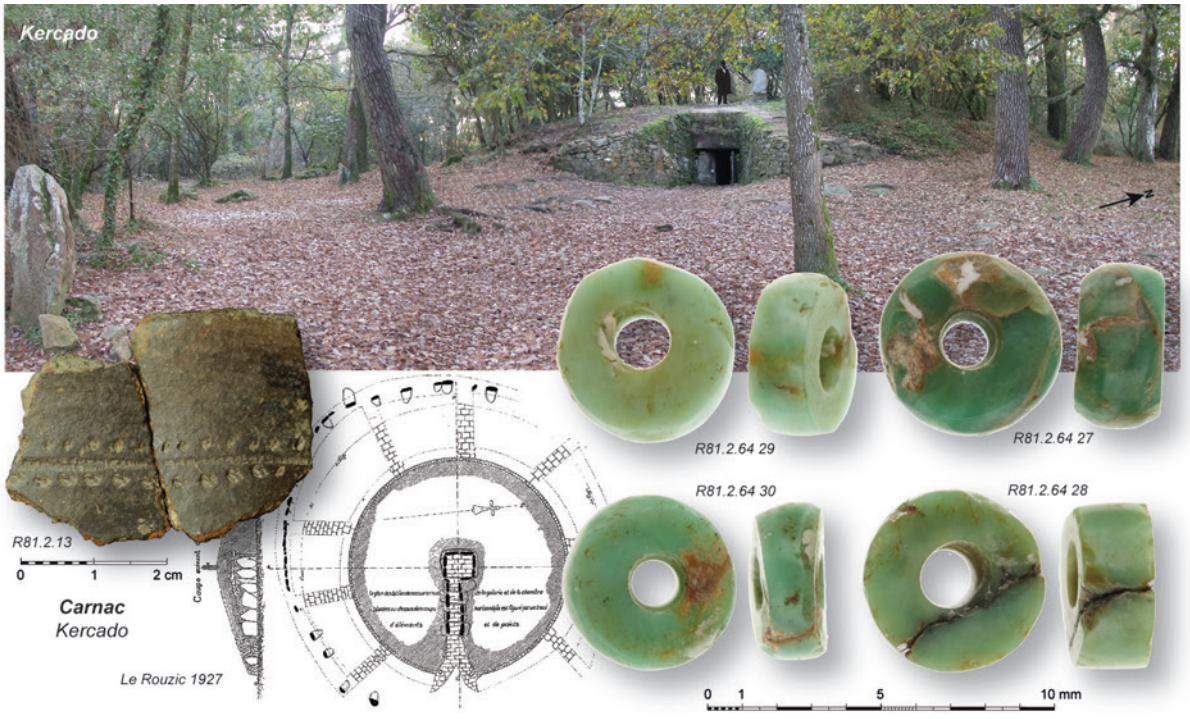


Fig. 14 : Kercado (Carnac, Morbihan). Plan de la tombe à couloir et de l'hémicycle de pierres dressées (d'après Le Rouzic, 1927). Perles en variscite de la chambre et tesson Castellic probablement issu du sol enterré (cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes, N. Mather, M. Pérez/Musée de Préhistoire Carnac, C. Obelz ; DAO réal. S. Cassen).

En 1924, Z. Le Rouzic intervient à nouveau à l'occasion d'un programme de restauration. Il tamise les terres sorties de la chambre et de la galerie, et récolte « 21 perles en callaïs, dont 2 en forme de tuyau de pipe, les autres sont plates et petites, ne mesurant que de 3 à 6 millimètres de diamètre et de 2 à 4 mm d'épaisseur » (Le Rouzic, 1927a, p. 82). Plus intéressant, il remarque au milieu de la chambre « une cavité creusée dans le roc, mesurant 0,4 m de largeur sur 0,6 m de longueur et d'une profondeur inégale de 0,15 à 0,20 m. Dans les terres sorties de cette cavité, il y avait énormément de débris de charbon de bois et de débris d'os, et le tamisage m'a donné 7 des perles en *callaïs*, la pendeloque en schiste, le plus grand des fragments du vase caliciforme en terre rouge, orné de bandes faites au pointillé, et plusieurs petits galets roulés. » (id., p. 82). Un nettoyage du couloir lui apporte quatre perles supplémentaires en variscite.
L'exploration en façade, au niveau de l'entrée du monument, laisse peu de doute sur l'existence d'un sol enterré plus ancien, piégé sous le cairn (au moins une structure de combustion sous le dallage au début du couloir – id., p. 84). Une dalle trouvée à l'extérieur du cairn, sur le sol en secteur sud, est

arbitrairement remontée au sommet du monticule pour être dressée comme « menhir indicateur ». À cet endroit, le fouilleur découvre les rejets des précédentes explorations et, par tamisage, récolte « 122 petites perles en callaïs, les plus grandes ne mesurant que de 3 à 5 mm de diamètre et de 2 à 4 mm d'épaisseur et trois fragments de perles semblables. Une seule de ces perles est en forme de tuyau de pipe. » (id., p. 85). Dans ce même lot sédimentaire examiné avec soin, deux plaquettes en or, des pointes de flèches à ailerons équarris, des « vases caliciformes » renvoient manifestement à l'étape Campaniforme. Côté couloir et sur sa couverture, des témoignages gallo-romains signent une forme d'occupation (extraction de matériaux ? vénération des lieux ?) souvent attestée dans la région.

Au total, ce sont 147 éléments de parure en variscite qui sont découverts par Z. Le Rouzic à Kercado, auxquels s'ajoute un lot d'une petite dizaine de perles resté entre les mains du propriétaire du monument – une seule retrouvée aujourd'hui, le reste étant égaré. Notons que six perles manquent aujourd'hui à l'inventaire du Musée de Carnac.

Au point de vue architectural, la fouille de Z. Le Rouzic permet de découvrir un parement délimitant le cairn, qui est circulaire, ainsi qu'un dallage disposé sur 3 à 6 m en avant du mur périphérique. Au-delà, 27 blocs couchés marquaient vers l'ouest un ouvrage de pierres dressées, mais disposé de façon excentrique par rapport à l'emprise du cairn (fig. 14). Cette enceinte sera aussi restaurée, aidée par les pierres de calage des stèles découvertes en fouille. Toutes les couches sédimentaires traversées par ces tranchées exploratoires donneront du mobilier d'époques différentes. Enfin des gravures sont inventoriées sur cinq supports et au plafond de la dalle couvrant la chambre.

En résumé, le site de Kercado, tel qu'il est connu par ses collections anciennes, est probablement le résultat de phases d'occupations échelonnées dans le temps. S'il est impossible d'établir une quelconque relation d'antéro-postériorité entre la tombe à couloir et l'enceinte curviligne qui la borde à l'ouest, il est certain qu'un sol archéologique est enterré sous le cairn circulaire. La date C14 obtenue à partir de charbons sans localisation (SA 95 : 5840 ± 300 B.P ; Giot, 1969), longtemps mobilisée malgré son large intervalle de confiance pour reculer l'âge des dolmens bretons, est peut-être un écho de cette présence ancienne. Un vase Castellic, décoré d'une ligne horizontale sous le bord (fig. 14), elle-même ponctuée de part et d'autres d'impressions ovalaires (l'emploi d'une coquille, du genre Laevicardium, est probable) et qui ne peut être confondu avec la production Campaniforme armoricaine (ni le décor ni les aspects de surface ne correspondent – com. orale L. Salanova) pourrait provenir de ce vieux-sol, à l'image de la situation connue à la Table des Marchands (Cassen, François, 2009a). En revanche, la coupe-à-socle au décor Auzay-Sandun et non Castellic, les récipients Conguel et Kerugou (L'Helgouac'h, 1965), sont bien le reflet attendu des passages divers au sein de cette sépulture mégalithique, tout au long du IVe millénaire.

Mais le point conclusif le plus important se résume à la reconnaissance d'une petite cavité creusée dans le sol de la chambre qui ne contient que du mobilier Campaniforme associé à sept perles en variscite. C'est une des rares occasions, dans ces espaces funéraires accessibles et pour des contextes stratigraphiques peu documentés par les fouilles modernes, où de telles parures peuvent être bel et bien reliées à un horizon chronologique beaucoup plus tardif que la première introduction du matériau en Morbihan.

1.1.16 Kerdro Vihan, Men er Roch (La Trinité-sur-Mer, Morbihan)

La première exploration de la tombe à couloir Men er Roch, du hameau de Kerdro Vihan, n'avait pas apporté d'éléments de parure aux membres de la Société Polymatique du Morbihan. Z. Le Rouzic intervient à son tour dans le couloir intact, trente ans plus tard, récoltant des récipients Kerugou et Campaniforme (Le Rouzic, 1901). Reprenant au tamisage les déblais issus de l'ancienne fouille de la chambre, il détecte une perle tubulaire en variscite (« tuyau de pipe » ; fig. 15).

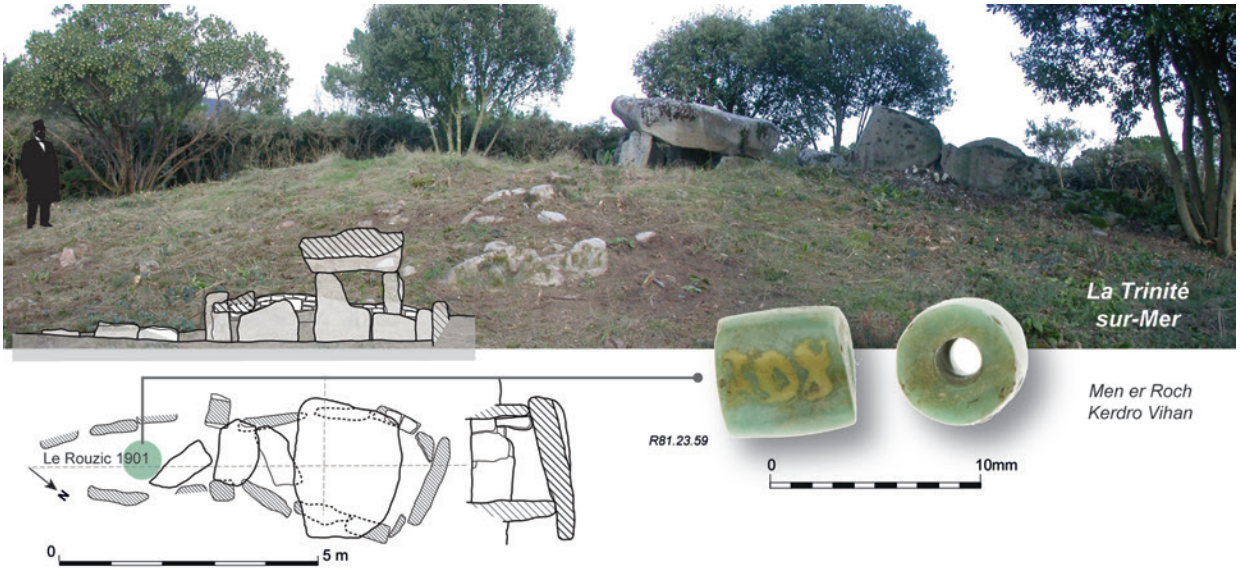


Fig. 15 : Kerdro Vihan, Men er Roch (La Trinité-sur-Mer, Morbihan). Vue du versant occidental du cairn (cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes et C. Obeltz ; levés T. Templier et S. Cassen, 1996, DAO réal. S. Cassen et C. Obeltz).

1.1.17 Mané Roullarde (La Trinité-sur-Mer, Morbihan)

Cette longue allée-couverte (19,4 m), qui pourrait être aussi une sépulture à entrée latérale, domine le territoire étendu à l'ouest de la Trinité-sur-Mer. Seule l'exploration de Z. Le Rouzic, après celle infructueuse menée par Davy de Cussé et Galles en 1867, permet de documenter approximativement la teneur des dépôts céramiques et lithiques, partagés entre le Groh Collé et le Campaniforme (Le Rouzic, 1901). Aucune perle en variscite n'est mentionnée dans le compte-rendu des fouilles, alors qu'un objet est recensé dans la littérature la plus récente tout en se référant à l'inventaire des mégalithes régionaux par Le Rouzic (Herbaut, Querré, 2004). Après vérification, aucune indication de découverte de variscite à Mané Roullarde n'est archivée au musée de Carnac, dans ses différents inventaires (manuscrits Miln, Le Rouzic, catalogue Jacq, inventaire Riskine), ni au MAN. Il s'agit donc d'une erreur.

1.1.18 Kervilor, Mané Bras (La Trinité-sur-Mer, Morbihan)

Dominant la Rivière de Crac'h, l'éminence du Mané Bras sur le hameau de Kervilor est explorée par F. Gaillard, en 1886, vingt ans après une fouille rapide conduite par L. de Cussé et L. Galles. Deux tombes à couloir sont reconnues (fig. 16), l'une au nord du cairn, à chambre quadrangulaire (tombe 3 actuellement), l'autre à chambre circulaire (tombe 2) ; les orientations des couloirs sont globalement au sud-est, mais séparées d'un écart angulaire de 13°. C'est dans le couloir de la tombe circulaire que le fouilleur récolte huit perles en callaïs, sous un dallage donnant accès au « dolmen inférieur », un concept architectural qui sera en vogue durant un certain temps avant de disparaître. Une des perles est cependant bien notée au contact d'un vase à fond plat « caliciforme » (Gaillard, 1886, p. 479) ; une attribution chrono-culturelle qui sera par la suite confirmée (Prieto Martinez, Salanova, 2009). L'association de ces objets de parure à du mobilier chasséen (Herbaut, 2001, p. 155 ; Herbaut, Querré, 2004, p. 510) est donc forcée dans les conditions stratigraphiques décrites ; seule la sépulture mégalithique nord contenait une série céramique homogène attribuée au Chasséen (L'Helgouac'h, 1965, p. 96 ; Giot *et al.*, 1979). Poursuivant ses recherches dans la chambre au nord, et contre les supports, F. Gaillard recueille sept nouvelles perles et une autre encore plus à l'est. Ici, des pointes de flèches à ailerons et pédoncule pourraient confirmer la présence des éléments campaniformes. Sur les 16 perles ainsi recensées (actuellement réunies au MAN

en un seul collier malgré deux localisations distinctes), trois seulement sont discoïdes, les autres sont tubulaires à performation cylindrique (fig. 16).

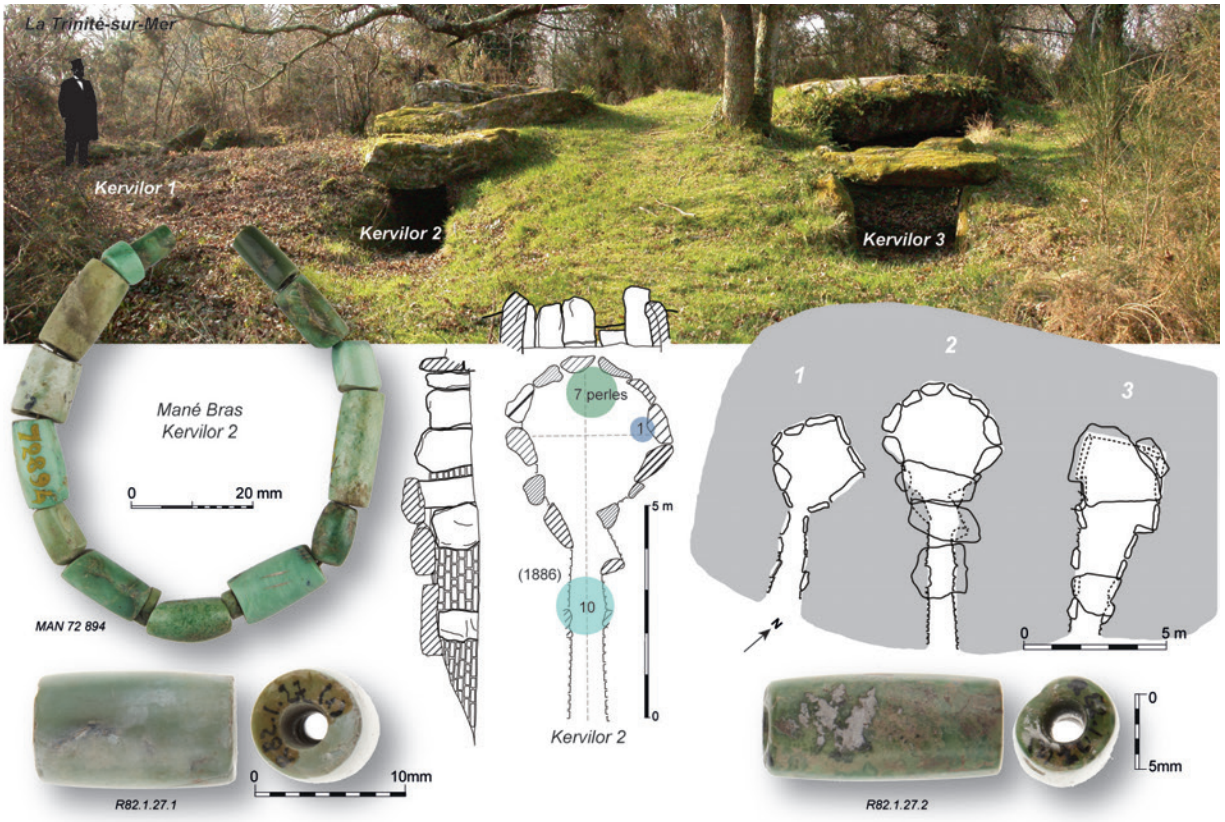


Fig. 16 : Kervilor, Mané Bras (La Trinité-sur-Mer, Morbihan). Façade au sud-est. Localisation des perles de la fouille Gaillard 1886 dans la tombe à couloir centrale n° 2 (cl. Musée d'Archéologie nationale, J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes et C. Obeltz ; levés T. Templier et S. Cassen, 1996, DAO réal. S. Cassen et C. Obeltz).

Supposant la présence d'une troisième tombe plus au sud-ouest, Z. Le Rouzic entreprend à son tour une exploration du Mané Bras, dix ans plus tard. Il découvre, en effet, enveloppé dans le même cairn allongé, une chambre carrée (tombe 1), également bordée de dalles dressées, ouvrant sur un court couloir d'accès dirigé lui aussi au sud-est mais avec une orientation encore différente des deux précédents. Aucune perle supplémentaire ne sera ici récoltée parmi le mobilier lithique et céramique néolithique.

À l'occasion d'une restauration sur le monument menée en 1927, Z. Le Rouzic découvre deux perles en variscite allongées « en tuyau de pipe » (R82.1.27.1 et 2). Elles proviennent des « terres sorties de la galerie au-dessous du grand dallage du 2e dolmen » et sont associées à « une petite agrafe en or, sorte de petite bande à bords repliés à l'intérieur » (Le Rouzic, 1927b).

En conclusion, des trois sépultures mégalithiques à couloir au Mané Bras de Kervilor, incluses dans un cairn commun mais peut-être construit par accrétion, seule la chambre et le couloir d'accès au monument central (n° 2) ont contenu des objets en variscite. Le positionnement de certains d'entre eux sous un dallage n'est cependant pas le gage d'un dépôt primitif, étant donnée une association physique notée avec, au moins, un vase Campaniforme. Sans une fouille moderne, il n'est pas possible d'affirmer, par ailleurs, que ce monument central à chambre circulaire est le plus ancien, qui pourrait expliquer cette présence d'une parure aussi valorisée.

1.1.19 Kerhan, Roch Vras (Saint-Philibert, Morbihan)

Le malheureux ensemble du Roch Vras sur le hameau de Kerhan se compose aujourd'hui de deux tombes à couloir parallèles (2 et 3) inscrites dans un cairn commun. Une troisième tombe à couloir (n°1) était dressée sur le côté sud, incluse dans la même enveloppe (Gaillard, 1892 – à l'image des trois tombes de Kervilor), mais fut enlevée et remontée en 1896 (fig. 17) dans le cimetière de Meudon (Hauts-de-Seine) afin de couvrir le caveau de la famille Piketty… Sous le dallage de cette chambre fut récoltée une large perle discoïde en variscite qui sera également emportée par le propriétaire du terrain (Le Rouzic, 1899) pour finalement être conservée au MAN. Il est difficile de dire si ce niveau stratigraphique observé signe une occupation antérieure ou si des objets ont pu glisser entre les pierres du dallage.



Fig. 17 : Kerhan, Roch Vras (Saint-Philibert, Morbihan). En encadrés : le déménagement de la tombe à couloir n° 1 du Roch Vras en 1896, et son implantation dans le cimetière de Meudon ; état actuel du site (cl. Musée d'Archéologie nationale, Z. Le Rouzic, C. Obeltz et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

1.1.20 Luffang, Tal er Roch (Crac'h, Morbihan)

La sépulture mégalithique coudée Tal er Roch du hameau de Luffang est repérée puis explorée par M. Cappé et J. Miln en 1876 (Luco, 1883). Z. Le Rouzic reprend une fouille en 1898, notant bien le cairn circulaire d'une quarantaine de mètres de diamètre (fig. 18). L'ensemble était très perturbé par les carriers qui avaient également détruit de nombreuses et grandes stèles au sud-ouest, débitées et expédiées à Belle-Ile-en-Mer pour la construction du phare. Le monument est aussi connu pour les gravures qui seront décrites sur certains orthostates. Mais aucune perle en variscite n'est recensée par le fouilleur à cette date (Le Rouzic, 1898). L'inventaire le plus récent, qui décompte 10 objets de ce type en référence à cette seconde exploration (Herbaut, Querré, 2004), doit être corrigé, car les découvertes datent en réalité de 1937 à l'occasion d'une opération de restauration du monument conduite par Z. Le Rouzic (rapport manuscrit au Directeur général des Beaux-Arts du 5/01/1938). Il fut dénombré 12 perles discoïdes et tubulaires (trouvées au

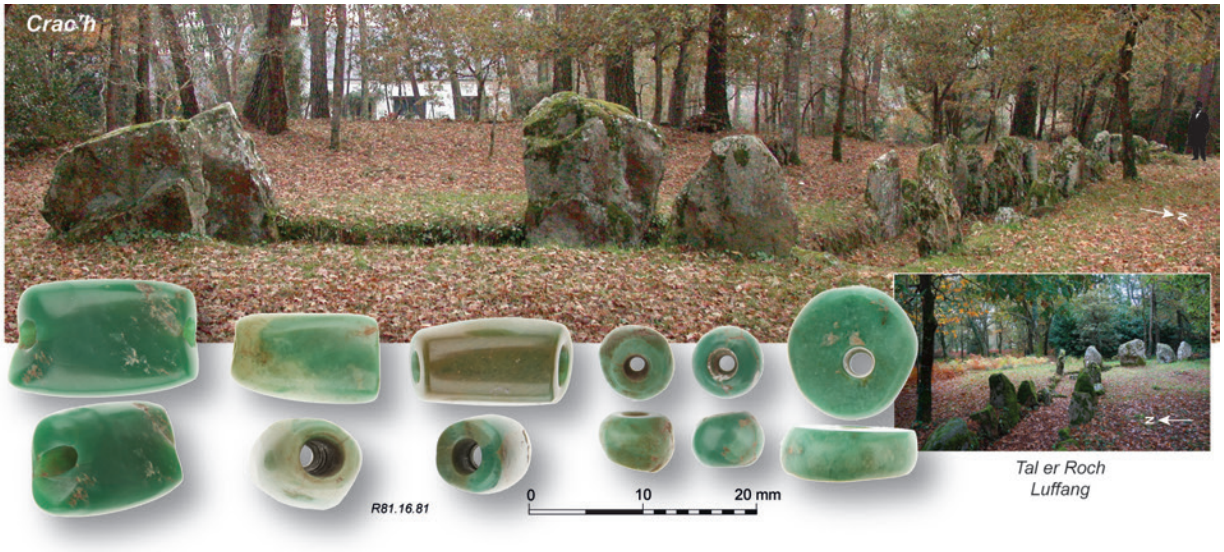


Fig. 18 : Luffang, Tal er Roch (Crac'h, Morbihan). Vue sur la sépulture coudée, en direction de la rivière de Crac'h (cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes, C. Obeltz et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

tamisage des terres extraites de la chambre) mais seulement neuf ont été portées à l'inventaire du musée, en 1939, par M. Jacq.

La présence du « collier » en callaïs dans ce type architectural édifié à la fin du Néolithique apparaît par conséquent comme un nouveau jalon précieux dans le suivi chronologique de ces productions, ou de ces réemplois, autrement dit la datation plus récente d'une part importante du corpus des perles en callaïs. Deux ensembles céramiques coexistent en effet dans la tombe, le Kerugou et le Campaniforme (L'Helgouac'h, 1965).

1.1.21 Er Mar (Crac'h, Morbihan)

La tombe à couloir et chambre circulaire d'Er Mar est bien représentative de cette famille ancienne de monuments, dispersés à quelques kilomètres du littoral actuel. Si W.C. Lukis entreprend une fouille dans les années 1860, aucune relation n'en fut publiée. Il faut attendre l'exploration de F. Gaillard en 1887 pour qu'une série d'objets soit bien décrite, et notamment une « pendeloque en talc » que l'auteur savait différencier de la callaïs ; c'est le seul élément de parure donné pour ce monument (Gaillard, 1890b, p. 117). Mais il s'agit surtout d'une pendeloque arciforme sur bracelet en schiste réutilisé (MAN 72690). La perle en variscite récemment attribuée à la tombe d'Er Mar (Herbaut, Querré, 2004) ne peut donc être confondue avec ce spécimen bien caractéristique. Il existe en revanche une perle volumineuse et cylindrique recensée sur Crac'h, mais sans lieu-dit attaché (MAN 75529), qui est en mica calcique (dét. N. Le Maux) et qui a pu être confondue avec un élément en callaïs.

1.1.22 Mané Lud (Locmariaquer, Morbihan)

Deux ensembles architectoniques marquent l'extrémité nord-ouest de la dorsale de Locmariaquer : d'une part un grand tertre allongé N-E/S-O, qui occupe le point dominant, d'autre part une tombe à couloir adossée en début de pente sur son flanc occidental, couloir ouvrant au sud (fig. 19). Les fouilles menées par R. Galles, en 1866, rendent assez bien compte du contraste entre le tertre, amassant sur plus de 4 m de haut des sédiments hydromorphes (« vases »), manifestement compartimentés par des cloisons en bois (perches horizontales de 4-5 m de long pour 8 cm de diamètre, perpendiculaires au grand axe



Fig. 19 : Mané Lud (Locmariaquer, Morbihan). Vue (depuis le nord) sur le tertre principal ; la dalle de couverture de la tombe à couloir à l'extrémité occidentale ; localisation des différentes récoltes de perles en callaïs ; quelques perles en variscite de la fouille Le Rouzic (cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

du tertre – Galles, 1863, p. 38) et le cairn qui est constitué de moellons enveloppant la tombe à couloir. Si la ciste au centre du tertre contenait bien une belle lame polie sur plaquette en fibrolite et d'une morphologie typique des contextes du Ve millénaire (Cassen *et al.*, 2012), seule la tombe à couloir a conservé des éléments de parure en callaïs. La première perle sera découverte sous une lourde pierre de dallage, au passage couloir-chambre, en recherchant un « dolmen inférieur » (Galles, Mauricet, 1864, p. 8). Une fusaïole en terre cuite et des tessons et silex sont décrits comme associés à cette perle. Z. Le Rouzic poursuivra cette exploration en allant fouiller sous la grande dalle couvrant le sol de la chambre, autrement dit dans la continuité du sol reconnu par les précédents fouilleurs. Il ramène, du contact avec les supports de gauche, plusieurs tessons d'un vase Campaniforme, une bande en or aux extrémités percées, et neuf perles en callaïs dont une est cassée (Le Rouzic, 1912, p. 228). Soulevant les deux dernières pierres du dallage pour gagner de l'espace, il fouille ensuite le côté droit, toujours sous la dalle pavant la chambre. Il ramène cette fois des armatures perçantes en silex, des restes de récipients Campaniforme, quatre bandes et agrafes en or et 16 nouvelles perles en callaïs (dont quatre sont cassées) ainsi que trois fragments de ces objets. Une perle supplémentaire, d'un diamètre peu ordinaire de 22 mm, à perforation presque cylindrique (et non à ce point biconique sur la fig. 50, Herbaut, 2001), est par contre découverte en surface du dallage, au contact du cinquième support de gauche. Au terme de la fouille, l'auteur confirme ainsi l'existence de « sépultures superposées ».

Pour conclure, près de 28 perles en variscite à perforations biconiques (à l'exception d'un individu, le plus gros) furent récoltées dans la tombe à couloir du Mané Lud. Les formes sont discoïdales avec des tranches droites ou franchement arrondies par abrasion et polissage. L'observation de terrain – malgré une relation stratigraphique quelque peu étonnante, qui rappelle néanmoins le contexte similaire du Mané Bras de Kervilor – atteste d'un rapport étroit entre le mobilier Campaniforme et ces éléments de parure.

1.1.23 Er Grah (Locmariaquer, Morbihan)

La tombe centrale, avec sa massive dalle de couverture, est la plus anciennement reconnue en tant que « dolmen » (Fréminville, 1827) avant que l'enveloppe allongée qui la contient ne soit aussi considérée comme un tout monumental (Mérimée, 1836). Mais la première relation exploratoire ne date que des débuts du XXe siècle, quand on pense toujours que ce caveau est bien un dolmen à couloir (Le Rouzic, 1908), au point que la restauration, guidée par deux orthostates parallèles, introduit un court accès par une entrée qui en réalité n'existe pas du côté sud. C'est néanmoins par l'intermédiaire de cette fouille que la grande pendeloque en variscite est recueillie, à l'angle nord-est de la tombe, entre les pierres du dallage en granite couvrant le sol (fig. 20). Le fouilleur note d'ailleurs que l'usure du trou de suspension indique qu'elle fut portée pendant un temps assez long. Un éclat, également en variscite, sera découvert le long de la paroi nord, mais en contexte remanié (le MAN conserve deux fragments étiquetés Er Grah, envoyé par Le Rouzic à Capitan, en mai 1921 ; le plus petit correspond exactement à l'éclat manquant au-dessus de la perforation de la pendeloque ; l'autre éclat provient manifestement d'une autre pendeloque, au niveau de sa perforation biconique). Les cinq autres perles conservées au musée de Carnac seront ultérieurement récoltées, lors de la restauration conduite en 1935 par Z. Le Rouzic, mais hélas sans que l'origine précise ne soit marquée (Le Roux dir., 2006). À ces éléments de parure s'ajoutent une hachette polie en jadéitite au talon perforé (Cassen *et al*., 2012) et un plat à paroi sub-verticale semblable à celui du caveau du Mont Saint-Michel (Hamon, 2000).
Les recherches les plus récentes rendront justice de la complexité du monument (le Roux dir., 2006), qui débute par une ciste à plan trapézoïdal, aux côtés murés. Une mince dalle de paroi au S-E, qui ne peut prétendre soutenir la dalle de couverture, est en migmatite. Elle peut-être issue de la file démantelée de stèles dont plusieurs étaient prises dans ce matériau exogène, aux côtés du Grand Menhir, à une centaine de mètres vers le sud (Cassen, 2009b). Une autre dalle, en granite cette fois, cloisonne l'espace intérieur en dégageant un premier volume occupant un tiers de la tombe, un rapport que l'on retrouve ainsi restitué dans le cloisonnement au sol de la ciste du Mané er Hroëck (voir infra). La couverture est assurée par une dalle en orthogneiss reposée directement sur les murs de paroi, en laissant 1 m sous le plafond ; l'ensemble de la ciste est entourée d'un cairn grossièrement circulaire. Un accès transitoire, appareillé côté ciste comme du côté externe du cairn enveloppant, qui sera ensuite comblé, permit l'introduction du (ou des) corps mais n'autorisa pas de retour au sépulcre.

Une seconde phase est décelée (ou plutôt sous-phase de la première), qui est sans doute contemporaine de la première car le parement circulaire du cairn primitif est grossièrement agencé et doit être compris comme une étape dans la construction en son ensemble. Ce second cairn est trapézoïdal (43 m de long pour 11 et 14 m de large au sud) et englobe le massif précédent désormais placé en son centre. Cette fois les parements sont soignés, notamment en façade courbe au sud. Les neuf perles supplémentaires en variscite sont issues des contextes sédimentaires en rapport avec ce cairn primaire, soit dans la masse des moellons, soit à la base des accumulations (Tinevez, 2006 ; Le Roux dir., 2006). Dispersées dans cette seule région du monument, l'intention est manifeste et s'apparente à la distribution des objets de même nature en périphérie du tombeau du Mont Saint-Michel, ou encore au-dessus de la couverture mégalithique du Mané er Hroëck (voir infra). Le mobilier céramique trouvé en relation avec ce cairn est Castellic, qu'il soit positionné en dessous ou en son sein, plaidant pour une certaine brièveté de temps dans l'édification des masses. Deux datations C14, obtenues des structures à proximité de deux concentrations de perles, serviront notre propos : la première est issue de la structure de combustion c1 à la base du cairn (5495±60 BP), la seconde d'une fosse, creusée 3 m en direction du caveau (5760±70 BP). Les autres résultats radiocarbone sont géographiquement plus éloignés. Rappelons toutefois qu'une date conduite sur la matière humique d'un tesson Castellic, trouvé dans la même unité sédimentaire 10 m à l'ouest des dernières perles, a donné 5650±90 BP (Cassen *et al*., 2009), proposant une fourchette certes assez large (compte tenu de l'expérience), mais crédible pour situer la phase ancienne de cette culture morbihannaise (4700, 4330).

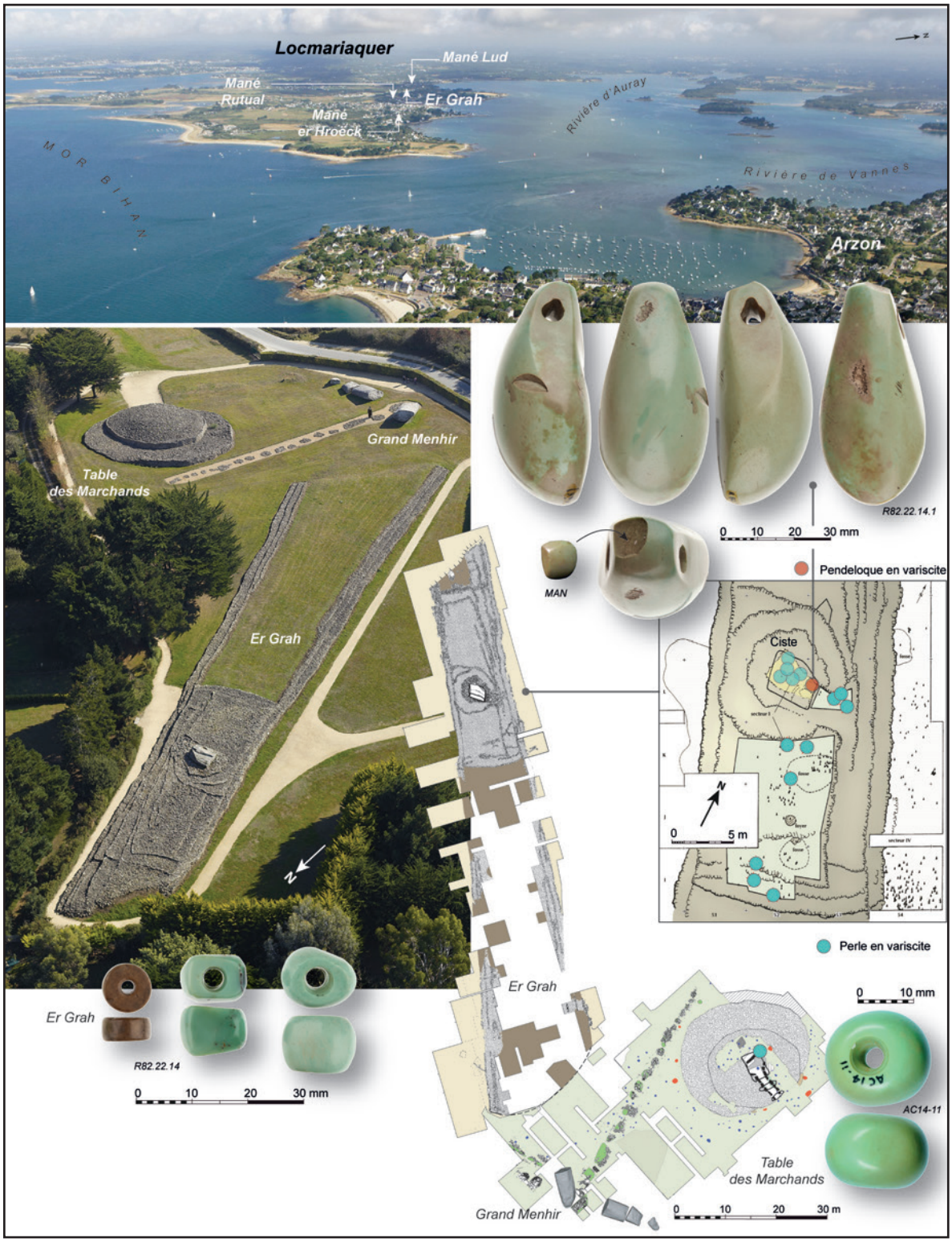


Fig. 20 : Er Grah et Table des Marchands (Locmariaquer, Morbihan). Vue de l'estuaire des rivières d'Auray et Vannes depuis Arzon. Monuments restaurés de Locmariaquer. Localisation des objets en variscite dans la ciste d'Er Grah, son cairn primaire et dans le sol enterré de la Table des Marchands, au pied de la stèle de chevet (d'après Le Roux dir., 2006 ; Cassen, Tinevez, 2012 ; cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes, CMN Locmariaquer et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

Deux extensions faites de limons hydromorphes marins et de masses bordières pierreuses vont allonger l'ensemble, au nord et au sud, et sur au moins 140 m (probablement 180 m à l'origine), l'extrémité méridionale venant éviter la barre de stèles du Grand Menhir, d'une date antérieure (- 4500). L'extension sud recouvre d'ailleurs une fosse assez fameuse pour avoir contenu deux bovins couchés sur le côté, probablement « sacrifiés » au moment de la construction du caveau central. En recoupant un foyer de date ancienne (6305±70 BP) – mais sans que ce fait n'ait été retenu et avant que le résultat n'ait été critiqué par les fouilleurs –, cette fosse a déclenché, dans la littérature européenne des années 2000, plusieurs scénarios historiques et anthropologiques hasardeux et, pour dire vrai, totalement infondés (« bovidés probablement sauvages », « animaux appartenant à un contexte mésolithique », « bétail obtenu par des groupes mésolithiques au travers de contacts avec les communautés néolithiques », « biens exotiques importés » ; pour le détail des références, voir Cassen *et al*., 2009a). En réalité, le dépôt d'un vase Castellic (le seul entier sur le site d'Er Grah), trouvé dans la dépression au sommet de cette fosse aux animaux, ramène le positionnement historique des objets, replacés dans leur contexte, à sa juste mesure.
En conclusion, perles et pendeloques à Er Grah sont issues pour une part de la ciste sépulcrale, d'autre part (mais sans présence de pendeloque) de l'espace externe à hauteur de l'accès transitoire et dans l'aire délimitative formée au sud par le cairn trapézoïdal primaire. Le mobilier associé est Castellic, qu'il s'agisse du sol de construction ou du dépôt funéraire.

1.1.24 Table des Marchands (Locmariaquer, Morbihan)

Premier monument mégalithique du Morbihan à avoir été fouillé, en 1811, dans la perspective d'une récolte d'objets anciens, la Table des Marchands est aussi l'architecture régionale à avoir subi le plus grand nombre de restaurations tout en ayant changé de nom à plusieurs reprises durant la même période (Chaigneau *et al*., 2009). Malgré cette attention soutenue et des interventions parfois dommageables, les recherches les plus récentes (1986-1994) ont démontré le potentiel archéologique conservé sous le cairn et ses éboulis ainsi qu'en périphérie de la tombe à couloir (L'Helgouac'h, 1990 ; Cassen, L'Helgouac'h, 1992) ; l'enregistrement systématique des données spatiales a enfin autorisé l'établissement d'une séquence chrono-stratigraphique pour l'ensemble du complexe investigué comprenant la barre du Grand Menhir et le tumulus d'Er Grah (Cassen, Le Meur, 2009).
Mais, du comblement originel de la chambre, il n'est resté aucune trace résiduelle. Et pour les objets de parure, on ne peut mentionner qu'une relation de l'abbé Mahé (1825) à propos d'une perle en « jais » qui proviendrait de la fouille de 1811 dont la collection est malheureusement perdue. Le tamisage des anciens déblais, extraits de la chambre mais probablement aussi du sol sous-jacent et rejetés sur le côté oriental du cairn, a néanmoins permis de découvrir une perle en cornaline ou jaspe (sans référentiel connu – Querré, 2009), ainsi qu'une pendeloque en cristal de roche. Une perle en variscite (réf. AC14-11) est en revanche bien identifiée en plan et en stratigraphie puisqu'elle provient du sol enterré, couche limoneuse piégée sous le cairn et par endroits recoupée par les fosses de fondation des orthostates (fig. 20). La partie du « vieux-sol » au contact de la paroi orientale de la chambre demeurait protégée par l'accumulation des moellons du cairn, globalement daté de l'Auzay-Sandun ; un cairn édifié en deux phases rapprochées dans le temps, mais bien distinctes du point de vue constructif (4000-3900 av. J.C. – Cassen *et al*., 2009).
Si la perle est donc antérieure à cette construction, sa datation relative est plus imprécise, car un sol enterré de cette nature, a fortiori perturbé par un chantier « mégalithique », peut renfermer différents indices de fréquentations diachrones. La majorité du mobilier recueilli dans cette unité sédimentaire est Castellic, étapes ancienne et récente mais la seconde est de loin la mieux représentée (4300-4000 ; Cassen, François 2009). Il est notable cependant que cette unité, de couleur et texture distinctes de l'horizon d'altération qui se superpose au substrat, vient sceller le comblement de la fosse d'implantation de la dalle de chevet de la chambre, sans que l'on puisse vraiment estimer l'espace de temps passé entre

ces deux épisodes. On le sait enfin, cette dalle est une ancienne stèle autour de laquelle s'est édifiée la tombe à couloir, plusieurs siècles après l'érection de la première. En sorte que la perle en variscite est calée, mais sans grande précision, entre le dressement de la dalle gravée et l'implantation de la Table des Marchands, soit entre 4700 et 4100. Deux datations radiocarbone sont actuellement disponibles dans un rayon de 2 m autour de la perle (voir infra, Shulz-Paulsson *et al*.) : l'une est en rapport avec la fondation de la stèle gravée, l'autre se rapporte à une structure de combustion agencée au sommet du vieux-sol, exactement contemporaine des premières assises du cairn 1 de la Table des Marchands (Cassen, 2009a, p. 188).
La présence de cette perle en ce lieu doit être enfin commentée. Au moment de sa découverte, l'opinion prévalait qu'elle avait pu se « perdre » parmi les milliers de vestiges d'une activité plus ou moins domestique parsemant ce sol enterré. Une telle appréciation était confortée par la dispersion des autres objets en variscite découverts au même moment en périphérie de la ciste voisine d'Er Grah, qui semblaient témoigner de perturbations mal comprises. Or, plusieurs observations répétées relatives à ces possibles « pertes » (Mané er Hroëck, Mont Saint-Michel) ont modifié notre interprétation (voir infra, et en conclusion) pour davantage privilégier une déposition assumée d'objets-signes, détachés en l'occurrence de leur fonction première de parure corporelle ou vestimentaire. Aussi la perle trouvée au pied du pilier en grès à la Table des Marchands, ancienne stèle gravée de scènes fondamentales pour la compréhension du répertoire symbolique armoricain, éclaire-t-elle d'un jour nouveau ce lieu d'influence et de vénération perdurant au cours des âges, à travers le jeu probable du don, des offrandes, du sacrifice.

1.1.25 Mané Rutual (Locmariaquer, Morbihan)

Cette autre et fameuse tombe à couloir, dans le bourg de Locmariaquer, est assez caractéristique des monuments présentant une plus faible différenciation entre la structure d'accès et la chambre. C'est d'ailleurs au passage entre la fin du couloir et le début de la chambre qu'ont été répertoriées de longue date un ensemble remarquable de gravures (Davy de Cussé, 1865-66). Plusieurs dalles de couvertures sur le couloir et sur la chambre sont des stèles en réemploi, anciennement brisées ou toujours entières (Minot, 1964 ; L'Helgouac'h, 1983). La nature particulière de la roche couvrant la chambre funéraire est très justement comparée à celle du Grand Menhir, de la Table des Marchands et de Gavrinis, et ne trouve aucune correspondance dans le substrat local (Closmadeuc, 1885).
Les premières explorations conduisirent à la découverte d'armatures de flèches perçantes mais aussi de récipients, tuiles, amphores, statuettes de Vénus et pièces de monnaies gallo-romains. Le mobilier néolithique se résume à une industrie lithique peu représentative. Il faut attendre 1995 pour qu'une découverte fortuite, lors d'une visite, révèle une perle en variscite recueillie (hors contexte) par un collègue écossais (don L. J. Masters, School of Education, Glasgow University).

1.1.26 Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan)

Le tumulus de Mané er Hroëck est exploré en 1863 par M. Lefèbvre et R. Galles. Le vaste caveau trapézoïdal, orienté au nord-est à travers une interruption dans le plan, est placé au centre d'un cairn volumineux (fig. 21). Le tombeau est en partie excavé dans le substrat rocheux granitique ; les dalles composant les parois, également en granite, sont parfois prélevées sur le rivage, posées à plat et non fichées à la verticale, tandis que les monolithes de couverture en orthogneiss rattrapent ces parois par un dispositif de débordement au moyen de dalles empilées (fig. 22, 23). Un dallage est soigneusement agencé sur le sol mais sans atteindre les parois, laissant une bande libre régulière de 30 cm de large qui donne à penser qu'une sorte de coffrage en matériaux organiques a pu doubler les parois en pierre. Devant l'accès transitoire et sa fermeture par dalles obliquement plaquées, une petite stèle fut trouvée au sol, à plat, brisée en trois fragments.



Fig. 21 : Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan). Les trois versants actuellement visibles (cl. S. Cassen).

La distribution spatiale des lames de haches et leur étude pétrographique ont été détaillées par ailleurs (Cassen *et al*., 2012 ; Pétrequin *et al*., 2012). Nous porterons donc notre attention sur les objets en callaïs qui vont se répartir d'une façon assez analogue à ce que nous déduisons des descriptifs anciens au Mont Saint-Michel et des fouilles modernes à Er Grah (voir infra). Deux emplacements opposés se distinguent, en effet, entre l'extérieur et l'intérieur de la tombe.
À l'aplomb de la chambre, dans les deux derniers mètres constitués des moellons du cairn, trois perles en variscite sont récoltées en 1863, à trois niveaux différents. À l'occasion de la restauration de cette partie du monument, en 1971, P.-R. Giot devait trouver une quatrième perle au même endroit, au contact d'une dalle de couverture (archives Laboratoire d'Archéosciences, Rennes). Il est probable qu'une fouille minutieuse et plus extensive pourrait en révéler davantage sur ce phénomène qui s'apparente, à l'évidence, à une déposition. Rappelons, à cet égard, que plusieurs perles seraient actuellement détenues par un résident de la commune (information Compagnie des Ports), dont la récolte n'a pu se faire autrement qu'au moment des travaux de terrassement, en ayant été distraites de l'attention de P.-R. Giot, le plus souvent absent du chantier.

À l'intérieur du caveau et sur son sol uni, plusieurs plaques de desquamation détachées du plafond prouvent que la tombe a évolué en espace vide depuis le Néolithique. Deux positions stratigraphiques vont être ensuite distinguées par les fouilleurs, selon que les objets sont récoltés au-dessus du dallage, dont le dessin a été bien relevé, ou en dessous de ce niveau de référence.
– Juste après l'entrée, une première grosse pendeloque en variscite est récoltée (« grosse comme un œuf » Lefèbvre, Galles, 1863, p. 8). Au centre de la chambre, on s'en souvient, est déposé le célèbre anneau en jade, et sur cet objet est appuyée la non moins fameuse lame polie marquée d'une arête médiane (fig. 22) ; près de son tranchant, deux autres grosses pendeloques en variscite sont recueillies et, plus loin en suivant cette diagonale, une seconde lame polie en jade, au talon perforé, est accompagnée d'une quatrième pendeloque en variscite. Cet assemblage repose dans une fine couche de sédiments d'à peine 5 cm d'épaisseur, qui couvre un dallage de grandes dalles ne laissant aucun interstice significatif entre elles.

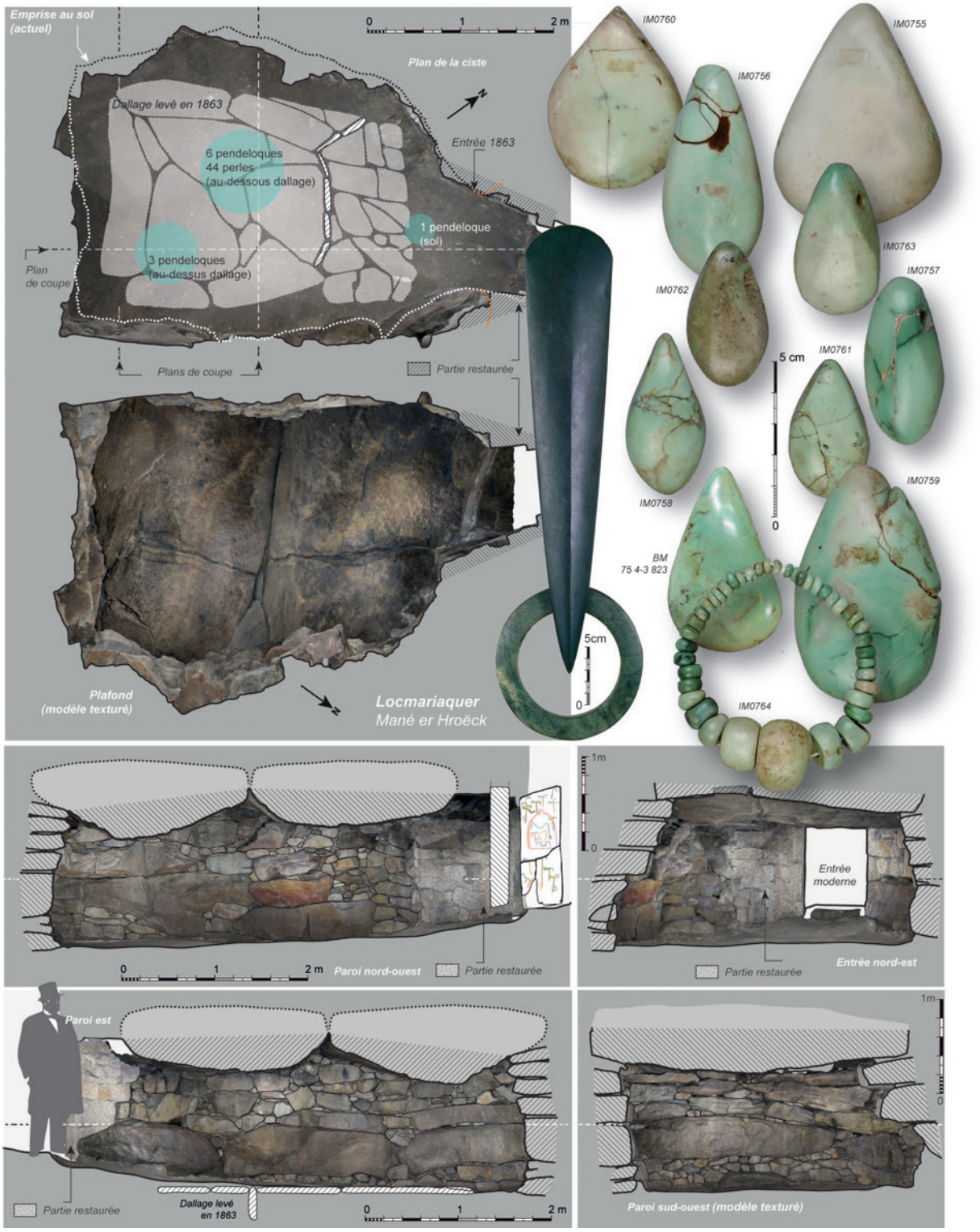


Fig. 22 : Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan). Élévations et plans (sol et plafond) de la ciste ; projection du dallage tel que levé par M. Lefèbvre et R. Galles en 1863 et localisation des objets en callaïs d'après leur compte-rendu (levé photogrammétrique et DAO réal. S. Cassen et V. Grimaud). La totalité des pendeloques en variscite et le bracelet recomposé de perles, aux côtés de la hache en omphacitite et du bracelet en jadéitite déposés au sud sur le dallage (cl. J.-G. Aubert et S. Cassen).

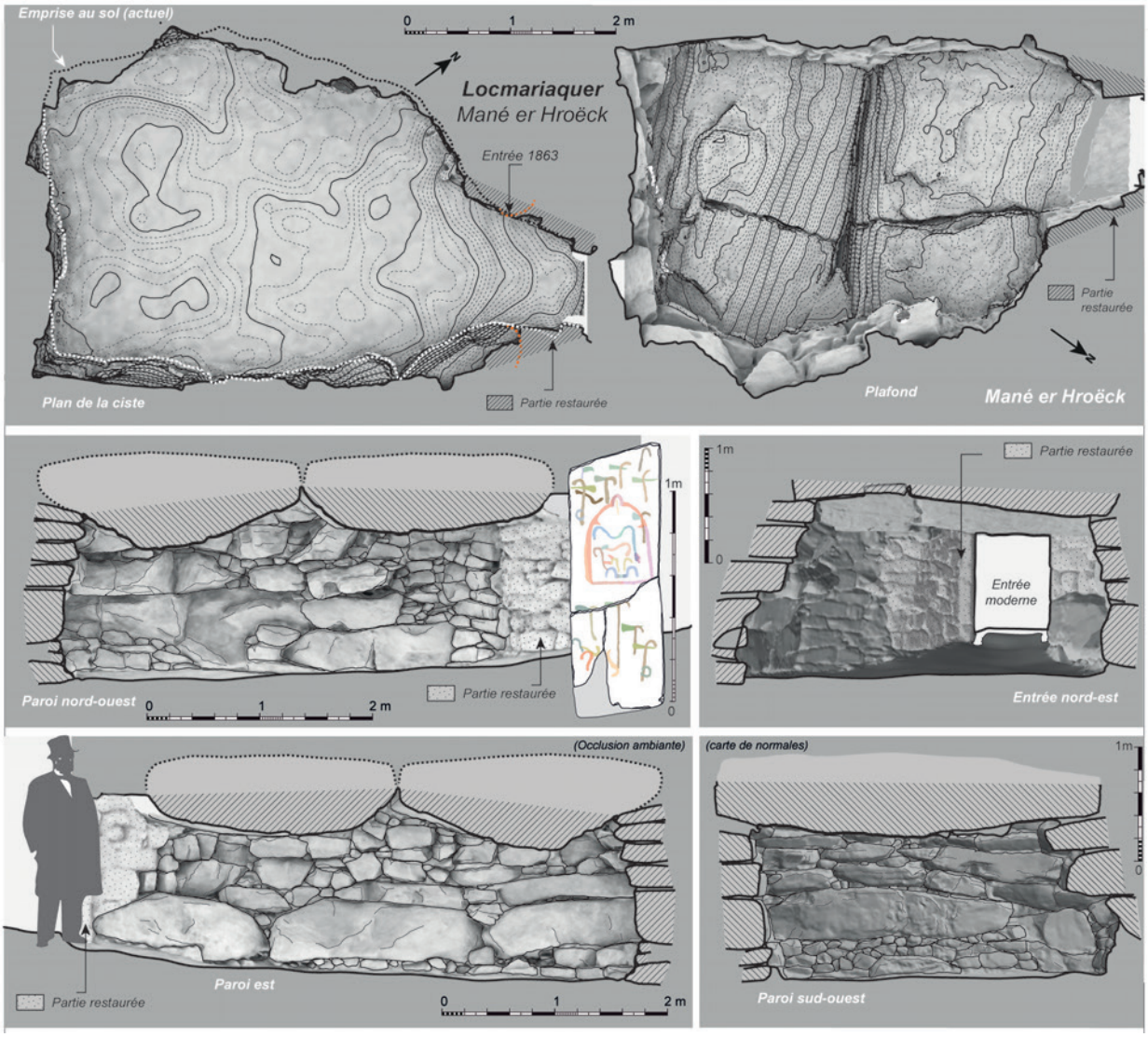


Fig. 23 : Mané er Hroëck (Locmariaquer, Morbihan). Élévations et plans (sol et plafond) de la ciste ; équidistance des courbes de niveau continues = 5 cm, et en tiret = 1 cm ; inventaire des signes sur la stèle d'entrée (levés et DAO réal. S. Cassen et V. Grimaud). Photogrammétrie : 307 cl. IMG_1262 à IMG_1568 ; Canon EOS 600D ; focale 18 mm ; F/13 ; ISO 3200 ; traitement sous Agisoft Photoscan.

– Sous ce dallage, une partition est notée, matérialisée par une ligne de dallettes placées de chant. La cellule la plus étroite, près de l'entrée, n'a pas 1 m de large et comprend un lot de 101 lames de haches (90 en fibrolite, 11 en jade) contenu par une terre volontairement ocrée. L'autre cellule ne contient plus ce terreau rougeâtre mais des limons hydromorphes. Dans ce nouvel encaissant sont dénombrées cinq pendeloques et 44 perles en callaïs (42 sont aujourd'hui comptabilisées ; une 6e pendeloque a été ajoutée depuis) et roches cristallines (« agate »), un prisme en quartz (disparu), trois « morceaux de silex » dont l'un d'entre eux est une grande armature perçante à retouche inverse de la base (Boujot, Cassen, 1992).

Par analogie avec Tumiac et Mont Saint-Michel où les deux corps furent conservés, dont l'individu du Saint-Michel inhumé en décubitus dorsal sous le dallage, on peut supposer que ce second compartiment au Mané er Hroëck pouvait contenir le corps allongé, tête orientée vers « l'entrée » (au nord-est). Mais l'emplacement plutôt dégagé au-dessus du dallage peut être ici considéré comme un autre lieu tout aussi légitime. Dans toutes les hypothèses, la déconnexion est manifeste entre perles ou pendeloques en

callaïs et corps du défunt, quand bien même une part de cette parure a pu être portée directement sur le corps ou attachée à un vêtement/linceul. La vaste surface au sol libérée par l'encorbellement laisse le loisir d'une mise en scène de tous les objets (voire animaux) d'accompagnement (voir Sohn, 2008 pour comparer la partition des dépôts faite au cours du Néolithique final).
Pour ce qui est de la chronologie, rappelons que la contemporanéité des trois tumulus géants carnacéens – notamment le Mané er Hroëck – avec les tombes à couloir fut fondée, entre autres, sur la présence partagée des objets en variscite (L'Helgouac'h, 1971b, p. 196) ; les pendeloques seront cependant exclues de cette comparaison. La reconstruction du tableau historique, entreprise depuis les années 1990, a pu être récemment confortée par des datations C14 au Mont Saint-Michel et à Tumiac, qui les positionnent au milieu du Ve millénaire (la récente et similaire datation du petit tertre Castellic de Lann Granvillarec 5 à Carnac vient renforcer le tableau régional – Fromont dir., 2015). Malheureusement, les rares restes organiques conservés des anciennes fouilles au Mané er Hroëck n'ont toujours pas pu aboutir à des résultats fiables, la minéralisation des charbons devenant un handicap (essais menés au sein des laboratoires de Tucson et Oxford). Seule désormais une intervention sur le terrain, même légère, autoriserait un prélèvement (mince sol enterré au chevet du caveau, sédiment interstitiel dans la paroi) susceptible de dater précisément l'édification de ce monument extraordinaire.

1.1.27 Er Lannic (Arzon, Morbihan)

C'est G. de Closmadeuc qui rend compte le premier, en 1866, des pierres dressées de l'enceinte sur l'îlot d'Er Lannic, mentionnant la quantité extraordinaire des vestiges céramiques et lithiques présents sur le site. Mais il faudra attendre 1882 pour que la seconde enceinte, submergée et que l'on suppose circulaire, soit détectée par grande marée et par le même chercheur (Closmadeuc, 1882). Les plans établis corrigent, dès les années 1920, la géométrie erronée des enceintes (Le Rouzic, 1930a ; Gouézin, Le Gall, 1993), mais va pourtant se perpétuer l'idée que ces ouvrages appartiennent à la grande famille des cercles de menhirs présents à l'ouest de l'Europe (Thom, Thom, 1978 ; Briard, 1990 ; Burl, 1995 ; Patton, 2002).
Les deux ouvrages, peut-être tangents, n'ont pas encore été sérieusement étudiés, et nos récentes prospections à l'occasion de grandes marées en 2014 et 2015 ont encore amené la découverte de nouveaux blocs, dont une file rectiligne submergée à l'est de l'îlot. La variété des sources géologiques sur la plus haute enceinte (migmatite, orthogneiss, quartz, grès et deux faciès du granite de Carnac) s'oppose à une large majorité de dalles en orthogneiss équipant la structure sous-marine, dalles rarement interrompues par du granite « local ». Cette variété lithologique s'ajoute à la différence notable des plans respectifs, orientés sur des patrons dissemblables, pour finalement suggérer des dates de réalisation distinctes. Cette incertitude chronologique est quoi qu'il en soit intrinsèque au site, où les vestiges recueillis s'échelonnent de la fin du Mésolithique à l'âge du Fer, le Néolithique lui-même étant représenté par les traditions céramiques Castellic, Auzay-Sandun, Groh Collé, Kerugou, Campaniforme et Conguel pour se limiter aux entités les plus visibles (Bailloud, 1975 ; Salanova, 2000). La réputation du site provient, on le sait, des centaines de coupes-à-socles fragmentées, récoltées en fouille et en prospection (Grouber, 2000).
Le détail des mesures prises sur la soixantaine de structures relevée par Z. Le Rouzic (1930a), à partir des excavations menées avec St-J. Péquart de 1923 à 1926, détail souvent repris dans la littérature archéologique, mais d'un intérêt très relatif étant donné la qualité assez médiocre de la fouille pour cette époque, ne renseigne guère sur la fonction de ces arrangements pierreux qui vont très probablement de l'agencement accidentel de moellons au coffre funéraire en murets, en passant par des calages de poteaux en bois. Entre les « foyers rituels » entrevus par Z. Le Rouzic, et le « tertre funéraire à coffres internes juxtaposés » (Giot, 1998, p. 540), l'interprétation du site par les archéologues n'est pas aisée et se limite aux parties enfouies. Le monument en soi n'est vraiment commenté que par les adeptes d'un archéoastronomisme sans fondement méthodologique (Merlet, 1974, levés de 1933) ; des calculs basés

sur des alignements arbitraires seront pourtant généreusement repris (orientation au solstice d'hiver pour l'hémicycle submergé) par plusieurs générations de chercheurs.
Les objets en variscite sont issus de la fouille Le Rouzic/Péquart (fig. 24), sous forme bien observée de « trois grains de collier en callaïs dont un petit fabriqué d'un fragment d'une pendeloque cassée et dont le trou de suspension est creusé de chaque côté en tronc de cône » (Le Rouzic, 1930a, p. 34). Deux d'entre eux sont bien de type discoïde à large méplat, mais la plus grande perle est en réalité en séricite (Le Maux *et al.*, infra) ; le troisième objet sera par la suite présenté comme « une petite pendeloque quadrangulaire agrémentée d'un sillon pratiqué sur son extrémité distale » (Herbaut, 2001, p. 157) ; ce sillon est une trace de découpe (au silex ?) lors du processus de segmentation d'une perle tubulaire plus ancienne. À ce lot s'ajoute une perle discoïde en roche verte (serpentinite ?).

Malheureusement, la provenance en est inconnue. Z. Le Rouzic ne les décrit jamais parmi les vestiges sortis des possibles structures en creux, ni dans les résultats listés des tamisages. Les associations d'objets sont délicates à utiliser à partir des relations de fouilles, les structures reconnues étant souvent sujettes à caution. On rappellera cependant que l'atelier de fabrication et d'utilisation des hachettes et ciseaux en fibrolite, présent sur l'île, pose un rapport analogique certain avec les lames polies contenues dans les cistes sous tumulation de la région carnacéenne (Pailler, 2009), qu'il s'agisse du matériau sur plaquette ou de la morphologie des supports (produit d'extraction éloigné des sources pourtant très voisines de Port-Navalo sur Arzon, où dominent des loupes allongées de fibrolite dans le substrat gneissique, encore de nos jours trouvées sous forme de galets sur l'estran).



Fig. 24 : Er Lannic (Arzon, Morbihan). Perles recueillies par Z. Le Rouzic, origine imprécise ; la perle de gauche est en séricite (cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

1.1.28 Grah Niol (Arzon, Morbihan)

Édifiée non loin d'un ouvrage de pierres dressées ruiné, dominant l'estuaire de la rivière de Vannes, face à Gavrinis et Er Lannic, la tombe à couloir du Grah Niol est le résultat d'une importante restauration conduite en 1936 par Z. Le Rouzic (fig. 25). Plusieurs dalles de couvertures et la presque totalité des éléments de paroi de la chambre furent en effet soustraites par des carriers. Les dalles en orthogneiss, anciennes stèles ici mises à contribution, sont toutes marquées de boîtes de débitage (Bonniol, Cassen, 2009). Plusieurs orthostates et une dalle de couverture contiennent encore des gravures remarquables, à peine visibles parfois en raison d'un réemploi de stèles plus anciennes. Le meilleur plan actuellement disponible (hors restauration) laisse entendre une chambre latérale et une chambre terminale à l'extrémité d'un long couloir (Minot, 1972).

Les objets de parure sont issus de la fouille de F. Gaillard datée de l'été 1895. C'est du couloir, dispersées sans précision mais « principalement dans l'axe du cabinet latéral » (Gaillard, 1895, p. 67), que proviennent huit perles en variscite tandis qu'une moitié d'un individu plus gros « en callaïs » fut récoltée à l'entrée de la structure d'accès (cette dernière grosse perle n'est pas conservée dans les séries du MAN, tandis que la perle en « serpentinite » (ibid.) se compose de séricite – voir Le Maux *et al.*, infra). « Accompagnant ces grains de collier », dans la concentration soulignée au niveau de la chambre latérale, trois tubes en or



Fig. 25 : Grah Niol (Arzon, Morbihan). Vue depuis le nord sur le cairn restauré en 1936. Perles en variscite et feuilles d'or roulées de la fouille Gaillard 1895 (cl. Musée d'Archéologie nationale et S. Cassen ; modèle 3D réal. L. Lescop ; DAO réal. S. Cassen).

signent la présence du Campaniforme. L'auteur décrit d'ailleurs des céramiques décorées selon les codes graphiques habituels pour les « caliciformes ». D'autres tessons de cette collection, on le sait depuis, appartiennent bien aux dépôts primitifs de la tombe (Auzay-Sandun).
F. Gaillard suppose fermement que ces tubes en or espaçaient l'ordre des perles dans un même collier, ce qui est corroboré par l'observation faite par P. de Lisle dans la tombe 6 des Trois Squelettes (voir ci-après), mais aucune connexion véritable sur le terrain ne permet de l'affirmer.

1.1.29 Men Mané (Arzon, Morbihan)

Le MAN conserve quatre perles discoïdes (réf. 72456) – dont trois en variscite (et non deux dans Houssemaine, 1939) et une en lignite – provenant de la collection du Chatellier. Le cahier d'inventaire précise : « Objets précieux rapportés en Mai 1925 par M. M. Champion et Janse - Quatre perles dont deux en callaïs, du dolmen dit Men Mané en Arzon. 1878 ».
Ce monument (ciste ou tombe à couloir) est inconnu des différents inventaires et le toponyme n'est pas davantage rapporté par les cartes actuelles. Le plus approchant pourrait être Er Mané (seul toponyme Mané sur Arzon), qui est une petite parcelle cadastrale ainsi désignée (feuille AM, n° 304 ; dim. 10 x 5 m) curieusement enclavée dans le semis urbanisé de Kerjouanno, au-dessus de la plage du Fogeo, une anomalie qui pourrait conserver le souvenir de ce monument disparu ou enfoui. À l'heure actuelle, un relief bas (20 m par 50 cm de haut), allongé ou circulaire, couvre cette parcelle en débordant sur les suivantes, sans que l'on puisse affirmer être en présence d'un tertre funéraire plutôt que d'une ancienne dune.

1.1.30 Tumiac (Arzon, Morbihan)

Quatre décennies après la fouille de la Table des Marchands, le grand tumulus de Tumiac est le premier des monuments sans tombe visible à être exploré en 1853, et par conséquent le premier des trois « géants »

carnacéens à être fouillé par L. Galles en collaboration avec A. Fouquet (Fouquet, 1853 et 1862, Galles, 1878). Très apparent dans le paysage (conoïde régulier de 15 m de hauteur pour un diamètre de 55 m, formé d'une carapace de terres et de pierres, puis d'une puissante couche de limons hydromorphes et d'altérites), le tumulus est implanté non loin du sommet de la dorsale de la presqu'île de Rhuys, tourné vers la rivière de Vannes plutôt que vers l'Océan (fig. 26).

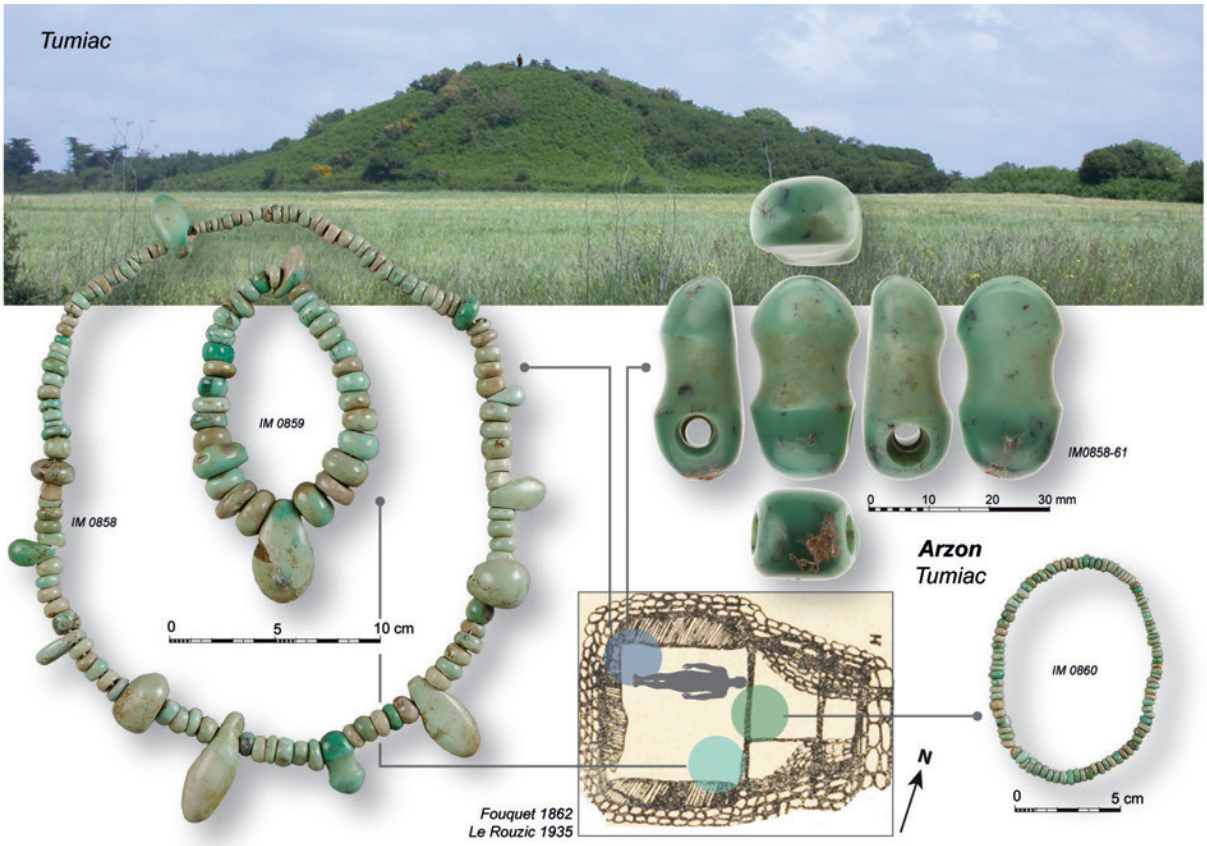


Fig. 26 : Tumiac (Arzon, Morbihan). Versant sud du tumulus de Tumiac. Les trois colliers identifiés dans la tombe et reconstitués au musée de Vannes ; plan de la ciste par Z. Le Rouzic et répartition des objets en variscite spécifiée par A. Fouquet en 1862 (d'après Le Rouzic, 1935 ; cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

La ciste fut découverte en creusant une tranchée dans le corps sud du monument, en pensant par ce procédé recouper le couloir d'accès à la chambre d'un dolmen. L'espace sépulcral (4,8 x 2,4 m et 1,6 m de haut) n'est pas colmaté, mais des sédiments vont s'infiltrer avec l'introduction des fouilleurs qui vont basculer à l'intérieur une partie cassée de la dernière dalle de couverture placée au sud-est (un charbon daté provient de cette infiltration). La structure architecturale se divise en deux parties, l'une limitée par des orthostates de gneiss et granulite couverts d'une dalle en quartz, la seconde par un muret de pierres sèches surmonté de deux dalles de plafond. Des gravures seront remarquées sur les parois nord et ouest, et un plancher en bois sera détecté sur un dallage sous-jacent en pierre ; la seconde date C14 a été obtenue de ce « bois pourri » (Fouquet, 1862, p. 5). La surface au sol est plus importante qu'au Mont Saint-Michel mais inférieure à celle reconnue au Mané er Hroëck.

Nous ne reviendrons pas sur la dispersion des lames de haches en jade et en fibrolite qui a été récemment détaillée (Cassen *et al*., 2012) ; elles sont totalement déconnectées des dépositions de la parure en *callaïs,* et sont localisées au sud-est de la tombe, le long de la paroi en moellons (planche 1 dans Galles, 1878).

Concernant les perles et pendeloques, trois lots de vestiges ont été individualisés par les fouilleurs, et reproduits en plan (fig. 26) :
– à l'angle N-O de la chambre, une réunion de 107 perles et 10 pendeloques en callaïs (c'est le « grand collier à gros grains » qui fut reconstitué jusqu'à nos jours en musée) ;
– à l'angle S-O, nouvel assemblage de 32 perles et deux pendeloques, moins grosses (c'est le « petit collier à gros grains » – mais aucun décompte n'est fourni, ce sera la tâche de L. Marsille et Z. Le Rouzic de rétablir ces énumérations) ;
– enfin, au centre-est du plancher, face à « l'entrée », un groupe de 98 petites perles.
Le long de la paroi nord en pierres sèches, les restes d'ossements et d'un crâne humains seront par la suite repris par une analyse anatomique (Closmadeuc, 1863b, p. 22 ; Malaguti, 1863, p. 44), et confirmeront leur appartenance à un sujet adulte, non brûlés, à la différence du Mont Saint-Michel. « Le cadavre […] était couché en long contre la paroi nord, la tête tournée vers l'est et les pieds à l'ouest, vers le fond de la chambre. » (Fouquet, 1862, p. 6). Cette disposition du corps – décubitus dorsal, membres inférieurs en extension, tête à l'est – sera similairement retrouvée dans la tombe du grand tumulus de Carnac, et par d'autres fouilleurs.
Notons dès à présent que la variété des formes des pendeloques est sans doute l'apanage de Tumiac. Certaines de ces morphologies ont été rapprochées des canines surnuméraires atrophiées des cerfs (Cassen 2000c ; Herbaut, Querré, 2004), suivant une pratique d'imitation qui court depuis le Mésolithique et couvre tout le Néolithique d'Eurasie. Il existe également deux autres types fort remarquables qui se distinguent nettement. D'une part une forme allongée et arquée (à l'image de IM 0858-68) qui peut tout aussi bien faire penser à la réplique en miniature d'une dent de cachalot, dents par ailleurs réellement découvertes auprès d'un corps en connexion anatomique dans une tombe à couloir de l'île d'Yeu (Baudouin, 1907). D'autre part, et par référence aux figurations sur stèles contemporaines, une forme que nous qualifions de phallique (IM0858-61) en raison d'une dissymétrie recherchée en vision latérale, et d'un dégagement de l'extrémité distale (« simule un peu la gourde », selon Fouquet, 1853, p. 5). Il est d'ailleurs important de remarquer que la pendeloque originelle a été reprise par abrasion pour marquer cet amincissement central, puisqu'un premier polissage miroir a été interrompu sans être parfaitement rétabli sur la pièce finale.
En 1934 et 1935, Z. Le Rouzic revient sur le monument pour le restaurer. Il décrit à cette occasion un petit « coffre » à l'extérieur de l'angle S-O de la chambre, dont la réalité ne pourra être confirmée que par un nouvel enregistrement de l'architecture interne, actuellement inaccessible... Le plan général de la tombe par Le Rouzic est par ailleurs différent de celui de ses prédécesseurs, en ceci que la partie orientale est beaucoup plus rétrécie, et s'apparente dès lors à un accès transitoire, à l'image de celui que révèleront les fouilles au Mané er Hroëck. Cette nouvelle exploration, et le tamisage des sédiments au fond de la ciste, lui permettent enfin de trouver une nouvelle perle en variscite (Le Rouzic, 1935, p. 16).
Dans le cadre du programme JADE 2 (dir. E. Gauthier, P. Pétrequin), de nouveaux prélèvements ont été effectués pour pallier l'échec des datations AMS (laboratoires de Tucson et Oxford) conduites sur les derniers restes osseux de l'individu inhumé, pariétal humain conservé au Musée de Vannes. Les échantillons sont, cette fois, des charbons issus d'une part de la fouille Galles et Fouquet de 1853, d'autre part extraits par nos soins de deux coupes rafraîchies et levées en 2013 au-dessus de la tombe, dans l'ancien cratère d'exploration.
– L'échantillon Tumiac IM 0864-1 est un fragment du plancher en chêne décrit par Galles et Fouquet (AA105064 : 5537 ± 49 BP).
– L'échantillon Tumiac IM 0864-2 est extrait des terres infiltrées dans le caveau, recueillies par les fouilleurs de 1853 (AA105064 : 5537 ± 49 BP).
– L'échantillon Tumiac 1-2013 a été prélevé dans la coupe nord de la dépression actuelle, au-dessus de l'emplacement de la tombe, la couche étant formée d'un limon brun (type paléosol) contenant plusieurs tessons érodés de trop faible dimension pour établir un premier diagnostic ; ces terres « d'habitat » ont pu être prélevées dans l'environnement immédiat (AA103575 : 6135 ± 46 BP).

– L'échantillon Tumiac 2-2013 est issu de la coupe orientale, dans cette même dépression, couche interstratifiée d'altérites et de sédiments hydromorphes en surface du tumulus (0-80 cm) ; l'extraction des matériaux s'est fait en milieu humide, probablement sur le littoral et au contact d'un secteur d'occupation humaine (tessons érodés) (AA10357 : 5584 ± 48 BP).
Ces premiers essais sont tout à fait encourageants, et permettent d'envisager à terme de nouveaux prélèvements dans le cadre d'une reprise du contexte stratigraphique si la tombe devait être rendue accessible à la visite, ou tout du moins consolidée dans le processus d'aménagement (dossier en cours pour l'inscription au Patrimoine mondial de l'UNESCO). On voit que l'analyse bayésienne (voir infra Schulz-Paulsson *et al*.) concourt à rapprocher ces premiers résultats de l'évaluation faite sur le caveau du Mont Saint-Michel, enveloppe de dates centrées sur le milieu du Ve millénaire.
En conclusion, les conditions de découverte font de cette ciste un milieu clos irréprochable, seulement pollué, comme ailleurs, par les archéologues. La découverte d'un corps préservé et la bonne localisation des objets en *callaïs* démontrent l'absence de relation directe (parure corporelle et/ou vestimentaire-linceul) entre ces dépositions et l'inhumé allongé près de la paroi nord, tête orientée à l'est, contrairement à un point de vue antérieur qui fait du grand collier sa parure pectorale (Herbaut, Querré, 2004, p. 500). Tout comme les lames en jade disposées en périphérie et au sud du défunt, les perles et pendeloques participent d'une mise en scène ostentatoire.

1.1.31 Le Petit Mont (Arzon, Morbihan)

Malgré son imposant volume détaché au sommet d'une presqu'île au sud de Port-Navalo (fig. 27), entre la plage du Fogeo et les (anciens) marais du Crouesty (Croezty), le cairn de Petit Mont est pourtant longtemps demeuré exempt d'explorations comparables à celles qui s'attachaient, au XIXe siècle, à d'autres monuments géants de la région. Ou, tout du moins, les relations de fouilles ne furent pas aussi bien achevées et publiées. Il faut, en effet, attendre l'intervention de Z. Le Rouzic et G. d'Ault du Mesnil, en 1901 puis 1905, pour qu'un premier inventaire des objets précédemment recueillis en 1865 par L. Galles et L. de Cussé, soit enfin établi. La fouille fut conduite sur le seul dolmen alors visible en secteur oriental (la tombe IIIA dans la nomenclature moderne). L'ensemble est hétéroclite, allant de la hache-marteau perforée aux monnaies gauloises. Trois perles en variscite font partie de cette première collection (Le Rouzic, 1913 ; deux seulement sont référencées dans les séries de la Société Polymathique) mais également une production céramique Castellic récent, comprenant des fragments de coupes-à-socle et plusieurs tessons à décors courbes de cannelures (Hamon, 2003, fig. 110), à laquelle s'ajoute une série campaniforme (Lecornec, 1994).

Dans cette même chambre quadrangulaire, Z. Le Rouzic ne récolte aucun vestige du Néolithique moyen, mais plusieurs céramiques de l'âge du Fer (La Tène). Des armatures de flèches à ailerons et pédoncule sont également inventoriées et ont pu accompagner la série Campaniforme révélée par la fouille antérieure. Il dénombre onze orthostates gravés dont un est marqué d'une paire de pieds nus dont l'inscription dans le granite a recoupé les motifs néolithiques.
Ce sont les travaux dirigés par J. Lecornec (1979-1994) qui vont apporter des éléments nouveaux – notamment trois nouvelles perles en variscite trouvées hors-contexte dans la chambre IIIA, et une quatrième et plus grosse perle dans la masse du cairn, à droite du couloir, au niveau du sol enterré (Lecornec 1988, p. 7) – et vont mieux éclairer le site, gravement endommagé par la construction d'un bunker allemand durant la seconde guerre mondiale.
Quatre étapes chronologiques ont été distinguées qui peuvent être, en fait, corroborées à trois projets architecturaux distincts : un premier tertre bas allongé, un second cairn sus-jacent et également allongé, enfin un troisième cairn englobant au moins deux tombes à couloir édifiées postérieurement aux deux ensembles précédents. Le détail peut être repris comme suit.

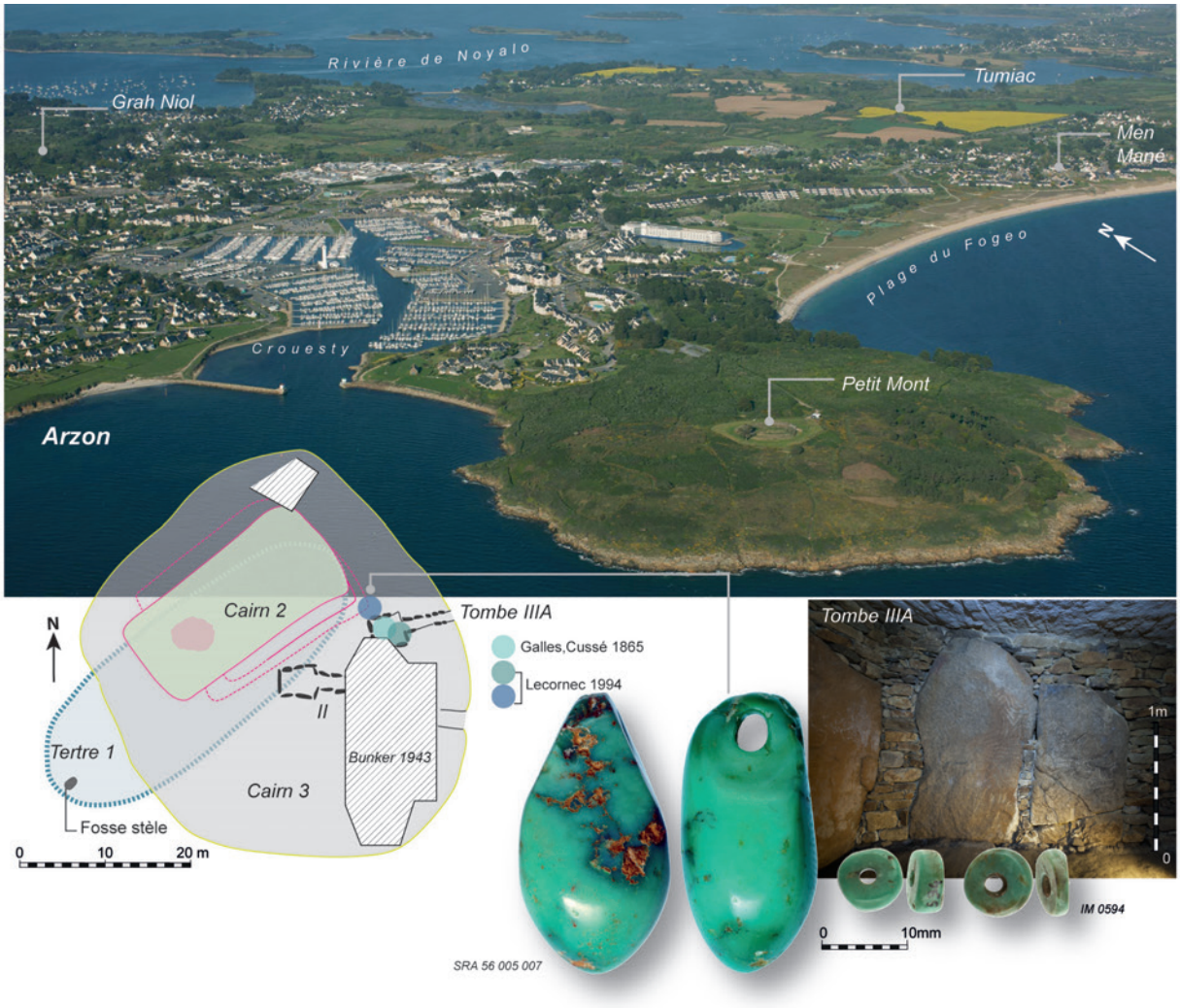


Fig. 27 : Petit Mont (Arzon, Morbihan). Vue sur la presqu'île avec mention des quatre contextes funéraires contenant des objets en callaïs. Plan simplifié des trois monumentalités successives et localisation des découvertes de perles et pendeloque en variscite (d'après Lecornec, 1994 ; cl. J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes, J. Lecornec et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

– La première phase comprend la construction d'un tertre allongé sur 49 m, large de 19 m et haut de 1,6 m. Si une fosse contenant un calage à l'extrémité S-O peut plaider en faveur d'une ancienne stèle ici érigée (sur le modèle proche de la configuration du long tertre de Kerlescan à Carnac), aucune sépulture ne sera découverte dans la masse sédimentaire qui n'aura été, cependant, que sondée très ponctuellement tout en bénéficiant d'une datation par le radiocarbone (5650±70BP).
– Une seconde phase comprend un cairn (dénommé I par J. Lecornec) quadrangulaire à trapézoïdal (suivant la hauteur des prises de mesures) long de 30 m et large d'une quinzaine de mètres en moyenne. Les parements conservés s'élèvent à 6 m de hauteur. Bien qu'il n'ait pas été sondé de façon systématique, l'auteur conclut qu'il ne contenait pas de sépulture (Lecornec, 1994, p. 36), ce qui nous semble discutable, notamment au niveau d'une zone d'effondrement repérée par les fouilleurs. C'est à l'angle S-E et au pied de cette masse, et donc derrière les parois de la tombe à couloir IIIA, qu'une pendeloque en variscite fut découverte (fig. 27). Il est à se demander si une déposition volontaire (à l'image d'Er Grah, Mané er Hroëck et Mont Saint-Michel) ne pourrait pas mieux expliquer la présence à cet endroit d'un objet aussi rare, inconnu des contextes de tombes à couloir, plutôt que d'y voir le résultat accidentel de l'aménagement du site par les soldats allemands.

– Une troisième phase se traduit par la construction d'un cairn dénommé II (30 x 32 m) autour d'une tombe à couloir et chambre quadrangulaire dont l'entrée n'a pu être retrouvée en raison de la destruction de la partie orientale de la structure. Ce cairn prend appui sur le cairn I. Le mobilier céramique trouvé dans la chambre, et dans le couloir, est Auzay-Sandun. Les datations sur petits foyers installés sur le sol de la chambre (4970±70 BP ; 4990±70 BP ; 4650±70BP) ou sous le dallage (5020±70BP ; 5230±70BP) s'accordent avec le tableau chronologique régional.
– Une quatrième phase, ou cairn III, engloberait l'ensemble précédent en contenant deux tombes à couloir. La chambre IIIA déjà évoquée avec l'exploration Galles-Cussé, puis celle de Le Rouzic, et une théorique chambre IIIB dont la présence est suggérée par une entrée de couloir en avant du bunker ; un mobilier céramique Auzay-Sandun fut recueilli devant cette interruption (Lecornec, 1994, fig. 35). Cette ultime phase peut néanmoins être discutée, car elle sous-entendrait que la tombe II fut entièrement occultée au lieu d'être allongée par son couloir afin d'atteindre la nouvelle façade, aujourd'hui considéré comme la norme dans les cairns à chambres multiples, construits par accrétions, en Normandie, Bretagne et Poitou-Charentes. La nette succession chronologique Auzay-Sandun (chambre II) puis Castellic (chambre IIIA), que supposerait une telle hypothèse, irait de surcroît à l'encontre des faits généralement observés (Table des Marchands, Kerlagat, Sandun, Dissignac), même si nous avons intégré une période de contemporanéité entre les deux entités (Cassen, 2000b), ce que laissent d'ailleurs entendre les entrées IIIA et IIIB ouvertes sur une même façade. L'allongement du couloir II vers l'entrée IIIB est envisageable mais la longueur qui en résulterait (15-17 m) serait bien supérieure aux chiffres actuellement connus pour les plus longs couloirs régionaux (13 m à Gavrinis) ; une partie non couverte du couloir à cette extrémité peut répondre à cette singularité. La question reste donc en suspens, et le restera probablement longtemps.
En conclusion, l'ensemble monumental du Petit Mont est le résultat de plusieurs phases de construction avec, au commencement, un tertre bas marqué d'une stèle, recouvrant probablement une sépulture individuelle. Surmontant ce tertre, un cairn sans tombe à couloir a dû, là encore, couvrir une sépulture sans accès structuré, mais non détectée sur le terrain (le sondage vertical s'est arrêté à 1 m du sol). La pendeloque en variscite fut découverte au pied de l'angle S-E de ce second monument, et pourrait donc participer de ces dépositions volontaires d'objets en périphérie des cistes de personnages distingués, à l'image du Mont Saint-Michel, d'Er Grah et du Mané er Hroëck ; la plus grosse perle récoltée au niveau du sol enterré à droite du couloir IIIA, dans la masse du cairn, pourrait être contemporaine de la pendeloque et partage d'ailleurs avec elle la même provenance andalouse (Querré *et al*. ce volume). Au moins deux tombes à couloir sont ensuite édifiées sur le flanc méridional du cairn précédent, et seule la tombe A, au mobilier Castellic récent, contenait une dizaine de perles en variscite, cette fois extraites à Palazuelo et non Encinasola, ce qui est une distinction remarquable. Mais la présence de Campaniforme dans ce milieu bousculé et mal documenté ne permet pas de conclure sur l'appartenance des objets.

1.1.32 Er Roch Vras (Ile-aux-Moines, Morbihan)

Non loin d'un ouvrage de pierres dressées ruiné, la tombe à couloir et chambre carrée d'Er Roch Vras contenait un mobilier mélangé, du Néolithique à l'âge du Fer. Une petite perle en variscite est recueillie dans la chambre lors des premières fouilles menées au XIXe siècle (Mauricet, 1877).

1.1.33 Lost er Lenn (Grandchamp, Morbihan)

Cette structure funéraire est composée d'une chambre allongée assez courte (2,3 m) et basse (1 m) formée de quatre orthostates pour chaque paroi en vis-à-vis et d'une seule dalle de chevet (Lecornec, 1972). Le cairn allongé et ovalaire qui enserre le tout, sans parement périphérique, laisse entendre qu'il s'agit davantage d'une courte allée sépulcrale plutôt que d'un coffre centré au sein d'une tumulation. Un vestibule, propre à la première catégorie, a pu être adjoint à l'entrée actuelle mais n'a pas été documenté ou recherché ; seul un « blocage » fut identifié au sud-est par les fouilleurs.

Le mobilier céramique se partage entre décors et formes Kerugou et Campaniforme. Le seul élément de parure est une perle identifiée comme variscite, mais qui, après analyse (voir Le Maux, infra), s'avère être un mica calcique (margarite, minéral voisin de la séricite). Un tel témoignage dans ce type architectural aurait pu être fort utile dans l'enquête relative à la chronologie de l'ornement et du matériau variscite, à la différence des dépôts notés à l'intérieur d'une tombe à couloir qui peuvent renvoyer au Néolithique moyen ou signer un retour au sépulcre dans la seconde moitié du IVe millénaire. Désormais, on peut seulement conclure, à Lost er Lenn, que la perle en margarite ne peut être d'une introduction antérieure à 3200-3000 dans l'hypothèse d'une appartenance au Kerugou (Blanchard, 2012), ou située dans la plage 2600-2300 pour un dépôt au Campaniforme.

1.2 Pays de la Loire

1.2.1 Coëtcas (Saint-André-des-Eaux, Loire-Atlantique)

P. de Lisle du Drenneuc inventorie une « allée couverte » en 1883 au contact du moulin de Coëtcas, sans mention d'une quelconque fouille et par conséquent d'une parure en variscite. C'est l'ingénieur Durupt, propriétaire à La Baule, qui récoltera deux perles en *callaïs* à l'occasion d'une restauration sur un monument cette fois qualifié de « dolmen » au XXe siècle (Balagny, 1939, p. 176). M. Aveneau de la Grancière aurait assuré le diagnostic, et nous pouvons lui faire confiance ; ces perles n'ont pas été à ce jour recensées en collection privée ou en musée pour pouvoir contrôler leur nature.

1.2.2 Batz-sur-Mer (Loire-Atlantique)

Sans précision à Batz-sur-Mer, une perle en variscite inventoriée au MAN (réf. 72.996) proviendrait d'une plausible sépulture sous dalle, comme la presqu'île guérandaise en connaît en effet plusieurs témoignages, malheureusement mal conservés (Balagny, 1939 ; Boujot, 2000).

1.2.3 Dissignac (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique)

Dominant l'embouchure de la Loire, le cairn de Dissignac (3 m de haut, 35 m de diamètre) recouvre deux tombes à couloir juxtaposées (fig. 28). Il est situé à 3 km du rivage le plus proche (l'anse de Kerlédé), placé sur une éminence. Ce n'est pourtant pas le point le plus haut qui se situe à 250 m au S-O, où se trouve une ample carrière qui a pu détruire anciennement un monument similaire.

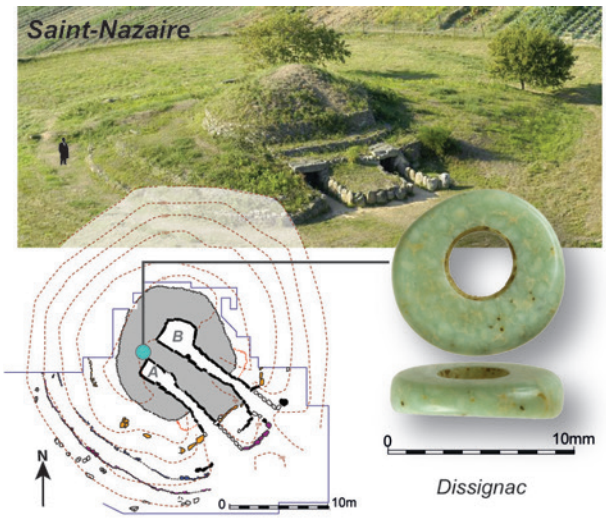


Fig. 28 : Dissignac (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique). Localisation de la perle en variscite dans le sol enterré derrière la chambre A (d'après L'Helgouac'h, 1984 ; photos Musée Dobrée/CD44, DAO réal. S. Cassen).

Les premières fouilles datent de 1873 avec l'intervention de M.A. Martin et de R. Kerviler. Plans et élévations établis par M. Cornot permettent de bien documenter, pour l'époque, l'ensemble des structures internes (Martin, Kerviler, 1873). L'ensemble des nombreux vestiges, bien que soigneusement classé et renseigné, sera malheureusement perdu (Baudouin, 1926). Il faut attendre l'époque moderne pour que de nouvelles observations

s'attachent au monument, grâce aux découvertes de gravures faites par M.C. Gallais sur une dalle de couverture de la chambre sud-ouest, ou chambre A (L'Helgouac'h *et al*., 1970). Les fouilles récentes (1970-1981), conduites par la Direction des Antiquités Préhistoriques des Pays de Loire, dirigée par J. L'Helgouac'h, furent décidées pour accompagner un programme de restauration.

Les découvertes de céramiques néolithiques et d'une industrie lithique mésolithique, mal situés en stratigraphie, ont un temps fait penser à une contemporanéité de ces productions respectives, alimentant la réflexion sur l'apparition du premier Néolithique en façade atlantique de l'Europe (« une acculturation des populations indigènes » L'Helgouac'h, 1975, p. 547 ; L'Helgouac'h, 1976). Mais, dès la fin des années 70, l'observation d'un sol piégé sous le cairn, riche de vestiges antérieurs à la construction de l'édifice, devait modifier le point de vue du fouilleur (L'Helgouac'h, 1984, 1996). Cependant, l'idée (non corrigée) fit entre-temps son chemin, assez attractive et fort populaire à l'échelle internationale, soit pour attester du contact entre sociétés de chasseurs-cueilleurs et groupes d'agriculteurs (Zvelebil, 1986, et réed. 2009 ; Bradley, 1993), soit pour revendiquer une datation très ancienne des premières tombes à couloir (Burenhult, 1999, p. 54 ; Cauwe *et al*., 2007, p. 308).

Bien qu'un « style de Dissignac » ait été créé (L'Helgouac'h, 1986), ni l'architecture du monument, ni le mobilier céramique et lithique ne s'écartent des modèles régionaux. Les deux tombes à couloir sont contemporaines, et ensemble ont été agrandies, dans une seconde phase constructive, par allongement du couloir et extension concentrique du volume de l'enveloppe sédimento-pierreuse. Le plan reproduit un schéma bien connu de la Normandie au Poitou-Charentes, où la présence de ces tombes jumelées reflète probablement une division duale similaire de la société, quelle que soit la sélection dont les défunts ont pu faire l'objet pour être ici déposés. La série céramique contemporaine de ces tombes, issue des chambres ou bien de la façade au S-E et comprenant des vases à pied et des coupes-à-socle, est conforme à l'entité Auzay-Sandun de la fin du Ve et des débuts du IVe millénaire. Des récipients Campaniforme signent, comme souvent, une occupation de l'espace funéraire vers le milieu du IIIe millénaire.

Les trois perles en roches vertes, souvent présentées conjointement dans les synthèses, et pour cela plus ou moins consciemment renvoyées au même horizon chronologique, proviennent en réalité de deux contextes stratigraphiques bien différents. Deux perles en séricite, l'une discoïde et l'autre bilobée (qui semble ici très proche d'un élément en cours de sciage qui aurait été préservé en l'état, puis poli), furent découvertes peu éloignées l'une de l'autre : la première en contexte incertain (déblais d'anciennes fouilles) près de l'entrée de la chambre A ; la seconde en façade, entre les entrées des tombes A et B, en association directe avec du mobilier Auzay-Sandun dans une couche archéologique intacte, contemporaine du fonctionnement du cairn (L'Helgouac'h, 1971, 1973). La perle discoïde en variscite n'est pas renseignée par une publication ; il faut donc consulter les archives J. L'Helgouac'h au musée Dobrée ou à la DRAC des Pays de Loire pour connaître sa position. Elle est issue du sol enterré passant sous le cairn, non loin de la paroi nord de la chambre A (fig. 28).

Ce sol enterré contient de nombreux vestiges du Mésolithique, dont l'ancienneté ne permet aucun lien avec la production céramique qui sera tout d'abord rapprochée du Castellic (L'Helgouac'h, 1973 ; Giot *et al*., 1979), pour finalement se fixer sur le Cerny (L'Helgouac'h, 1996 ; un matériel ici comparé avec raison avec Sandun I). Nous avons souligné, en effet, la grande proximité des signes céramiques de Dissignac-paléosol avec les codes du Castellic ancien morbihannais (Cassen, 2004) : décors d'arcs radiés traités par cannelure, ponctuations à la coquille, boutons au repoussé, vase à ouverture ovalaire. De cet horizon sédimentaire piégé par le cairn ont été obtenues plusieurs datations par le radiocarbone (L'Helgouac'h, 1977, 1990b ; Cassen *et al*., 2009) : les premières (5780±150 BP ; 5940±150 BP ; 6250±150 BP) furent obtenues de charbons, recueillis au N-O du couloir B ; une dernière, sur semence de blé carbonisée extraite entre les deux entrées de la façade primaire (5720±90), bénéficie d'une incertitude moins large tandis qu'au même endroit une coquille de noisette brûlée renvoie au Mésolithique (8779±100 BP). Du sol contemporain des tombes à couloir provient la date sur charbon à l'entrée du couloir B (4940±140 BP).

En conclusion, les perles en roche verte de Dissignac sont à dissocier : d'une part la perle discoïde en variscite, clairement issue du sol antérieur à la construction du monument, contenant une production céramique très proche du Castellic ancien morbihannais, datée ici par le radiocarbone entre 4700 et 4400 ; d'autre part les perles en séricite qui sont contemporaines du plein fonctionnement des deux tombes à couloir, au cours des deux ou trois premiers siècles du IVe millénaire.

1.2.4 La Joselière (Pornic, Loire-Atlantique)

La tombe à couloir de la Joselière (site autrefois rattaché à Clion-sur-Mer) est édifiée non pas sur le point topographique le plus élevé dans le paysage mais sur la pente de ce relief menant à la falaise littorale, actuellement placée à une centaine de mètres en contrebas (fig. 29). Repéré depuis les années 1860, le monument sera réuni à un ensemble d'architectures similaires distribuées autour de l'embouchure de la Loire, désignées par l'expression « tombes transeptées » (Daniel, 1939). À la Joselière, quatre cellules, ou chambres, sont disposées symétriquement de part et d'autre d'un couloir axial dont l'entrée fait face au sud-est, l'enveloppe pierreuse étant de géométrie quadrangulaire, presque carrée. C'est dans la chambre latérale S, au pied de la dalle de chevet mais sans véritable scellement stratigraphique, que quatre éléments de parure furent recueillis : trois perles de forme discoïde, mais de calibres contrastés, sont en variscite, une quatrième perle, ou pendeloque possible, est en séricite (L'Helgouach *et al*., 1989). Si des tessons de céramiques récoltés dans cette chambre renvoient sans ambigüité au Néolithique moyen régional (Auzay-Sandun), d'autres récipients tout aussi morcelés attestent d'une fréquentation à la fin du Néolithique, empêchant de conclure fermement sur l'attribution chronologique de cette parure. J. L'Helgouac'h associe cependant ce matériel au dépôt contemporain de la fondation du monument funéraire, et pour cette raison le site paraîtra dans notre cartographie générale.

1.2.5 Trois Squelettes 6 (Pornic, Loire-Atlantique)

Autour du moulin de la Motte, à l'ouest du bourg de Pornic et depuis une ligne de crête, plusieurs cairns dominaient toute la baie de Bourgneuf avant que la végétation et les constructions modernes n'occultent la perspective au cours du XXe siècle. Ces monuments, bâtis sur le début de pente et non au sommet afin d'être visibles depuis le littoral, dominaient surtout l'entrée de la ria de Pornic, tandis que d'autres tombes à couloir – aujourd'hui détruites – étaient implantées et regroupées en rive droite de son embouchure, elles aussi en position de hauteur (Wismes, 1876). La ria de Pornic était historiquement un moyen de communiquer avec la Loire, en remontant les marais de l'intérieur du pays de Retz avant de passer sur le bassin de la Blanche et les marais de l'Acheneau.
Parmi les différentes explorations, celle du baron de Wismes est la mieux documentée. Il reconnaît ainsi :
– le tumulus exploré à l'ouest de la nécropole, déjà fouillé en 1840 par F. Verger et qui deviendra le « cairn des Mousseaux » après son étude menée entre 1975 à 1977 par la direction des Antiquités préhistoriques des Pays de la Loire (L'Helgouac'h, Poulain, 1984) ;
– puis un second tumulus dit « Moulin de la Motte », en allant vers l'est, qui est le plus élevé et qui n'a, à ce jour, jamais été exploré, sinon en révélant au sud une partie de son parement périphérique (sondage Dir. des Antiquités) ;
– enfin le « Tumulus des Trois Squelettes », sur la bordure orientale du précédent, dont le microtoponyme moderne fut dicté par la préservation exceptionnelle des ossements humains dans les différentes chambres (fig. 29).

C'est dans ce dernier ensemble que H.O. de Wismes reconnaît six « caveaux » (et peut-être les restes d'un septième), aux orientations fort dissemblables allant du S-E au N-O, qui s'ouvraient probablement en rayonnant à la périphérie du cairn (d'allure circulaire). Le plus connu est une tombe mégalithique transeptée, typique de l'embouchure de la Loire et des côtes méridionales du Morbihan, également réputée



Fig. 29 : La Joselière et les Trois Squelettes 6 (Pornic, Loire-Atlantique). Vue depuis le sud-est de la tombe à couloir restaurée de la Joselière et cliché des trois perles en variscite (Musée Dobrée). Vue depuis le sud-est des trois tombes à couloir sur le versant occidental du cairn des Trois Squelettes ; la désignation des tombes reprend celle de H.O. de Wismes, 1876 (cl. S. Cassen et Musée Dobrée/CD44, DAO réal. S. Cassen).

pour les représentations gravées conservées sur une paroi du compartiment occidental (Shee-Twohig, 1981). Les trois autres plans levés par de Wismes restituent des chambres quadrangulaires à trapézoïdales et des couloirs assez courts. Dix ans plus tard, P. de Lisle du Drenneuc poursuit les fouilles mais sans aussi bien documenter son exploration. Ayant connaissance des travaux antérieurs, il ne lui reste d'ailleurs qu'à dégager le dernier dolmen non sondé, à chambre quadrangulaire, placé à l'opposé de la tombe transeptée. Des poteries décorées de « bandes de dessin en pointillé » sont recueillies à l'entrée de la chambre, tessons probablement campaniformes. Et c'est dans l'angle du caveau qu'il récolte huit perles en feuilles d'or repliées. Il note d'ailleurs que « de longs fils végétaux à peine tordus se trouvaient encore à l'intérieur de ces perles » (Lisle du Drenneuc, 1892, p. 202). Une petite perle en « turquoise *callaïs* [...] dont la vive couleur rappelle [...] celle d'une pomme dans toute sa verdeur » est trouvée « parmi les coulants d'or, et devait faire partie du collier » (id., 1892, p. 202).

En conclusion, la petite perle discoïde en variscite du cairn des Trois Squelettes est étroitement associée à des objets de parure en or, à rapporter probablement à l'occupation Campaniforme vérifiée par la céramique découverte dans la chambre. Et afin de ne pas entretenir davantage de confusion entre les dénominations différemment adoptées sur le site, qui varient dans diverses publications et autres catalogues, nous proposons la nomenclature minimale rapportée par le plan de H.O. de Wismes : il nomma en effet chaque monument exploré et numéroté par ses soins (1-Caveau de la Croix, 2- Caveau des Squelettes, 3- Caveau d'en face le Moulin, 4- Caveau de près Le Chêne, 5- Caveau de près Le Puits, 6- Caveau non fouillé). Sur cette base nous désignons par le n° 6 la tombe à couloir fouillée par P. Lisle du Drenneuc qui contenait la perle en variscite.

1.2.6 Couronne Blanche (Petit-Auverné, Loire-Atlantique)

Le catalogue des collections du musée Dobrée, et les récentes études qui ont utilisé les références des objets analysés (Lacoste, 2000 ; Herbaut, 2001 ; Herbaut, Querré, 2004), mentionnent une perle en variscite provenant du dolmen de la Couronne Blanche sur le Petit Auverné.

La désignation de cet ensemble monumental est récente, inventée par P. de Lisle du Drenneuc quand il entreprend des fouilles sur le site en 1879. Trois buttes formaient en réalité une probable nécropole. La plus grande, d'un diamètre de 55 m (y compris les éboulis), se distinguait par l'emploi de blocs en quartz blanc, non seulement au niveau des structures internes du dolmen mais également en périphérie du cairn.

Des tessons de céramiques et des armatures de flèches à ailerons et pédoncule sont recueillis parmi quelques ossements très dégradés (Lisle du Drenneuc, 1880, 1887). Une lame polie en fibrolite est

également récoltée par l'agriculteur travaillant la parcelle, mais il n'est pas fait mention de perle en variscite.

1.2.7 Roche Mort (Grand-Auverné, Loire-Atlantique)

À l'encontre de la Couronne Blanche, nous avons attiré l'attention sur une probable confusion de sites et de structures entre les deux communes voisines (Cassen *et al*., 2011, p. 238).
Une perle en « turquoise-*callaïs* » est en effet bien cataloguée par P. de Lisle, en 1903, comme provenant d'un coffre de pierre (ou *stone-cist* dans sa nomenclature) sur le site du moulin de Roche Mort, au Grand-Auverné (une séparation de titre mal effectuée dans la maquette du catalogue et une lecture rapide du passage en question peuvent être à l'origine de l'erreur d'attribution). C'est une véritable nécropole que P. de Lisle détecte, rassemblant trois cistes qu'il fouille sur le sommet de la butte, tandis que « d'autres plus au bas de la côte étaient alignées sur trois rangs mais ont été détruites et les dalles employées comme palis au bord des champs » (Lisle du Drenneuc, 1880, p. 137). Ces autres tombes seront fouillées par un certain M. Chopin, hélas sans relation connue.
Cependant, à 200 à 300 m de là, au lieu-dit Launay, une autre ciste va donner à P. de Lisle un bracelet en schiste (fragmenté) que nous avions relevé en raison du caractère peu ordinaire de l'association (Cassen, 2000b ; Lacoste, 2000). Une telle mention permettait de relier ce cadre chrono-culturel *a priori* ancien à la découverte d'un vase à ouverture « elliptique » dans une ciste sous tertre circulaire du Moulin Violet au Petit-Auverné, à 3 km de la nécropole de Roche Mort, toujours en bordure de la rivière Don (Dortel, Pageot, 1897 ; Cassen 2000a). Or, dans une des cistes fouillées « au bas de la côte » de Roche Mort, P. de Lisle note « deux petits vases en terre de forme allongée » (Lisle du Drenneuc, 1880, p. 137) qui est une autre manière de décrire les récipients à ouverture ovalaire. On le sait, cette morphologie de récipient, dans le nord de la France, appartient principalement au Chambon de la Loire Moyenne, vers le milieu du Ve millénaire (Bailloud, 1964 (1974) ; Prudhomme, Villes, 1989 ; Irribaria, 1996, 2011 ; Cordier, 2015) mais avec de notables avancées en Loire-Atlantique (Dissignac), Morbihan (Leen Vihan, Latz, Kervinio) et Ille-et-Vilaine (Saint-just), sans qu'il soit utile de les attribuer au Chambon, pas plus que toutes ces cistes armoricaines ne sont de type Chamblandes (Boujot, Cassen, 1997).
En conclusion, il y a lieu de s'interroger, une fois n'est pas coutume, sur la très sérieuse possibilité que la perle en variscite trouvée dans une des cistes de la nécropole de Roche Mort puisse appartenir à l'horizon chronologique le plus ancien jusqu'ici reconnu, en France, pour certaines parures en *callaïs*.

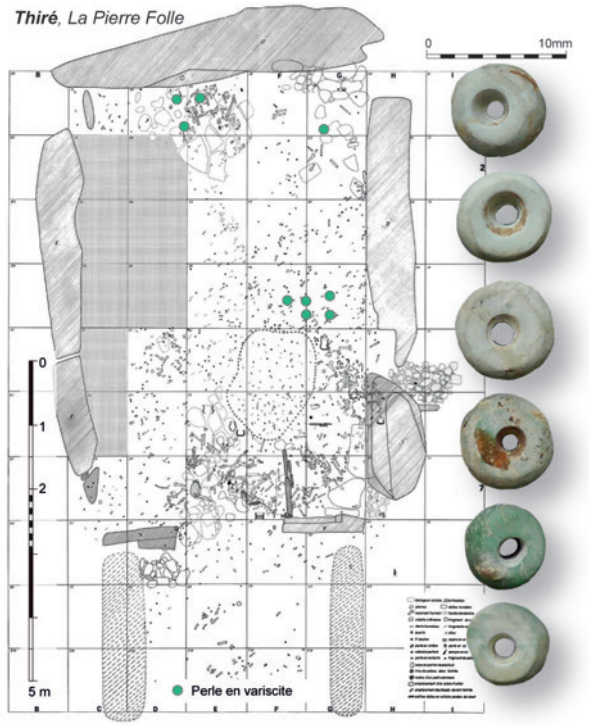


Fig. 30 : La Pierre Folle (Thiré, Vendée). Répartition des perles en variscite dans la chambre funéraire (d'après Joussaume, 1976 ; cl. N. Le Maux, DAO réal. S. Cassen).

1.2.8 La Pierre Folle (Thiré, Vendée)

Ce monument de type angevin, à chambre quadrangulaire et probable vestibule (fig. 30), contenait un mobilier pour l'essentiel attribué au Campaniforme avec de rares éléments datés d'un Néolithique final moins bien qualifié (Joussaume, 1976). Dix petites perles en variscite à perforations biconiques appartiennent à l'une de ces deux étapes historiques.

1.3 Poitou-Charentes

1.3.1 Montiou A1 (Sainte-Soline, Deux-Sèvres)

Le plus grand des trois cairns néolithiques, sur la commune de Sainte-Soline (A, B et C), contenait quatre tombes à couloir (fig. 31). La première (A1) est réputée pour sa remarquable porte monolithique assurant le passage entre le couloir et la chambre funéraire. Deux perles discoïdales « verdissant à l'humidité », sont en variscite, déterminées à l'œil nu (Germond, Bizard, 1987). Elles proviennent de la chambre et de la partie terminale du couloir. Elles pourraient appartenir au mobilier Néolithique moyen récolté dans la chambre mais aussi et surtout présent en façade et en avant de l'entrée du couloir, si la seule datation au radiocarbone sur un os humain de la couche sépulcrale (Gif 5294 : 3700 ± 100 BP) ne laissait supposer une probable visite du lieu à l'époque Campaniforme ou au Bronze ancien.



Fig. 31 : Montiou A1 (Sainte-Soline, Deux-Sèvres). Le cairn A et les entrées au sud-est des deux tombes à couloir A1 et A2 ; la porte monolithique au passage couloir-chambre A1 (clichés D. Michelet et S. Cassen).

1.3.2 Nécropole dite de Bougon (Bougon, Deux-Sèvres)

Au lieu-dit les Chirons se dressent cinq cairns dont l'exploration débute en 1840 (Arnaud, 1843). Les monuments A, F et E sont ouverts en premier, et le cairn C le sera par J.C. Sauzé de Lhoumeau en 1845 (Sauzé, 1875). Les fouilles archéologiques plus méthodiques devront attendre l'intervention de C. Burnez qui entame un programme de recherches dans les années 1960, mais l'abandonne aussitôt ; J.P. Mohen reprend le chantier en 1972 et découvre les cinq perles en variscite devant retenir notre attention (Mohen, 1973, 1977 ; Mohen, Scarre, 2002).

Bougon A

Dans un cairn circulaire (40 m de diamètre), une tombe à couloir et chambre quadrangulaire est couverte d'une dalle impressionnante (estimation 90 t). Trois couches sépulcrales superposées et bien distinctes, contenant plus de 200 individus, sont pour l'essentiel datées du Néolithique récent par le mobilier associé. La parure comprend une canine d'ours perforée, des perles en coquilles et en calcaire (Arnaud, 1843, p. 30). Une perle en variscite est issue de la fouille Mohen-Scare, mais n'est pas renseignée par les différentes publications ; elle a pu être confondue avec une perle en calcaire, son altération superficielle lui ayant fait perdre, comme tous les autres spécimens de la nécropole, sa belle couleur verte originelle. Identifiée par E. Lacroix (Musée de Bougon), la perle faisait partie des sédiments rejetés au-dessus de la chambre par les fouilleurs du XIXe siècle. Son âge est par conséquent difficile à établir, bien qu'un Néolithique récent/final soit bien entendu envisageable.

Bougon B1

Dans un cairn allongé (36 x 8-10 m) qui n'avait pas encore été détecté au début des années 1970, deux tombes à couloir court (B1 et B2) sont juxtaposées à deux petits « coffres funéraires » mal définis et

indatés. La chambre B1 (fig. 32), de petites dimensions (1 x 1,3 m) mais incluant une dalle entièrement dressée ainsi qu'un « crochet » sculpté, contenait un mobilier du Néolithique moyen (tessons d'un vase caréné, petite lame polie en fibrolite), du Néolithique récent (Peu-Richard) et final. Deux perles sphériques en variscite assez altérée proviennent des « éboulis du dolmen B1 » (Mohen, Scarre, 2002, p. 56). Cette position stratigraphique incertaine ne permet pas de rapporter ces éléments de parure à une occupation précise, et seul un tri typologique a jusqu'ici prévalu.

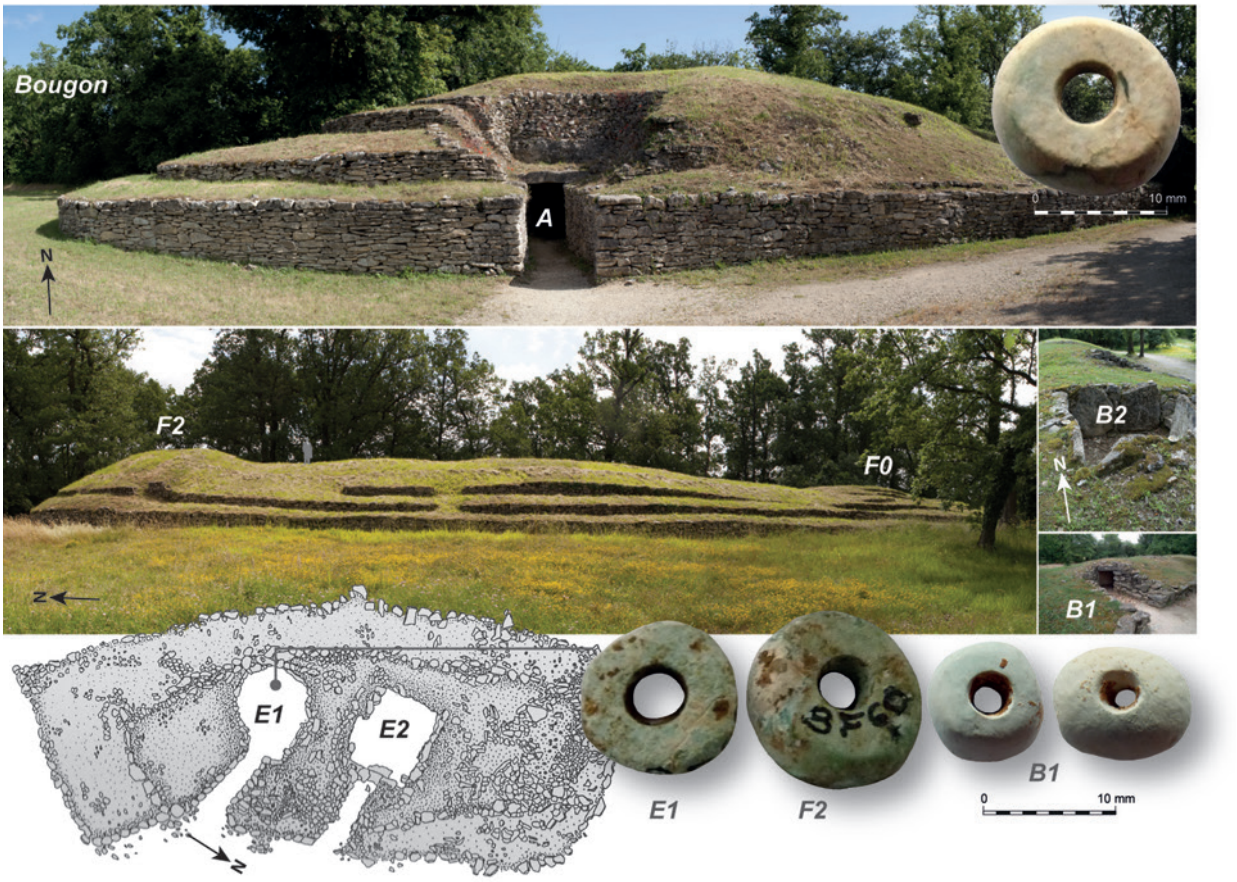


Fig. 32 : Bougon (Deux-Sèvres). Monuments A, F, B et E (d'après Mohen, 1977 ; clichés Musée des tumulus de Bougon/CD 79 et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

Bougon E1

Ce cairn est allongé (28 x 11 m), orienté nord-sud (fig. 32). C. Sauzé de Lhoumeau avait déjà reconnu, en 1840, une chambre avec ses onze pierres debout formant une paroi grossièrement circulaire. La couche archéologique est cependant restée intacte et J.-P. Mohen y révèle, en 1973, un dépôt de 5 ou 6 individus et un viatique céramique d'accompagnement assez réduit, auquel s'ajoutent quelques outils ou armes en silex (couteau à dos, armatures de flèches tranchantes), tandis que la parure, probablement portée, consiste en canines percées de canidé et de bovin, et une perle discoïde en variscite (Mohen, 1973, 1977). Une datation par le radiocarbone est obtenue d'un ossement humain, malheureusement inutilisable en raison de son importante marge d'erreur et de son unicité (5800 ± 230 BP).

Une seconde chambre sera ensuite découverte en 1974, au nord de la première, intéressante pour la reprise du plan circulaire en un plan quadrangulaire. Une occupation de l'espace au Néolithique récent brouille cependant l'attribution des différents objets ici rassemblés et mal renseignés en stratigraphie. Il

est possible que les deux hachettes en fibrolite renvoient à la première phase d'inhumation, par analogie avec les assemblages connus en Morbihan.

Bougon F2

Le plus long de la nécropole (80 x 30 m, sur 3 m de haut), ce cairn est aussi celui qui a peut-être subi le plus d'ajouts constructifs (fig. 32). La chambre F2, qui ouvre au N-O à l'extrémité nord du cairn, possède des orthostates remarquables dont certains sont fort bien équarris (Mohen, 1973). De la couche d'inhumations plus ou moins préservée, trois adultes et deux enfants seront au minimum décomptés ; mais leur datation par le C14, les plaçant dans la seconde moitié du IVe millénaire, ne plaide pas pour une inhumation contemporaine de la construction. Une céramique à fond plat indique, entre autre, une réoccupation tardive, qui va empêcher d'attribuer avec certitude au Néolithique moyen la perle en variscite découverte en contexte stratigraphique remanié.
On note, par ailleurs, la présence d'un fragment d'anneau large en serpentine, 5 m en avant de la façade d'entrée, coincé dans une diaclase du substrat calcaire (Mohen, Scarre, 2002).
En conclusion, des quatre tombes à couloir A, B1, E1 et F2 ayant contenu chacune une à deux perles en variscite, seule la chambre circulaire E1 offre un milieu favorable a priori non perturbé permettant de proposer une datation plausible au Néolithique moyen. On aimerait pouvoir en dire autant avec la chambre quadrangulaire F2, dont la coupe-à-socle poinçonnée marque, avec cet objet emblématique, une adéquation chronologique relative vis-à-vis des contextes armoricains.

1.3.3 Nécropole de Chenon (Chenon, Charente)

Repérée par les érudits charentais dès le XIXe siècle (Chauvet, 1885), la nécropole doit attendre une fouille clandestine conduite dans les années 1960 pour être interrogée avec des méthodes moins sauvages (Gaurond, Massaud, 1983). Elle comprenait plus d'une quinzaine de tombes à couloir néolithiques mais également plus d'une vingtaine de tertres de l'âge du Fer. Deux cairns (A1 et B1) ont livré des perles en variscite, mais un seul gisement (B1, chambre T) a bénéficié d'une datation par le radiocarbone (Delibrias *et al*., 1982).

Chenon A1 (Pierre Levée), fosse W

La chambre est rectangulaire à ouverture décalée à l'est (« en q ») et sa dalle de chevet est équarrie au sommet et manifestement travaillée sur sa surface interne. Au pied de l'orthostate occidental, une fosse creusée dans le substrat, sur 1 m de profondeur, est de fonction énigmatique. C'est pourtant dans son comblement que fut découverte la première perle en variscite, déterminée par B. Lasnier (univ. Nantes). Plusieurs ossements humains « détériorés » sont associés, dans la même unité sédimentaire, à des armatures de flèches tranchantes, dont étonnamment quatre armatures du Châtelet, et deux petites lames polies dont une (5 cm) en éclogite (probablement alpine) et enfin à une coupe-à-socle non décorée. Plusieurs perles façonnées sur coquilles (*Purpura lapillus,* dentale) sont également récoltées ainsi que des canines de renard, craches de cerf et défenses fendues de sanglier. L'ensemble est considéré comme un milieu clos, et d'ailleurs séparé du niveau de la chambre par un gros dallage ; l'homogénéité culturelle de l'ensemble a cependant été mise en doute (Laporte, 2009). Les intrusions notables de la fin du Néolithique concernent la chambre et le couloir.

Chenon B1, S

Réunies sous un même cairn B1, les deux tombes quadrangulaires se singularisent par deux dalles échancrées formant un seuil rétréci entre le couloir, désaxé à l'est, et la chambre. Ici encore des vestiges

de la fin du Néolithique signent un réinvestissement général des lieux funéraires et compliquent le jeu des attributions. Une perle en ambre est recueillie dans la chambre S, mais la perle (fracturée) en variscite provient du couloir, aux côtés de canines perforées de canidé, de craches de cerf et de défenses fendues de suidé.

Chenon B1, T

On note deux petites hachettes en roches alpines (éclogite et jadéitite) en provenance de la chambre T, ce qui ne présume pas, bien entendu, d'un âge plus ancien que l'Artenac, ici encore omniprésent dans les viatiques enregistrés. La perle ovalaire en variscite est trouvée dans le couloir, aux côtés de deux perles en cuivre certainement compatibles avec l'abondante série d'armatures perçantes et de poignards en silex. Défenses fendues de suidé sont ici aussi présentes. La seule datation au C14 disponible est faite sur os humain de la chambre (5540±110 BP), sans que l'on sache vers quoi pourrait renvoyer ce large intervalle de temps (4700, 4040), faute de témoignage probant relevant du Néolithique moyen.
En conclusion, sur les trois perles inventoriées dans les trois tombes à couloir, deux contextes (B1 T et B1 S) sont clairement affectés par un réemploi de l'espace funéraire daté de l'Artenac, ensemble auprès duquel la parure en variscite pourrait être rapportée, à l'image des autres perles et pendeloques animales. Seul l'ensemble de la fosse W chambre A1 fournirait un lot *a priori* non perturbé, aux côtés d'une coupe-à-socle qui ne peut être antérieure au dernier quart du Ve millénaire.

1.3.4 Motte de la Garde (Luxé, Charente)

Sur un point culminant de la commune, la Motte de la Garde est une tombe à couloir explorée par A.F. Lièvre en 1874 (fig. 33). Plusieurs récipients néolithiques (dont une des premières descriptions de coupe-à-socle, qualifiée de « réchaud » – Lièvre, 1884 p. 112), se mêlent à une industrie lithique de la fin du Néolithique auxquelles s'ajoutent des perles en bronze. Sept grains d'enfilage en *callaïs* sont recueillis par le fouilleur, une huitième perle sera conservée par un habitant du pays après que le propriétaire du site ait achevé la « fouille » d'une banquette sédimentaire conservée à l'entrée de la chambre (Lièvre, 1884). Difficile d'attribuer ces éléments de parure à l'époque de construction de la tombe plutôt qu'à une des occupations ultérieures.



Fig. 33 : Motte de la Garde (Luxé, Charente). Vue sur la chambre funéraire en 1891, après la première exploration par A.F. Lièvre (photo M. Mieusement, Monumentum). La Folatière (Luxé, Charente). La chambre en cours de restauration en 2012 (cl. Rosier, Wikipedia).

1.3.5 Folatière (Luxé, Charente)

Un tumulus volumineux domine aujourd'hui encore le hameau de la Folatière (parfois désigné « tumulus IV » – Lopez-Romero *et al*., 2010). Juste au sud, une tombe à couloir dite « Le Roc » (aussi « dolmen I »), manifestement visitée à l'époque gallo-romaine, sera ruinée au XIXe siècle par son propriétaire venu emprunter des parties d'orthostates soigneusement équarris et piquetés (Lièvre, 1884). Une de ces dalles conservait d'ailleurs une gravure en faux-relief (crosse en « point d'interrogation ») d'un intérêt suffisant pour être extraite et conservée au musée d'Angoulême.
Les fouilles de A.F. Lièvre sur une autre tombe dite « La Folatière » (fig. 33 ; ou encore « dolmen III ») ne sont guère renseignées et il faut attendre la nouvelle exploration d'E. Patte, en 1959, pour que le mobilier soit décrit dans son contexte archéologique. Une perle en variscite est ainsi trouvée sous la dalle affaissée n° 22, au contact de deux autres perles discoïdes en calcaire de même calibre et d'une coupe-à-socle, association bienvenue pour attribuer ces éléments de parure au Néolithique moyen (Patte, 1966). Car une partie des vestiges récoltés dans ces couches assez remaniées date de la fin du Néolithique, voire du Bronze ancien et moyen.

1.3.6 Pierre Levée B (Villefagnan, Charente)

Deux tombes à couloir juxtaposées étaient encore visibles sur la commune, à la fin du XIXe siècle. Elles seront détruites mais G. Chauvet aura le loisir d'examiner plusieurs des objets de la chambre B qui aurait contenu une perle en variscite (Chauvet, 1899) et non la chambre A comme il fut mentionné (Burnez, 1976).

1.4 Aquitaine

1.4.1 Les Sables (Saint-Laurent-Médoc, Gironde)

Cette sépulture collective, sous probable tumulation, sera ici retenue pour avoir été investiguée récemment et dans de bonnes conditions, à la différence d'une majorité de sites du corpus. Elle présente, au surplus, la particularité d'avoir été construite en matière périssable. Dans un contexte sédimentaire fluide, la reconnaissance des éléments d'architecture est donc une tâche difficile. Datée pour les plus anciens dépôts humains du milieu du quatrième millénaire (C14), elle fut manifestement et largement réutilisée par les Campaniformes, dans la seconde moitié du troisième millénaire. Une perle en variscite, découverte parmi d'autres éléments de parure dont certains sont assurément campaniformes (V-bouton), ne peut être encore rapportée à une phase plutôt qu'à une autre (Courtaud *et al*., 2007 ; Cieselski *et al*., 2009). Mais, dans tous les cas, son existence démontre une nouvelle fois, à la hauteur des dernières tombes à couloir charentaises et girondines datées du Néolithique moyen, l'usage de la variscite dans des contextes plus récents.

1.5 Normandie

1.5.1 Lazzaro (Colombelles, Calvados)

Malgré une quasi absence de plans de maisons, la structuration générale du village du Néolithique ancien à Colombelles, en Normandie, recomposé à partir de fosses latérales et de quelques trous de poteaux, semble bien se conformer aux modèles d'organisation généralement mieux connus à l'est de Paris. Ici au Lazzaro, sur terrains lœssiques, le village se composerait d'une unique rangée d'une dizaine de maisons alignées sur un axe nord-nord-ouest/sud-sud-est (Billard *et al*., 2014). Le plan assez clair du site et l'absence de superpositions laissent entendre une occupation courte ne dépassant pas quelques

générations. Le mobilier céramique renvoie à l'étape finale du Rubané récent du Bassin parisien ; la présence de deux vases décorés de motifs en « arêtes de poisson » et de triangles réfléchis plaide par ailleurs en faveur d'un Rubané tardif qui annonce le Villeneuve-Saint-Germain. Une discrète production de bracelets en schiste, dans un nombre limité de structures, est à cet égard un bon indicateur de cette transition vers le VSG/Blicquy. Une série radiocarbone, malgré quelques imperfections, couvre bien la période envisagée [5225- 5053], les auteurs privilégiant une occupation des lieux vers la fin de cet intervalle.

Deux sépultures, attribuables avec certitude à l'occupation néolithique, sont implantées dans l'habitat, à l'arrière des maisons, et vont retenir notre attention, l'une pour contenir une pendeloque en variscite, l'autre pour la présence de perles en calcaire.

La sépulture ocrée 297 est une fosse allongée, peu profonde, ce qui a probablement empêché une bonne conservation des ossements (fig. 34). Le mobilier est constitué de deux ou trois récipients céramiques et d'une petite pendeloque en variscite, dont l'analyse par PIXE a démontré l'origine andalouse (Querré, voir supra). Les fouilleurs supposent que l'emplacement de la perle suggère la position du crâne, idée renforcée par la forte coloration ocrée de cette partie de l'excavation (Billard *et al*., 2014). Dans cette hypothèse, la sépulture serait orientée est-ouest, la tête à l'est.

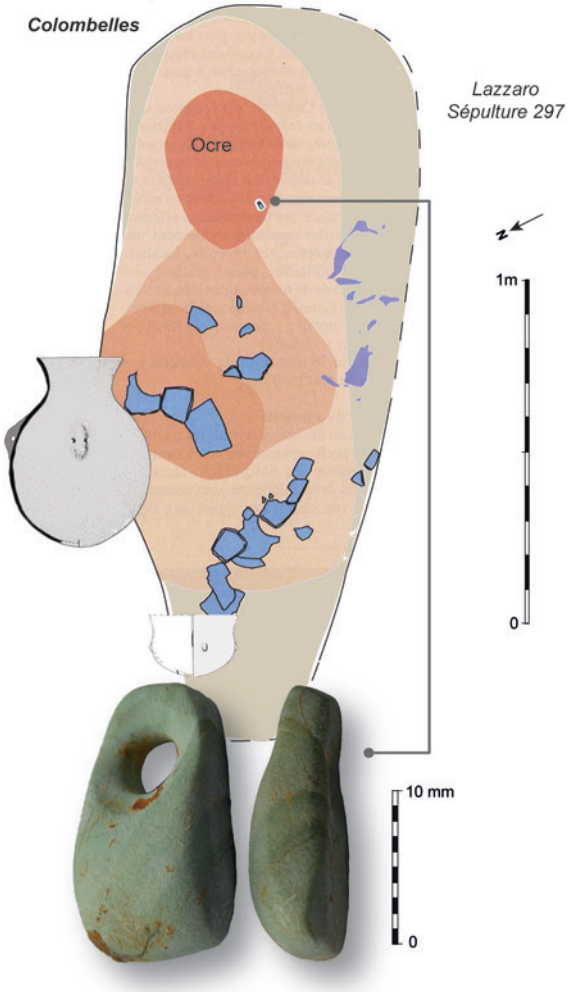


Fig. 34 : Lazzaro (Colombelles, Calvados). Sépulture 297 ; positions des récipients céramiques RRBP et de la pendeloque (d'après Billard *et al*., 2014 ; DAO réal. S. Cassen).

La sépulture 110 contient les restes d'un individu adulte, de sexe indéterminé, orienté à 120° de l'axe nord-sud. La fosse (2 x 1,30 m) contenait deux dépôts céramiques certains et un lot de perles d'enfilage en calcaire (sept complètes et six fragments), réparties dans la région de la gorge et du thorax, probable collier porté par le mort. L'individu reposait en décubitus dorsal, les membres supérieurs dans une position inconnue et les membres inférieurs en extension. La dispersion des perles et l'écrasement des céramiques hors du volume initial indiquent un espace funéraire non colmaté. Une datation par le C14 couvre la fin du VIe millénaire (6205 ± 35 BP [5295-5053]). L'intérêt de cette tombe, pour notre propos, réside dans l'origine du calcaire des perles, ou bien issu d'Italie du nord, ou bien encore une fois transféré du sud de l'Espagne.

1.5.2 Butte à Luzerne A (Vierville, Manche)

Dans un cairn sub-circulaire (10 m de diamètre), une chambre A de plan également circulaire s'ouvre sur un couloir d'accès orienté à l'est ; dans une seconde étape constructive, une chambre quadrangulaire B est édifiée par accrétion dans le prolongement sud du premier monument. Le mobilier céramique découvert dans la chambre A est intéressant en ceci qu'un récipient Castellic récent vient appuyer le jeu des correspondances entre Normandie et Morbihan (Cassen, 2000b). Quatre perles découvertes dans cette tombe ont été déclarées en variscite depuis leur divulgation (Verron, 1975, 1979, 1986), qualification

qui sera régulièrement reprise par de nombreux auteurs jusqu'à ce qu'une détermination pétrographique ne tranche en faveur d'une séricite (Le Maux, 2014).

1.5.3 Butte Saint-Cyr (Val-de-Reuil, Eure) et Sépulture 1 (Porte-Joie, Eure)

Cinq sépultures collectives, installées en basse terrasse de la Seine, ont été progressivement fouillées sur les communes voisines de Val-de-Reuil et Porte-Joie, durant près de quatre décennies (Billard *et al*., 2010). Elles présentent le grand intérêt d'une phase de construction unique, assez bien cernée par le radiocarbone en couvrant un intervalle commun entre 3300 et 3100 av. J.-C. Leur réutilisation au Néolithique final et au Campaniforme complique cependant le jeu des attributions, notamment au niveau de la parure. Deux monuments vont retenir notre attention pour les objets en variscite qu'ils contenaient.
La sépulture collective de la Butte Saint-Cyr (Val-de-Reuil) est une allée sépulcrale enterrée, sur 12 m de long et 3 m de large, au sol dallé avant que les parois ne soient montées à l'aide d'orthostates en calcaire coquillier, en grès, en meulière ; une dalle percée assurait le passage entre chambre et vestibule ; la couverture n'est pas connue. La parure est abondante (142 éléments d'enfilage dont 125 perles discoïdes en calcaire, lignite, schiste coquillage, ambre) et l'on note une perle en variscite, plutôt sphérique et à double perforation, qui ne peut être attribuée avec certitude au Néolithique récent/final ou au Campaniforme.
En se limitant aux datations par le radiocarbone obtenues des analyses les plus récentes, la série renvoie clairement au Néolithique récent (4690±90 BP, 4590±100BP, 4270±35BP, 4130±55BP ; Billard *et al.*, 2010).
La « sépulture 1 » à Porte-joie est une autre allée sépulcrale, également enterrée, sur 12 m de long et 2 m de large. Aucun élément architectonique en pierre n'a été retrouvé qui aurait pu structurer l'espace funéraire et former les parois latérales. Parmi de nombreuses perles discoïdes en os, en lignite, perles cylindriques et annulaires en os, pendeloque sur sésamoïde de cheval, canine de carnivore, coquillage perforé, et encore plaquettes en tôle d'or martelées (appliques), la tombe contenait six éléments d'enfilage en variscite, petite perles discoïdes. Un ensemble osseux en connexion anatomique sur le fond de la couche sépulcrale a permis une bonne appréciation de la période d'édification du monument (entre 3316 et 2926), mais on ne sait pas davantage si les éléments de parure en *callaïs* renvoient aux dépôts les plus anciens ou au Néolithique final, voire au Campaniforme. Ici encore la série des datations par le radiocarbone sur les os humains est très homogène (4435±55BP, 4405±40BP, 4380±40BP ; Billard *et al.,* 2010).

1.6 Nord-Pas-de-Calais

1.6.1 Rue Roger Darthois (Bouchain, Nord)

En rive gauche de l'Escaut, dans le lit majeur du fleuve et au contact du bas de versant avec le fond de vallée, un habitat du Néolithique récent présente de nombreux témoignages organiques conservés dans ce milieu humide (Feray, 2013). Une fouille programmée conduite par G. Leroy (service régional de l'archéologie ; Leroy, 2016) a récemment permis de recueillir un élément de parure proposé à l'œil nu comme variscite, proche d'une pendeloque circulaire étant donné sa dissymétrie et l'état de la perforation (fig. 35). Mais l'analyse PIXE (Calligaro, Querré, supra) a infirmé cette première évaluation puisqu'il s'agit en réalité d'une minéralisation de type paragonite



Fig. 35 : Rue Roger Darthois (Bouchain, Nord). Perle-pendeloque de l'habitat du Néolithique récent (d18 us 12 1 ; cl. G. Leroy, SRA Nord-Pas-de-Calais).

mixte avec un peu de muscovite. Nous conservons cependant cet objet en illustration afin de souligner les risques d'erreur sur une roche que l'on pense habituellement reconnaître sans effort, mais qui exige le plus souvent une analyse adéquate.

1.7 Île-de-France

1.7.1 Cimetière des Anglais (Vauréal, Val-d'Oise)

Dominant l'Oise, l'allée sépulcrale du Cimetière des Anglais (14 x 2,3 m) est creusée dans un terrain sablonneux alors que les éléments de parois sont en grès et en calcaire. Tandis que l'espace interne fut cloisonné par des murets de pierres sèches en délimitant trois parties, l'entrée était agencée (avant son déplacement au musée de Guiry-en-Vexin) par deux dalles échancrées formant une porte, dont l'une est gravée d'un motif en croissant, plausible embarcation sans équipage. C'est dans la chambre du fond, au contact d'un des nombreux crânes ici conservés, qu'une perle en *callaïs* est recueillie (Caix de Saint-Aymour, 1867), parmi d'autres éléments de parure (perles discoïdes en os, schiste, etc.).

1.8 Picardie

1.8.1 Courcelles-Epayelles (Oise)

Trouvée en 1912 sur la commune de Courcelles-Epayelles, en limite occidentale avec sa voisine Tricot, cette pendeloque aujourd'hui perdue est mal contextualisée et son matériau même n'a pas été déterminé scientifiquement (Boutanquoi, 1914). Seulement, sa morphologie, très proche des spécimens de Plichancourt et Colombelles (fig. 36), sa surface « soigneusement polie » et sa description (« roche verdâtre foncé de teinte uniforme ») poussent à concevoir l'hypothèse d'une variscite, pouvant notamment relever d'une colorimétrie similaire à la pendeloque Néolithique ancien de Plichancourt. Et ce d'autant mieux que l'auteur évoque un « sillon caractéristique laissé par le lien de suspension », indiquant que « l'amulette a été portée très longtemps » (Boutanquoi, 1914, p. 95). C'est exactement, notons-le, le témoignage laissé par plusieurs pendeloques en *callaïs* dans les tombeaux carnacéens.

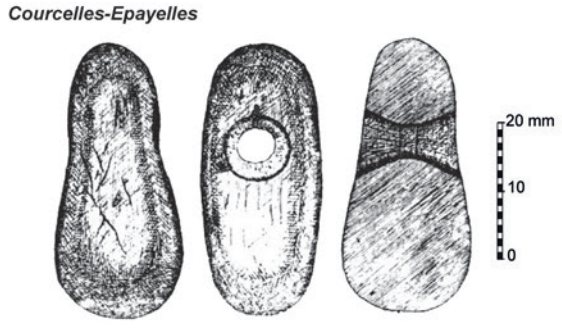


Fig. 36 : Courcelles-Epayelles (Oise). Pendeloque découverte en prospection (d'après Boutanquoi, 1914).

1.9 Champagne

1.9.1 Monts (Plichancourt, Marne)

En bordure de la Saulx, à 7 km de sa confluence avec la Marne, le site des Monts comprend un ou deux bâtiments néolithiques révélés par des trous de poteaux et des fosses latérales de construction (Bonnabel, Dugois, 1997). Un tesson du Rubané récent du Bassin parisien et une armature de flèche à base concave ont permis une première estimation chronologique. Un ensemble de trois sépultures en fosse fut également fouillé à 50 m des occupations domestiques, contenant une femme, un homme et un enfant, en position contractée, membres fléchis sur le côté gauche.

La sépulture 12 est celle d'une jeune femme de moins de 25 ans, inhumée dans une fosse ovale qui présente un comblement fortement ocré au voisinage des os du squelette (fig. 37). C'est à proximité de la tête humérale gauche qu'une « perle » en roche verte fut découverte, en réalité une pendeloque en variscite andalouse imitant une crache de cerf (Querré, de Labriffe, 1997 ; voir Querré, supra). Cette tombe

a fait l'objet d'une mesure par le radiocarbone sur os (GrA- 17129 : 6130 ±- 50 BP ; 5200-4945) qui a confirmé le positionnement au Néolithique ancien.

1.9.2 Vignes Jaunes (Courjeonnet, Marne)

L'hypogée des Vignes Jaunes est creusé en versant sud d'un relief dominant les marais de Saint-Gond. Un plan incliné permettait d'accéder au vestibule puis à la chambre funéraire. Sur la paroi du fond, une représentation de hache emmanchée, serrée dans une probable gaine en bois de cerf, a fait la réputation du lieu. Parmi des perles et pendeloques en coquillage, en os, en défenses de suidé, une unique perle en *callaïs* est identifiée (Roland, 1911) qui n'a pas été contestée (Bailloud, 1964).

1.9.3 Ronces (Villevenard, Marne)

Une perle en *callaïs* et inventoriée parmi le viatique funéraire de cet hypogée de la Marne (Baye, 1888 ; Bailloud, 1964).

1.9.4 Butte du Moulin (Oyes, Marne)

Parmi des parures en matières dures animales anciennement trouvées dans cet hypogée (Polloni *et al*., 2004), une perle en *callaïs* est identifiée (Baye, 1888 ; Bailloud, 1964).

1.10 Franche-Comté

1.10.1 Motte aux Magnins (Clairvaux-les-Lacs, Jura)

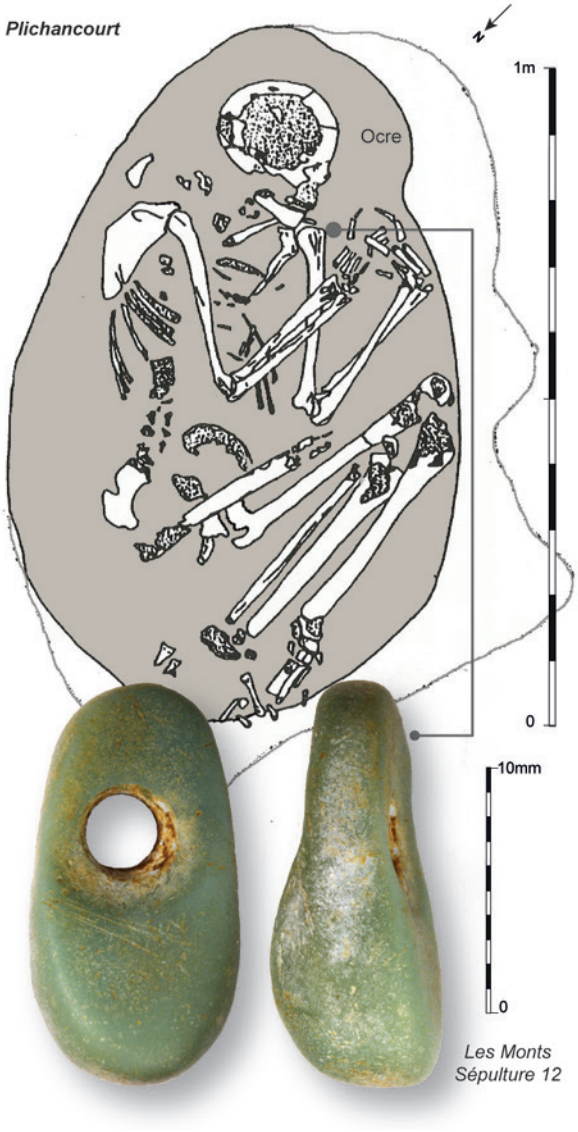


Fig. 37 : Les Monts (Plichancourt, Marne). Sépulture 12 ; position de la pendeloque en variscite (d'après Bonnabel, Dugois, 1997 ; photo G. Querré ; DAO réal. S. Cassen).

Au bord et au nord du grand lac de Clairvaux, et contenant les restes fameux d'habitations néolithiques sur poteaux, la langue de terre de la Motte aux Magnins est découverte en 1870 par J. Le Mire (Pétrequin, 1989). Au début du XXe siècle, au cours des fouilles conduites par A. Stuer, et parmi des éléments significatifs de parures reliant cette région jurassienne au Midi de la France, la mention d'un « collier de perles en *callaïs* » lui est communiquée, sans que l'on sache d'où provient la récolte (Mortillet, 1905, p. 59). Seule une perle aplatie et allongée, à perforation longitudinale, est conservée au Musée des Confluences à Lyon (réf. 80014263). P. Pétrequin eut l'occasion de l'examiner et souligne que la perforation fut réalisée à partir d'un seul côté, probablement perforée avec une alène en cuivre. Considérant l'historique des recherches et les sédimentations atteintes à cette époque par les différentes explorations, notre collègue pense que cet objet ne peut provenir que des couches supérieures I à IIIb (3000 à 1700 av. J.-C.) ; les comparaisons typologiques avec la production des mines de Gavà (Catalogne) permettent de plaider pour une date aux environs de 3000 av. J.-C. Cette morphologie de perle est en tout cas rare dans le corpus de l'ouest de la France, et l'on ne peut vraiment citer qu'un individu très

semblable dans la chambre occidentale du cairn de Kerlagat (Carnac), par le biais d'un réemploi de la chambre funéraire au Campaniforme. On se reportera finalement vers un modèle semblable découvert dans la grotte des Fées de Lunas (Hérault), daté du Néolithique final III (2800-2400 BC) et reproduit dans ce volume par J. Vaquer (voir Vaquer, supra, fig. 8).

1.11 Rhône-Alpes

1.11.1 Tassin (Marclopt, Loire)

En partie orientale de la plaine du Forez et prises dans la première terrasse de la Loire, plusieurs fosses arasées découvertes à Tassin font partie intégrante d'un habitat néolithique difficile à cerner en raison d'une forte érosion des sols (Charvet, 2013 ; Charvet, Marmara, 2014). Une fosse allongée (n° 1016 : 2,90 x 0,90 m), à fond horizontal, retiendra notre attention en raison de la découverte d'une perle en variscite (première détermination en spectroradiométrie par M. Errera) trouvée en fouille dans son comblement, et de deux perles également en variscite extraites par tamisage du sédiment prélevé avec deux plats à parois sub-verticales, contigus, dont l'un est l'exacte réplique du spécimen découvert à Lannec er Gadouer (Erdeven, Morbihan) et l'autre, plus évasé, de l'individu du tumulus du Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan). Un troisième exemplaire de plat en contexte funéraire dans cette région d'Armorique, à Er Grah (Locmariaquer, Morbihan), laisse supposer un plausible contexte sépulcral pour l'assemblage de Tassin où l'acidité des sols a empêché la préservation des ossements (fig. 38). Les trois perles proviennent sans hésitation possible du site andalou de Encinasola (voir Querré, supra).

Cette fosse allongée est placée au centre géométrique d'une enceinte fossoyée, rectangulaire et fermée (n° 1012), d'axe nord-ouest/sud-est, longue de 19,40 m sur 10,40 m de large. Une excroissance de forme oblongue à chacun de ses quatre angles laisse entendre quatre poteaux corniers mais qui seraient en quelque sorte « extérieurs » au plan d'un bâtiment dessiné au sol. Les fouilleurs suggèrent une juste analogie avec les architectures domestiques du Néolithique moyen, à l'image de la maison A de Banville en Calvados à poteaux d'angle décalés (Kerdivel, Hamon, 2010) ; la structure 1012 serait en quelque sorte le résultat d'un transfert architectural de la maisonnée vers le monde funéraire, une équivalence entre maison des vivants et maison des morts assez répandue dans l'histoire des sociétés humaines. Se pose par conséquent la question du dispositif de recouvrement sur la probable sépulture 1016 qui a conservé intact le dépôt céramique fragile ; un tertre sédimentaire semble une solution envisageable. D'autant plus qu'une autre structure fossoyée indatée (n° 1022) a été fouillée à l'angle septentrional de la première, trapézoïdale cette fois (21 m de long, 7m de large en petite base et 9 m en « façade »), aux angles arrondis, dont le plus grand axe présente une orientation différente au nord-est/sud-ouest (fig. 38). Or ce plan – qui peut rencontrer un écho très favorable tout juste au nord de Tassin, à Saint-Laurent-la-Conche, (Moreau, Jud, 2014) – est trop similaire à celui d'un tertre funéraire limité par un fossé comme celui de Lannec er Gadouer en Morbihan (Boujot, Cassen, 2000), dont la tombe axiale contenait justement un plat à paroi sub-verticale, pour que l'ensemble de ces correspondances structurales ne soit que le simple reflet du hasard.

Sans datations par le radiocarbone disponibles sur les deux structures 1012 et 1022, un tableau chronologique peut être néanmoins proposé en raisonnant sur ces plats qui présentent une morphologie céramique singulière et peu fréquente dans le Néolithique moyen (voir la discussion typologique et une cartographie dans François, 2007). Régionalement, cette forme a été recensée dans un chasséen ancien au Pirou, 70 km au sud-ouest et là aussi en bordure de Loire (Polignac, Haute- Loire) ; deux résultats C14 concordants positionnent la série céramique entre 4400 et 4100 (Houdré, Vital, 1979). 80 km à l'est, la grotte du Gardon à Ambérieu-en-Bugey (Ain) ne permet pas de mieux préciser car l'exemplaire de plat recueilli est issu des couches 52 à 48 globalement datées entre 4700 et 4250 (Nicod, 2009). Mais nous nous situons toujours dans le Ve millénaire, alors qu'il est plutôt d'usage de comparer ces plats

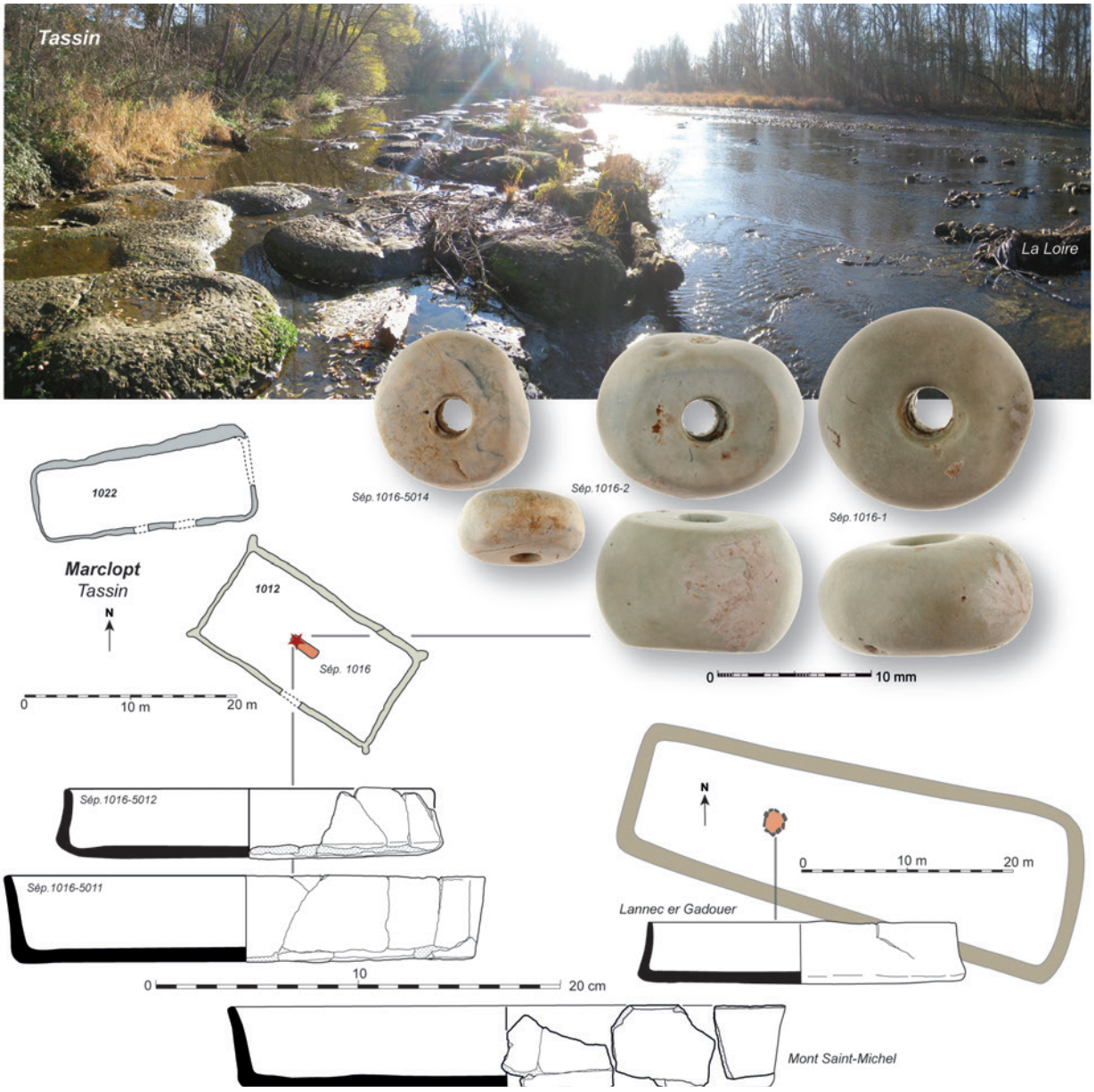


Fig. 38 : Tassin (Marclopt, Loire). La Loire en rive droite au long du site de Tassin. Plan des structures voisines 1022 et 1012 ; la fosse 1016 au centre de 1012 contenant les deux plats et les trois perles en variscite. Plat à paroi subverticale de la ciste du Mont Saint-Michel (Carnac, Morbihan) et plan du fossé de ceinture du tertre de Lannec er Gadouer (Erdeven, Morbihan) avec son plat pour comparaisons (d'après Charvet, Marmara (dir.), 2014 ; Boujot, Cassen, 2000 ; Cassen *et al*., 2008 ; photos J.-G. Aubert/Arc'Antique Nantes et S. Cassen ; DAO réal. S. Cassen).

aux « couvercles » décorés d'Italie du nord, généralement datés du IVe millénaire (Lagozza). Une autre découverte récente confirme cet ancrage dans le Ve millénaire, avec l'ensemble clos Chasséen ancien de la sépulture 3036 sur le site du Barreau de la Devèze-Sud à Béziers (Hérault ; Vergély *et al*., 2012) : un plat est ici associé à une coupe-à-socle et un micro-vase. La datation C14 sur ossement humain (Erl-15185 : 5525±42 BP/ 4455-4327) permet de rapporter cet ensemble au même horizon chronologique que la tombe Castellic de Lannec er Gadouer, elle-même un peu plus récente que le caveau du Mont Saint-Michel, toujours en Morbihan. Soulignons d'ailleurs combien la coupe-à-socle non décorée si peu commune du Barreau, avec son fût ajouré et sa base annulaire, est semblable à un exemplaire (VI22-7) sorti du sol enterré Castellic sous la Table des Marchands à Locmariaquer (Cassen, François, 2009a et b).

1.11.2 Cormail (Espaly-Saint-Marcel, Haute-Loire)

Une perle en variscite proviendrait de l'habitat Chasséen de Cormail, en vallée de la Borne juste en amont de sa confluence avec La Loire, et à quelques centaines de mètres du site précédent du Pirou (voir Vaquer *infra*, d'après la base de données de M. Edo). Le site assez bouleversé est inventorié depuis le XIXe siècle, peu éloigné de l'autre installation chasséenne mieux connue des Rivaux sur l'autre rive de la Borne, mais les premières fouilles modernes devront attendre les années 1980, sous la direction de J.-J. Houdré puis celle de J.-P. Daugas, pour établir un meilleur diagnostic (Mazière, 1984,1986 ; Daugas *et al*., 1984). Aucune perle en roche verte n'est cependant mentionnée dans les études de mobilier qui suivront (Bazzanella, 1994 ; François, 2007).

1.11.3 Replat (Aime, Savoie)

Cette nécropole de cistes, orientées est-ouest, est située à 650 m d'altitude, installée sur une plate-forme dominant l'Isère d'une vingtaine de mètres. Ce « replat » est constitué par des sédiments glaciaires subsistant contre le versant sud de la vallée. Une trentaine de cistes fut dénombrée et les fouilles menées en 1985 et 1986 ont permis de bien documenter six sépultures individuelles et multiples (Gely *et al*., 1991).
La sépulture 5 retint tout d'abord notre attention en raison d'une parure en « roche verte » dont une photographie publiée par la suite (Rey, 2009) nous laissait soupçonner qu'elle puisse être polie sur variscite ou turquoise. Dans une ciste en dalles planes à plan légèrement trapézoïdal, les restes de quatre individus ont été inventoriés dont l'un d'entre eux n'est représenté que par une portion de crâne retrouvée sur le bassin du personnage central ; il s'agirait d'un premier cadavre décomposé, dont les restes auraient été ensuite extraits de la tombe. Des débris du couvercle retrouvés sous les trois corps attestent bien d'une première phase d'altération de la structure en pierre. Un adulte âgé de 40 ans au plus, une jeune femme déposée directement sur ce cadavre, enfin un adolescent âgé de 15 ans environ, sont inhumés simultanément (Gely *et al*., 1991, p. 44). 35 perles en possible lignite et les deux pendeloques en variscite et turquoise (cf. Querré, supra), ainsi qu'un nodule brut de colorant marron-clair sont associés au thorax des deux adultes (fig. 39). Une diaphyse d'*ulna* d'ours était placée à l'ouest. Le mobilier des autres tombes est peu disert, seule la sépulture 2 contenait 19 perles noires en lignite récoltées auprès du cou du cadavre.

Notons que si la morphologie et la perforation décentrée plaident en faveur de deux très petites pendeloques, une reprise par sciage d'une plus grosse perle ou d'une première pendeloque pourrait expliquer leur forme dissymétrique et la minceur inhabituelle de la paroi au niveau de la perforation. L'origine de la turquoise n'est bien entendu pas détectable par les analyses actuelles non invasives (la mesure des isotopes stables de l'hydrogène et de cuivre apparaît cependant comme une méthode prometteuse dans le sud-ouest des États-Unis – Hull *et al*., 2007, 2014), mais la variscite de Replat ne l'a pas été de façon déterminante par le modèle chimiomérique, bien que la source Encinasola apparaisse comme la plus probable étant donné le fort taux d'arsenic (voir Querré, supra).
Une mesure par C14 a, dans un premier temps, fourni une date plutôt récente, sur ossement humain extrait de la sépulture 1, mais affectée d'une large incertitude (4700±120 BP). Une reprise de l'enquête chronologique a modifié ce résultat avec une série de six datations sur os, très cohérente, allant de 5620±60 BP (sépulture 3) à 5480±50 BP (sépulture 6), l'ensemble des analyses par le radiocarbone couvrant l'intervalle 4600-4200. La sépulture 5 va d'ailleurs bénéficier de deux datations (5620±60 et 5560±60 BP) couvrant l'espace 4500-4300 (Gely, 2005).
En conclusion, le contexte très fiable de la sépulture multiple n° 5 atteste la présence de la variscite juste après 4500, dans une région directement placée au débouché des lames polies alpines en provenance du Mont Viso. Les auteurs de la fouille soulignent d'ailleurs la relation évidente avec la Vallée d'Aoste par le

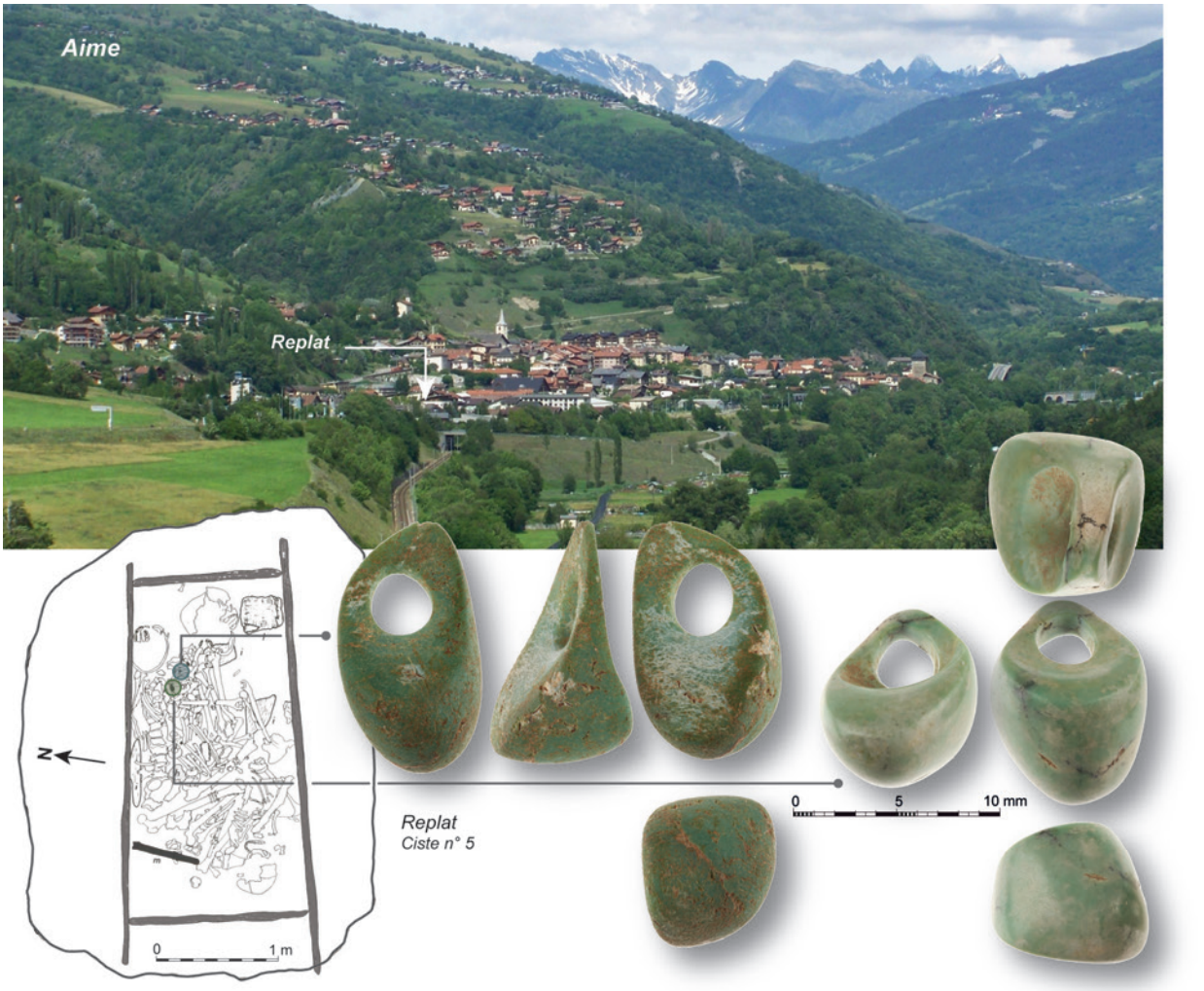


Fig. 39 : Replat (Aime, Savoie). Vue sur la vallée de l'Isère (Tarentaise) avec à l'horizon le passage vers l'Italie (Val d'Aoste) par le Petit Saint-Bernard. Ciste n° 5 et localisation des deux pendeloques en variscite sur le thorax de deux adultes (d'après Gely *et al.*, 1991 ; photos F. Pépellin et J.-G. Aubert/Arc'Antique, DAO réal. S. Cassen).

Col du Petit-Saint-Bernard (2188 m), qu'illustrent ici d'autres nécropoles de cistes similaires (Gely *et al*., 1991, p. 46). La présence de la pendeloque en soi, de taille réduite mais bien spécifique, est un argument supplémentaire pour positionner cette découverte à un étage chronologique comparable à celui des caveaux carnacéens. S'il était confirmé par d'autres analyses que cette roche provient bien d'Andalousie, à l'image des perles de Marclopt situées à la même latitude, et faute de points intermédiaires attestés dans le sud de la France, nous ne saurions expliquer cette présence aussi orientale autrement que par un passage par les côtes de l'ouest de la France, avant un transfert par les bassins ligérien puis rhodanien, en suivant ces grandes voies naturelles de communication qu'empruntent les signes et les objets (Cassen, 2014).

2. Mise en ordre selon la chronologie et les attributions culturelles

Au terme de cet inventaire critique des objets en *callaïs* distribués dans la France du nord, et après avoir révisé les contextes archéologiques afférents, 66 sites ont pu être recensés ; un site supplémentaire dans l'Oise (Courcelles-Epayelles) est en attente d'une meilleure qualification. Des inventaires antérieurs nous rejetons neuf références, en raison d'une erreur d'attribution (Kergrim, Couronne Blanche), d'un

diagnostic erroné sur le matériau (Treguennec, Lost er Lenn, Butte à Luzerne A) et d'une mauvaise interprétation du compte-rendu original (Coëtcas, Mané Roullarde, Er Mar, Sept Saints).
Déduire un ordre historique à partir de ces contextes disparates, explorés à des périodes fort différentes, n'est pas une tâche facile. Pour ne pas avoir à choisir entre plusieurs scénarios incertains, et multiplier les combinaisons possibles entre éléments de parure et traditions céramiques ou architectures funéraires, une exigence de traitement nous a conduit à privilégier les contextes clos, ou encore, dans des espaces plus ouverts, les rapports de contiguïté attestés entre l'objet en callaïs et le mobilier datant. En fin de compte, 29 milieux correctement contextualisés ont été retenus. Ils renvoient à quatre grandes étapes chronologiques (fig. 40).

Commune	Site	Pend.	Perles disc.	Perles tub.	Contexte	Culture/ C14	
Plichancourt	Les Monts 12	1			Tombe en fosse	Rubané récent (5200, 4900)	5200-4900
Colombelles	Le Lazzaro (st.297)	1			Tombe en fosse	Rubané récent	
Arzon	Tumiac	12	240		Tombe en ciste	NMI (4800, 4300)	4700-4300
Carnac	Saint-Michel (central)	11	128		Tombe en ciste et déposition	Castellic ancien (4600, 4300)	
Locmariaquer	Mané er Hroëck	10	41 (+10?)		Tombe en ciste et déposition	NMI	
Locmariaquer	Er Grah 1-2	2	15		Tombe en ciste et déposition	Castellic ancien (4700-4300)	
Plouharnel	Tenat Bras	1			Tombe en ciste (sous tertre)	Castellic ancien	
Aime	Le Replat 5	1			Tombe en ciste	NMI (4500, 4300)	
Grand-Auverné	Roche Mort		1		Tombe en ciste	NMI	
Saint-Nazaire	Dissignac		1		Sol enterré (et déposition ?)	Castellic ancien (4700, 4400)	
Marclopt	Tassin, sép.1016		3		Tombe en fosse (sous tertre ?)	Chasséen ancien ?	
Carnac	Le Moustoir Ouest		1		Tombe à couloir court	Castellic récent	4300-3800
Pornic	La Joselière		3		Tombe à couloir	NMII	
Bougon	Bougon E1		1		Tombe à couloir	NMII	
Luxé	Folatière III		1		Tombe à couloir	NMII (coupe-à-socle)	
Chenon	Chenon A1, fosse W		1		Tombe à couloir	NMII (coupe-à-socle)	
Val-de-Reuil	Butte Saint-Cyr		1		Allée sépulcrale	NR/ Campaniforme (3500, 2500)	3300-2900 / 2500-2100
Porte-Joie	Sépulture 1		6		Allée sépulcrale	NR/ Campaniforme (3300, 2900)	
Vauréal	Cimetière des Anglais		1		Allée sépulcrale	NR	
Oyes	Butte du Moulin		1		Allée sépulcrale	NR	
Villevenard	Les Ronces		1		Tombe hypogée	NR	
Courjeonnet	Les Vignes Jaunes		1		Tombe hypogée	NR	
Clairvaux-les-Lacs	La Motte aux Magnins		1		Habitat	NR/F (3000)	
Crac'h	Luffang		7	3	Allée sépulcrale coudée	Kerugou/ Campaniforme	
Carnac	Kercado		5	2	Tombe à couloir	Campaniforme	
Locmariaquer	Mané Lud		25		Tombe à couloir	Campaniforme	
Arzon	Grah Niol		8		Tombe à couloir	Campaniforme	
Pornic	Trois Squelettes 6		1		Tombe à couloir	Campaniforme	
Saint-Laurent-Médoc	Les Sables		2		Tombe à couloir ?	Campaniforme	

Fig. 40 : En vue de la discussion conclusive, tableau de sélection des 29 contextes les plus fiables parmi 66 sites. La matrice est ordonnée selon la chronologie radiocarbone et céramique, et suivant la présence/ absence des pendeloques et les grands types de perles.

2.1 L'étape 1 (5200-4900 av. J.-C.)

Les deux références – des pendeloques issues des sources andalouses de Pico Centeno – sont des sépultures individuelles en fosse, creusées au sein d'habitats du Rubané récent du Bassin parisien. Le large intervalle géographique entre Plichancourt, dans la Marne, et Colombelles, en Calvados, est toutefois en exacte correspondance avec la répartition des vestiges relatifs à ce Néolithique ancien ; un espace qui pourrait un jour être comblé par le point noté à Courcelles-Epayelles dans l'Oise (fig. 41).

La relative contemporanéité avec l'Épicardial du bassin de l'Ebre, connu pour ses pendeloques en variscite (Alday, 1995), laisse entendre une probable et rapide transmission à la fin du VIe millénaire. Le lieu de la transition est incertain, faute de repères intermédiaires (on note cependant la présence de témoignages de l'Épicardial sur le site de Marclopt et du Villeneuve-Saint-Germain (importé) sur celui de la Table des Marchands – Moreau, 2014 ; Cassen, François, 2009), mais la prise en compte des contextes de l'étape chronologique n° 2 va permettre d'éclairer cette solution de continuité.

2.2 L'étape 2 (4700-4200 av. J.-C.)

Quatre séries de témoignages, associant des éléments en variscite et turquoise, peuvent être brièvement rappelées et commentées :
– tout d'abord les cistes funéraires, ensembles suffisamment clos, au surplus quand elles sont protégées sous une tumulation (les tombes de la région de Carnac, par excellence – fig. 42 ; les cistes dites « de Chamblandes », à l'image de la nécropole de Aime ; ou encore les mêmes structures regroupées et ordonnées en ligne, comme à Roche Mort, entre Loire et Morbihan) ;
– ensuite les dépositions, pour lesquelles nous ne retenons que celles en rapport direct avec le tombeau qu'elles encadrent (Mont Saint-Michel, Mané er Hroëck, Er Grah) ;
– puis le sol enterré de Dissignac, qui ne contient qu'une seule tradition céramique (Castellic ancien) et des datations sur semences carbonisées, en écartant un sol enterré plus hétérogène comme celui développé sous la Table des Marchands où trois traditions céramiques sont imbriquées ;
– enfin, la probable tombe en fosse de Marclopt dont les deux plats à paroi sub-verticale, formés à l'image des céramiques morbihannaises dans les ensembles funéraires du Mont Saint-Michel, Er Grah et Lannec er Gadouer, laissent entendre une relation privilégiée avec le littoral armoricain par le cours de la Loire.

Cet intervalle historique est parfois désigné par Néolithique moyen I. Notons un hiatus de 2 à 3 siècles avec l'étape Rubané précédemment identifiée, puisque dans l'état actuel des connaissances, le Villeneuve-Saint-Germain/ Blicquy n'est pas (encore) concerné par la réception des objets en variscite.

2.3 L'étape 3 (4300-3800 av. J.-C.)

C'est le plein développement des tombes à couloir, de la Normandie au Poitou-Charentes. Mais parmi le grand nombre des sites potentiellement favorables, seuls quatre contextes ont été retenus, couvrant la partie méridionale de la grande région concernée (fig. 41) :
– la tombe occidentale du Moustoir, attribuée au Castellic récent (à coupes-à-socle), dont le plan s'inscrit entre la ciste quadrangulaire allongée et la tombe à couloir à entrée désaxée ; son accès vite effacé a empêché de nouvelles réouvertures de la chambre, permettant d'assurer la date relative de la grosse perle en variscite ;
– la tombe à couloir de Bougon E1, rapidement effondrée et qui n'a pu offrir l'accès à des dépôts plus récents ; le mobilier est peu disert, il permet seulement de valider la présence d'une perle en variscite à la transition entre le Ve et le IVe millénaire ;
– les tombes à couloir de la Folatière et de Chenon A1 présentent deux circonstances favorables, une

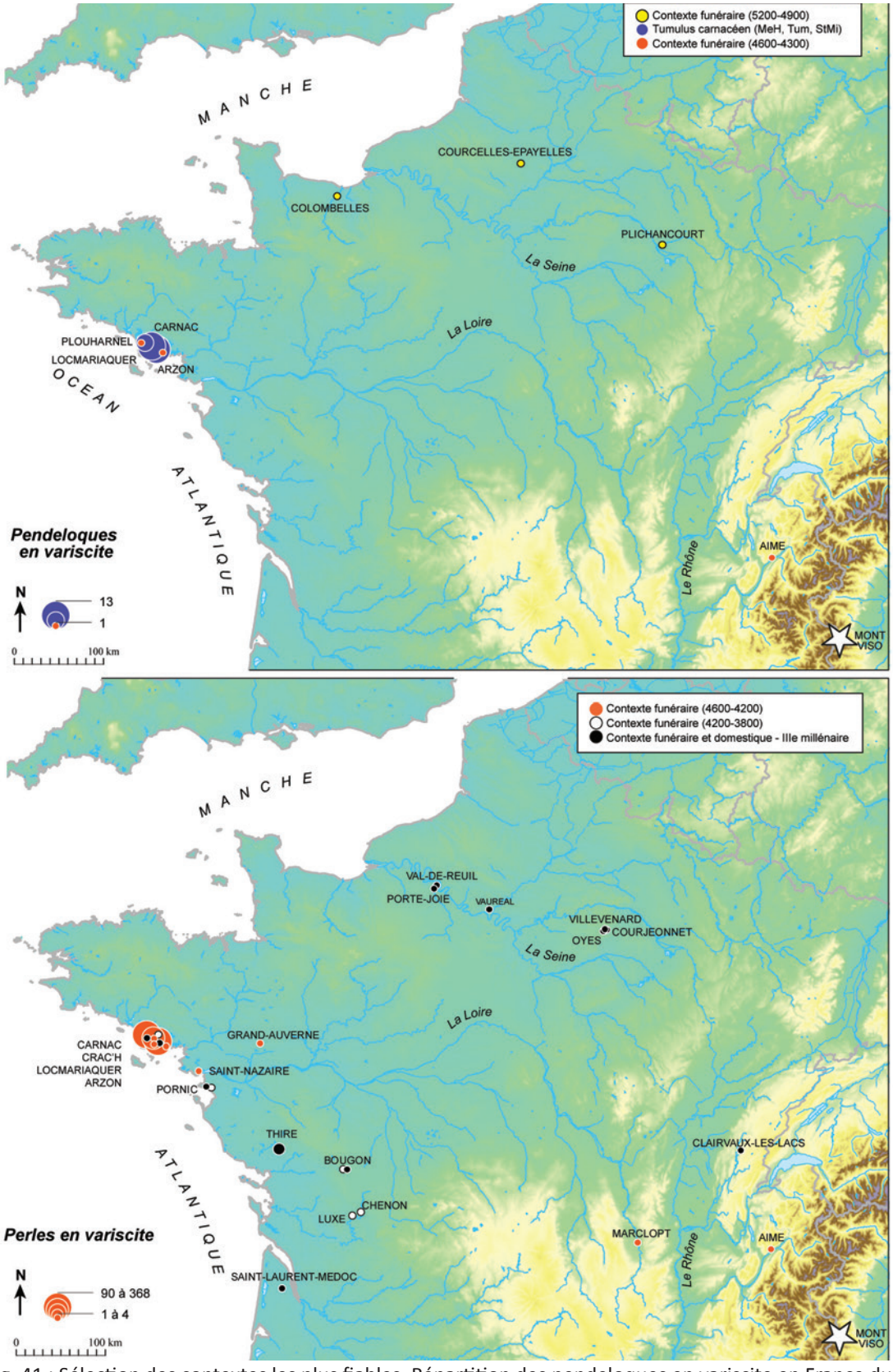


Fig. 41 : Sélection des contextes les plus fiables. Répartition des pendeloques en variscite en France du nord au Néolithique ancien et moyen ; répartition des perles en variscite au Néolithique moyen, récent et au Campaniforme (DAO réal. F. Prodéo et S. Cassen).

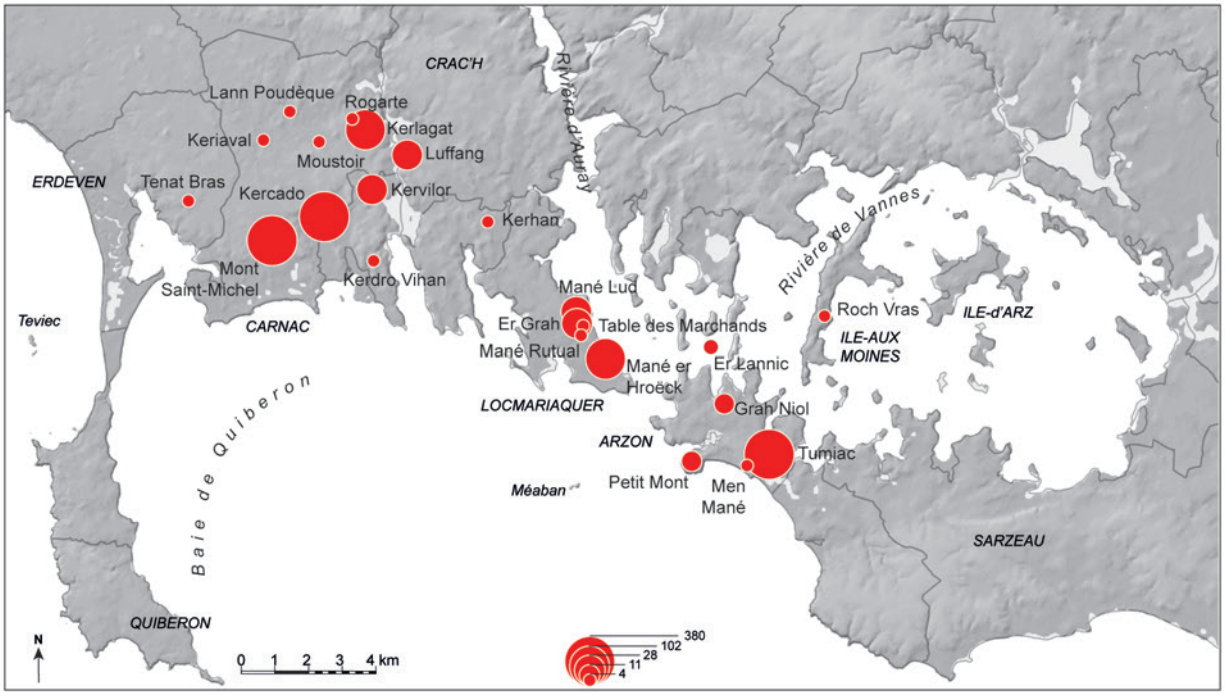


Fig. 42 : Répartition des tombes au sud du Morbihan contenant des objets en callaïs, toutes périodes confondues, entre Erdeven et Sarzeau (fonds topographique GeoBretagne, DAO réal. S. Cassen).

dalle tombée sur une coupe-à-socle au contact d'une perle en variscite dans la première chambre, une fosse scellée par un dallage dans la seconde chambre et contenant aussi une coupe-à-socle et une perle en variscite.

2.4 L'étape 4 (3300-2100 av. J.-C.)

Le large intervalle temporel s'explique, cette fois, par une alternative entre des attributions plausibles au Néolithique récent/final (3300-2900) et d'autres plus certaines au Campaniforme (2500-2100). Et plusieurs types architecturaux seront encore mobilisés (fig. 41).
Des tombes à couloir sur le littoral sud-armoricain, tout d'abord, illustrent des réemplois de l'espace sépulcral :
– à Kercado, une petite fosse creusée au centre de la chambre associe un récipient du Campaniforme et sept perles en variscite ;
– au Mané Lud, des dépôts d'objets précieux du Campaniforme sont curieusement localisés sous la dalle de plancher de la chambre, introduits à droite et à gauche le long des parois : 25 perles en variscite sont associées à la céramique et aux bandeaux en or ;
– au Grah Niol, l'association est moins nette selon la relation de terrain, mais huit perles en variscite sont au moins trouvées au contact de trois tubes en or, dans une sépulture connue pour avoir livré des céramiques campaniformes ;
– ce sont encore des feuilles d'or roulées qui sont découvertes au contact d'une perle en variscite, et aux côtés d'une céramique campaniforme dans la tombe à couloir n°6 du cairn des Trois Squelettes.

Des chambres funéraires, avec ou sans vestibule attesté, rassemblent une seconde catégorie architecturale, d'une date plus récente, essentielle au sens où la vision des dépôts (fouilles anciennes en règle générale) n'est plus brouillée par cette longue durée des « visites » au sein des tombes à couloir :
– au Luffang en Morbihan, Kerugou et Campaniforme se partagent les mobiliers ;
– les allées sépulcrales de Val-de-Reuil et Porte-Joie en Normandie désignent également la fin du IVe millénaire ou le milieu du IIIe ;

– les tombes hypogées de la Marne, enfin, rassemblent les derniers objets en variscite, et cette fois sans confusion possible avec le Campaniforme.

En contexte d'habitat, une seule mention est à porter au crédit du village jurassien de la Motte aux Magnins, daté du IIIe millénaire mais qui, avec la forme aplatie de la perle allongée, traduit un autre espace de circulation par la Méditerranée et une autre technique de réalisation avec alène en cuivre.

3. Mise en ordre selon la morphologie

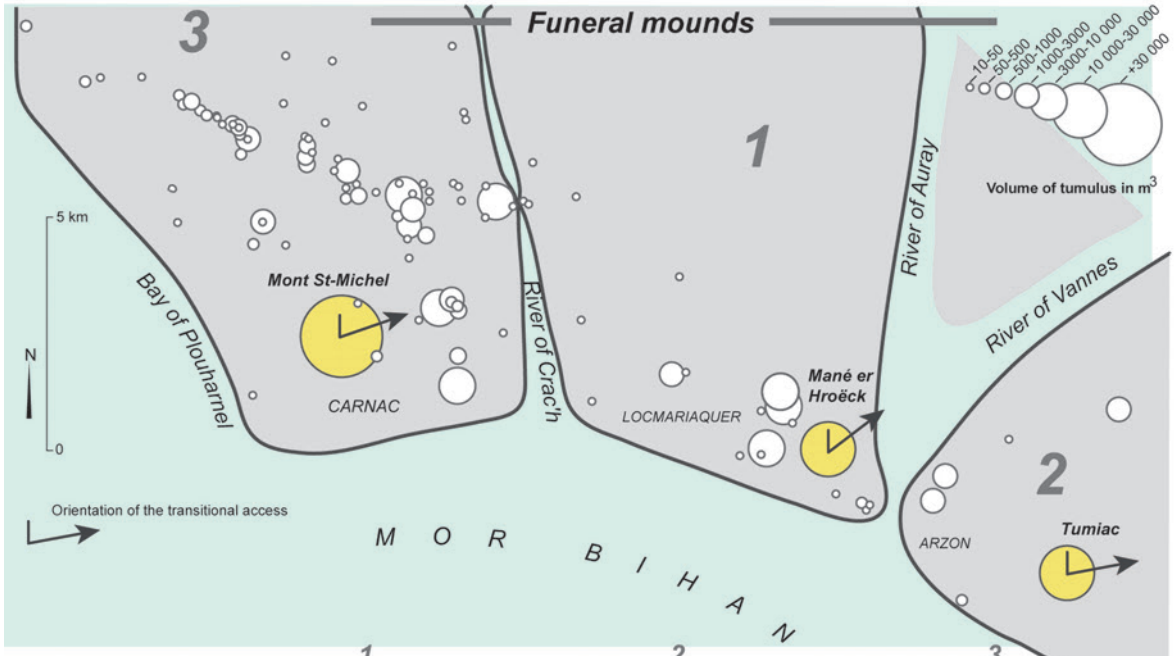
Depuis le travail mené par F. Herbaut sur la France de l'Ouest, au début des années 2000, bien peu s'est ajouté au chapitre des traces techniques observables en surface des pièces en variscite et turquoise, ou à travers les stigmates de la perforation. L'excellente qualité des clichés photographiques réunis pour le colloque de Carnac permettra, à n'en pas douter, de reprendre ces analyses au moyen d'une documentation renouvelée (voir planches Annexe 1, infra).
Un premier regard porté sur la morphologie de ces éléments de parure fut bien sûr l'occasion d'établir une distinction entre les pendeloques à perforation bipolaire, dans les tombes individuelles les mieux dotées et les plus anciennes, et les perles sphériques et discoïdes des tombes à couloir et des contextes funéraires plus récents. Il est à cet égard aisé de rapprocher les pendentifs carnacéens, souvent surdimensionnés, de leurs plausibles modèles d'inspiration, également en variscite, inventoriés dans l'Épicardial de la péninsule Ibérique (Cassen, Pétrequin, 1999 ; Herbaut, Querré, 2004 ; Cassen *et al*., 2011 ; Baldellou *et al.*, 2012).
L'autre grande césure s'établit entre les rondelles ou perles discoïdes et les perles cylindriques ou tubulaires (« tuyau de pipe » des auteurs du début du XXe siècle), voire sphéroïdes sur grand axe (« olive »). On voit que ces dernières sont présentes dans des tombes à couloir où, on le sait, les associations sont incertaines en raison d'explorations anciennes (Kerlagat, Kervilor, Tuchenn Pol – exception faite de la petite fosse campaniforme dans la chambre de Kercado). Plus intéressantes sont les identifications faites dans des monuments aux plans en allée sépulcrale, typiques de la seconde moitié et de la fin du IVe millénaire, comme Le Luffang, toujours en Morbihan, garantissant l'apparition plus tardive de cette nouvelle forme. Une forme qui n'est pas si répandue, même en péninsule Ibérique où elle est ponctuellement présente, plutôt d'ailleurs au Portugal et en Andalousie occidentale qu'en Catalogne (Noain Maura, 1996 ; Ramos Muñoz *et al*., 1997 ; Carvalho, cf. *infra*).
Les recherches futures devront par conséquent porter une attention particulière à la vaste famille des perles sphéroïdes et discoïdes, famille jusqu'ici quelque peu indifférenciée, placée entre ces extrêmes que sont pendeloques et perles cylindriques.

Discussion et conclusions

869 objets en variscite et turquoise ont pu être dénombrés, après contrôles croisés des informations les plus fiables, quand les spécimens eux-mêmes n'ont pu être examinés par l'un d'entre nous. Le total extrait de la littérature archéologique devrait vraisemblablement tendre vers les 900 perles et pendeloques (une quarantaine de perles provenant du Morbihan – probablement le secteur géographique littoral, mais hélas sans localisation précise exceptées quatre perles provenant de Locmariaquer – est encore conservée au MAN).
Un contraste net peut d'ores et déjà être constaté entre la parure en variscite, largement majoritaire, et celle en turquoise qui ne concerne que de rares ensembles (un individu à Beg er Hâvre, au Mané Lud et à Replat, deux au Mont Saint-Michel, cinq à Tuchenn Pol).
62 sites contenant ces éléments de parure sont répartis dans la France du nord, mais 48% de ces emplacements sont localisés en Morbihan, une proportion impressionnante qui d'emblée doit être soulignée. En réalité, la concentration est encore plus éloquente puisque la quasi-totalité de ces

références, le plus souvent marquées en contexte funéraire, est contenue dans une mince bande littorale de moins de 5 km de large sur 50 km de développement, en ligne droite entre Ploemeur et la presqu'île de Rhuys. Autrement dit, moins de 4% du territoire morbihannais est concerné par cette distribution.
Le nombre d'objets place certainement à part les trois tumulus géants de Tumiac, Mané er Hroëck et Mont Saint-Michel, c'est-à-dire trois cistes sous tumulation volumineuse qui, chacune sur un territoire bien délimité – presqu'île de Rhuys pour la première, presqu'île de Locmariaquer pour la seconde, plateau carnacois pour la troisième – rassemblent près de 50% du corpus de la France septentrionale. Mais on note toutefois que cinq tombes à couloir de ce secteur géographique (Kercado, Kerlagat 2, Mané Lud, Kervilor 2, Tuchenn Pol) réunissent 34% du nombre total des objets et semblent ainsi entrer en concurrence avec les cistes sous tertres. En fait, au moins deux de ces contextes (Kercado, Mané Lud) démontrent clairement une appartenance des lots au Campaniforme, ici en position de réutilisation d'un espace sépulcral édifié plusieurs siècles avant ces nouveaux dépôts (à l'évidence dans un lieu de traditions orales encore chargé de ce pouvoir d'évocation et d'attraction accompagnant héros, mythes et légendes). Quant aux trois autres tombes à couloir mentionnées, nous l'avons vu, il est fort difficile d'attribuer la parure en variscite au Néolithique moyen plutôt qu'au IIIe millénaire.
La question discriminante est cependant vite réglée dès lors que l'analyste mobilise la masse des matériaux au lieu du nombre d'individus (fig. 43). Entre une perle de Kercado pesant 0,15 g – bien représentative de ce calibre commun parmi les perles discoïdes de 4 à 7 mm de diamètre –, et une seule pendeloque du Mané er Hroëck (IM0759) dépassant les 110 g (la plus petite perle dans cette tombe – IM0764.01 – ne pèse que 0,07 g), on imagine aisément le formidable potentiel de plusieurs centaines de perles contenu dans ce dernier bloc de matière. Ici s'établissait une séparation infranchissable entre les destinataires.

Le nombre des objets d'une même catégorie ne doit donc pas faire illusion et ne change rien quant à la quantité rassemblée, puisque les trois grands caveaux les mieux dotés de Mané er Hroëck, Tumiac et Mont Saint-Michel contenaient respectivement 10, 11 et 11 pendeloques, alors que les masses sont au contraire nettement régressives et déséquilibrées avec, dans le même ordre, 476,5 g, 139 g et 96 g. En comparant plusieurs caractéristiques distinctives dans ces trois contextes (volume du tumulus, surface au plancher de la tombe, origine géographique des éléments d'architecture, nombre et variété des types de lames polies en jade et sillimanite, nombre de signes gravés), l'image se précise et la différence s'établit, où le Mané er Hroëck demeure le plus extraordinaire de tous, sans même aborder l'esthétique unique de certaines de ses pièces maitresses (bracelet en jade, lame de hache à arête médiane). À cet égard, le tableau synoptique que nous avions proposé (fig. 43 ; Cassen *et al*., 2011) est aujourd'hui modifié par rapport à cette première publication, mais ne fait seulement qu'accentuer les proportions calculées, sans rien changer au modèle obtenu. Ont notamment été ajoutées les deux nouvelles pendeloques du Mont Saint-Michel retrouvées au MAN et fut intégré le poids de la pendeloque conservée au British Museum (collection Lukis).
La taille des objets devient par conséquent un motif d'interprétation, puisqu'entre une perle du lot commun, mesurée à 4 mm de diamètre, et une encombrante pendeloque du Mané er Hroëck de 76 mm de longueur (IM0759), s'immisce la question portant sur la plausible alternative entre objets portés et pièces d'accompagnement. Un peu à l'image des lames polies en jade alpin dont le talon perforé ne détermine pas une fonction de pendentif au cou du possesseur. Une exposition temporaire en un lieu public peut être la raison de ces suspensions aménagées, sans qu'il soit nécessairement fait appel à un portage sur vêtement ou sur le corps. La mise en scène de ces pièces accumulées, parfois uniques dans l'espace de la tombe, disposées autour du défunt aussi bien que sur un dallage séparateur posé au-dessus du corps, traduit le statut bien à part de ces objets-signes qui n'ont pas (plus) la parure corporelle pour fonction.
La taille des plus grosses pendeloques pourrait d'ailleurs être un motif de recherche sur le terrain, notamment à la source andalouse du Pico Centeno. Les filons pouvant produire un tel volume avant polissage sont rares sinon inexistants, autant qu'il est possible de l'observer aujourd'hui dans les coupes



	1 Mané er Hroëck	2 Tumiac	3 Saint-Michel
Human individuals	—	1	1 (burnt)
Mound and cist materials	Local rubble granite granite slabs from the sea shore allochthonous orthogneiss slabs and marine sediments	Local rubble micaschiste allochthonous quartz slab and marine sediments	Local rubble granite and marine sediments
Mound volume	14 600 m³	15 900 m³	34 900 m³
Signs engraved	**20 signs** on stelae broken in the transitional access	**6 signs** on two orthostates	—
Tomb Area	12 m²	9,3 m²	4,8 m²
Tomb Position	Partly excavated in the substrate	Above the substrate	Partly excavated in the substrate
Typology of jade axeheads	Bégude, Bernon, Puymirol, Tumiac, St-Michel, Altenstadt	Bégude, Bernon, Tumiac, St-Michel	Bernon, Tumiac, St-Michel
Alpine rocks	13	18	13
Fibrolite	105	15	26
Variscite (all)	53	249	128
Pendants (weight)	**10** (476,5 g)	**11** (138,87 g)	**11** (96,21 g)
Tomb Datation	—	6135 BP - charcoal 5584 BP- charcoal 5960 BP- charcoal 5537 BP- charcoal	5720 BP - charcoal 5665 BP - charcoal 5613 BP - charcoal 5780 BP - human bone

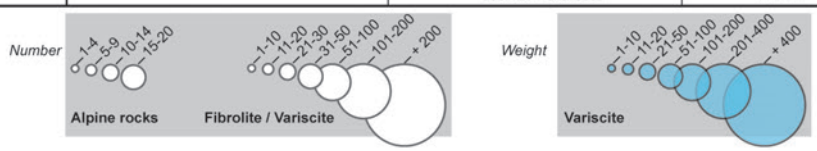


Fig. 43 : Tableau synoptique rassemblant différents niveaux d'informations sur les tombeaux les plus importants entre Ria d'Etel et presqu'île de Rhuys (d'après Cassen *et al.*, 2011, actualisé).

et affleurements accessibles. Mais la rareté même de l'objet pendeloque est encore plus manifeste dans les habitats et les sépultures espagnols ou portugais autour des Picos de Aroche.
Rien n'indique, à ce propos et dans l'état actuel des connaissances, que les lieux d'habitation contemporains aient conservé de tels objets en France du Nord. Il ne s'agit pas de la seule Bretagne, réputée pour ne guère conserver les bâtiments domestiques du Néolithique moyen, puisque l'ensemble du territoire français est concerné par cette relative absence. Retenons seulement que les tombes ne sont pas les destinations exclusives, puisque des dépositions, rares au demeurant, sont notées au contact des ouvrages symboliques que sont la stèle en grès de la Table des Marchands et l'enceinte de pierres dressées sur l'îlot d'Er Lannic.
Enfin, l'ancienneté du phénomène des transferts de variscite et turquoise sera probablement un thème de discussion dans les années à venir. Cette précocité n'est pas en soi surprenante si l'on met en parallèle la production des lames polies et des anneaux en roches alpines, assurée dès la fin du sixième millénaire (Pétrequin *et al*., 2012, 2015a et b), au moment justement où le minéral variscite est identifié et poli en Catalogne par les populations du Cardial et de l'Épicardial, sous forme de pendeloques à Chaves, Costamar, Sant Pau del Camp et Olvevra (Baldellou *et al*., 2012 ; Molist *et al*., ce volume). Ce qui a surpris, bien entendu, c'est l'origine « atlantique » des pierres (ouest ibérique et andalouse), alors que la source la plus rapprochée en Catalogne, et la plus « logique » du point de vue d'un acheminement par voie terrestre, était totalement délaissée, même par les sociétés contemporaines du Rubané du Bassin parisien. Tout aussi surprenantes sont les sépultures du Néolithique ancien au sud de la péninsule Ibérique qui ne contiennent pas (encore ?) de perles et pendeloques en variscite. La source de Pico Centeno en Andalousie est pourtant bien en exploitation dès 5200 av. J.-C. (Odriozola *et al*., 2016).
Ce sera un des objectifs des recherches futures que d'envisager les modalités de circulation des matériaux précieux depuis ces régions lointaines, vers le littoral sud-armoricain. Mais on se doute déjà, au vu des observations portant sur les traces d'usure des objets morbihannais (Le Rouzic, 1908 ; Herbaut, Querré, 2004), que le voyage fut long et les possesseurs bien différents, tellement certains assemblages sont aujourd'hui disparates et traduisent d'évidentes biographies croisées. Ce sera aussi l'enjeu des études techniques sur ces parures que d'assurer l'histoire des réalisations et des reprises. Les deux petites pendeloques de la ciste de Aime, en Savoie, traduisent bien cette image de l'objet rare et convoité, divisé et repoli jusqu'à l'extrême limite, avant la brisure.
La parure en variscite et turquoise a beaucoup voyagé, mais pour bien peu de bénéficiaires. Trois personnages royaux (au sens d'une royauté fondée sur des concepts religieux correspondant au type d'affichage social exprimé dans les tombes carnacéennes – Cassen *et al*., 2012 ; Pétrequin *et al*., 2012b) en ont capté l'essentiel vers le milieu du Ve millénaire, non pas seulement pour se pré-parer, s'apprêter, s'arranger ainsi que l'indique le mot ancêtre *parare*, mais pour éviter quelque chose en le détournant, en y opposant autre chose, ainsi contenu dans « parer ». Parer c'est prévoir ce qui va arriver et s'en protéger, s'en garantir. Les puissants accumulent une parure abondante à l'instant du passage vers l'au-delà, mais aussi les petits enfants, parfois tant couverts, de leur vivant, des colliers et bracelets propres à écarter les mauvais esprits (« Tu me demandes ce que je pense de la vertu des amulettes, et de la puissance des talismans […] Je crois que, s'ils n'ont pas plus de vertu que les bagues et les autres ornements dont on se pare, ils n'en ont pas moins. » – Montesquieu 1721, *Lettres Persanes,* lettre CXLIII).
Le corps ne se pare que pour se parer des autres (Maertens, 1978). Nous concevons, bien entendu, comment orner et embellir le corps et le vêtement au moyen de la lumière prisonnière dans le poli des pierres et leur brillant bleu-vert, comment reproduire dans la roche les emblèmes de la chasse valorisante aux animaux étonnants. Mais l'observateur attentif sait qu'il lui faut dépasser dans le même temps la vision spontanée des objets en termes de besoins, l'hypothèse de la priorité de leur valeur d'usage. Cette hypothèse, rappelons-le, assigne aux objets un statut fonctionnel, celui d'ustensile lié à des opérations techniques sur le monde (les haches polies), ou encore d'ornement du corps (les perles et pendeloques polies). Mais, loin que le statut primaire de l'objet soit un statut pragmatique que viendrait surdéterminer par la suite une valeur sociale de signe, c'est la valeur d'échange signe qui est fondamentale – la valeur

d'usage n'en étant souvent que la caution pratique (Baudrillard, 1972). L'important est de lire, au-delà de l'évidence pratique des objets, l'obligation sociale, l'échange symbolique. Un échange généralisé si ancien et si caractéristique des sociétés humaines, mais qui pourtant parfois se brise, comme au creux des grands tombeaux carnacéens : ici la distinction s'est faite, peut-être au motif d'une religion autant que d'une politique, où le pouvoir est à celui qui peut donner et à qui il ne peut pas être rendu. Donner, et faire en sorte qu'on ne puisse pas vous rendre, insiste l'anthropologue, c'est rompre l'échange à son profit et instituer un privilège, une prérogative : le procès social en question est alors déséquilibré. Se parer sépare donc.

Remerciements

Nous aimerions chaleureusement remercier tous les collègues qui ont contribué à ces enquêtes : L. Bonnabel qui a bien voulu nous communiquer le résultat radiocarbone complet de Plichancourt ; A. Chancerel pour toute l'information relative au tertre de Saint-Laurent-Médoc ; B. Gely, P. Chapuis, B. Gourlin et P.J. Rey pour la réunion des objets de Marclopt et Aime au sein du dépôt archéologique de Chambéry ; P. Gouletquer et M. Le Goffic pour leur aide amicale autour de la nécropole de Treguennec ; E. Lacroix qui a bien voulu nous transmettre les clichés de la parure découverte à Bougon ; J. Lecornec pour avoir recherché avec nous le monument de Men Mané ; G. Leroy pour avoir bien voulu nous faire part de la découverte de la perle de Bouchain ; H. Masson et J. Buisson-Catil pour nous avoir donné toutes les autorisations nécessaires aux levés 3D du Mané er Hroëck et du Mont Saint-Michel ; G. Meylan pour ses informations concernant les registres d'inventaires du MAN ; C. Moreau pour son étude du mobilier céramique du site de Marclopt ; P. Pétrequin qui a bien voulu nous aider dans la documentation de la perle de Clairvaux ; enfin G. Varndell pour nous avoir transmis le poids de la pendeloque du Mané er Hroëck conservée au British Museum à Londres.

Bibliographie

Alday, A. 1995. Los elementos de Adorno personal de la cueva de Olvena y sus derivaciones cronologico-culturales. *Bolskan* 12 : 193-214.

Arnaud, C. 1843. *Monuments Religieux, Militaires et Civils du Poitou. Première série. Département des Deux-Sèvres,* dessins d'après nature par Baugier. Niort, Robin et Cie.

Bailloud, G. 1974 [1964, 2e édition]. *Le Néolithique dans le Bassin parisien*. Paris, Centre national de la recherche scientifique (IIe supplément à Gallia Préhistoire).

Bailloud, G. 1975. Les Céramiques cannelées du Néolithique armoricain. *Bulletin de la Société Préhistorique Française, Études et travaux* 72 : 343-367.

Balagny, C. 1939. Le mystère de la callaïs. *Bulletin de la Société Archéologique de Nantes* 79 : 173-216.

Baldellou, V., Utrilla, P. et García-Gazólas, J. 2012. Variscita de Can Tintorer en el Neolítico Antiguo del valle medio del Ebro. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosh, X. Clop et M. Molist (éd.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 307-314. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Baudouin, M. 1907. Découverte de dents de cachalot dans un dolmen de l'Ile d'Yeu (Vendée). *Bulletin de la Société préhistorique française* 4(2) : 120-122.

Baudouin, M. 1926. Trouvailles nouvelles au Tumulus de Dissignac en Saint-Nazaire (Loire-Inférieure). *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et la Loire-Inférieure* 66 : 61-85.

Baudrillard, J. 1972. *Pour une critique de l'économie politique du signe*. Paris, Gallimard (Tel 12).

Bazzanella, M. 1994. L'industrie osseuse de Cormail dans le Massif Central (Haute-Loire, France). *Prehistoria Alpina* 30 : 95-144.

Baye, J. (de) 1888 [2e édition]. *L'archéologie préhistorique.* Paris, Baillères.

Billard, C., Guillon, M. et Verron, G. (dir.) 2010. *Les sépultures collectives du Néolithique récent-final de Val-de-Reuil et Porte-Joie (Eure – France)*. Liège, Centre de recherches archéologiques de l'Université de Liègen (ERAUL 123).

Billard, C., Bostyn, F., Hamon, C. et Meunier, K. (dir.) 2014. *L'habitat du Néolithique ancien de Colombelles Le Lazzaro (Calvados)*. Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la Société préhistorique française 58).

Blanchard, A. 2012. *Le Néolithique récent de l'Ouest de la France (IVe – IIIe millénaires avant J.-C.) : productions et dynamiques culturelles*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1.

Boisselier, G. A. L. 1940. La Nécropole de Tréguennec en Plonéour-Lanvern (Finistère). *Bulletin de la Société préhistorique de France* 37(1) : 29-35.

Bonnabel, L. et Dugois, F. 1997. De l'Individuel au collectif : approche du traitement des cadavres sur le site de Plichancourt « Les Monts » (Marne). In *Le Néolithique danubien et ses marges entre Rhin et Seine. Actes du 22e Colloque interrégional sur le Néolithique*, *Strasbourg 1995* : 177-187. Strasbourg, Association pour la promotion de la recherche archéologique en Alsace.

Bonniol, D. et Cassen, S. 2009. Corpus descriptif des stèles ou fragments de stèle en orthogneiss. In S. Cassen (dir.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur une architecture néolithique restaurée à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 702-734., Nantes, LARA Université de Nantes.

Boujot, C. 2000. Les tertres en presqu'île Guérandaise. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 225-233. Chauvigny, Editions chauvinoises (Mémoire 19).

Boujot, C. et Cassen, S. 1992. Le Développement des premières architectures funéraires monumentales en France occidentale. In C.T. Le Roux (dir.), *Paysans et Bâtisseurs. L'émergence du Néolithique atlantique et les origines du Mégalithisme. Actes du XVIIe colloque interrégional sur le Néolithique. Vannes 29-31 octobre 1990* : 195-211. Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (Revue archéologique de l'Ouest 5).

Boujot, C. et Cassen, S. 1997. Néolithisation et monumentalité funéraire : explorations du tertre de Lannec er Gadouer à Erdeven (Morbihan, France). In A. Rodriguez Casal (dir.), *O Neolitico atlantico e as orixes do Megalitismo. Actas do coloquio internacional. Santiago de Compostela 1996* : 211-232. Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega.

Boujot, C. et Cassen, S. 2000. Explorations du tertre de Lannec er Gadouer. Les fouilles de 1993 à 1997. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 29-82. Chauvigny, Editions chauvinoises (Mémoire 19).

Boutanquoi, O. 1914. Amulette en forme de Marteau percé. *Bulletin de la Société préhistorique française* 11(2) : 94-96.

Bradley, R. 1993. *Altering the earth. The origins of monuments in Britain and continental Europe.* Edinburgh, Society of Antiquaries of Scotland *(*Monograph series 8).

Briard, J. 1990. *Dolmens et menhirs de Bretagne.* Luçon, Éditions Jean-paul Gisserot.

Burenhult, G. 1999. Megalithic Symbolism in Ireland and Scandinavia in light of new evidence from Carrowmore. *ARKEOS Perspectivas em Diálogo* 6(1) : 49-108.

Burl, A. 1995. *The Stone Circles of Britain, Ireland, and Brittany.* London, Yale University Press.

Burnez, C. 1976. *Le Néolithique et le Chalcolithique dans le Centre-Ouest de la France*. Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la *Société préhistorique française* 12).

Caix de Saint-Aymour, A. (de) 1867. Sur les fouilles du monument mégalithique de Vauréal (Seine-et-Oise). *Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris* II(2) : 664-668.

Cassen, S. 2000a. Fonds coniques et ouvertures déformées. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 417-424. Chauvigny, éditions chauvinoises (Mémoire 19).

Cassen, S. 2000b. La Tradition céramique Castellic. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 435-460. Chauvigny, éditions chauvinoises (Mémoire 19).

Cassen, S. 2000c. Voies de recherches sur l'industrie lithique. Apports à la périodisation. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 529-550. Chauvigny, éditions chauvinoises (Mémoire 19).

Cassen, S. 2000d. Architecture du tombeau, équipement mortuaire, décor céramique et art gravé du Ve millénaire en Morbihan. À la recherche d'une cosmogonie des premières sociétés agricoles de l'Europe occidentale. In *Actas do 3° Congresso de Arqueologia Peninsular, Vila Real 1999* : 447-479. Porto, ADECAP.

Cassen, S. 2004. Préhistoire récente entre Loire et Vilaine : tendances actuelles de l'enregistrement et nouvelles visées de l'interprétation. *Cahiers du Pays de Guérande* 44 : 4-14.

Cassen, S. 2009a. Les étapes exploratoires du site : mémoire par l'image. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 141-292. Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S. 2009b. La simulation des faits imaginés : phases, séquences, scénarios historiques autour d'une barre de stèles et d'une tombe à couloir. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 881-909. Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S. 2014. Sites de passage (1). Le modèle carnacois des pierres dressées à l'épreuve des rivières, des lacs et des montagnes (France, Suisse, Italie). In R.-M. Arbogast et A. Greffier-Richard (dir.), *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin* : 281-302. Besancon, Presses universitaires de Franche-Comté (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté 928, série Environnement, sociétés et archéologie 18).

Cassen, S. et L'Helgouac'h, J. 1992. Du Symbole de la crosse : chronologie, répartition et interprétation. In C.T. Le Roux (dir.), *Paysans et Bâtisseurs. L'émergence du Néolithique atlantique et les origines du Mégalithisme. Actes du XVIIe colloque interrégional sur le Néolithique. Vannes 29-31 octobre 1990* : 223-235. Rennes Associatiohn pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (revue archéologique de l'Ouest 5).

Cassen, S. et Pétrequin, P. 1999. La Chronologie des haches polies dites de prestige dans la moitié ouest de la France. *European Journal of Archaeology* 2(1) : 7-33.

Cassen, S. et Vaquero Lastres, J. 2000. La Forme d'une chose. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 611-656. Chauvigny, Editions chauvinoises (Mémoire 19).

Cassen, S., Labriffe (de), P.A. and Menanteau, L. 2008. Washing and heating on the neolithic shores of Western Europe. An archaeological hypothesis on the production of sea salt. In O. Weller, A. Dufraisse et P. Pétrequin (dir.), *Sel, eau et forêt, hier et aujourd'hui. Saline Royale d'Arc-et-Senans (France), 3, 4 et 5 octobre 2006* : 175-204. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté.

Cassen, S. et Le Meur, N. 2009. La séquence stratigraphique de la Table des Marchands : corpus des coupes et des blocs-diagrammes. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 293-355. Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S. et François, P. 2009a. Classements et diagnoses de la production céramique à la Table des Marchands. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 491-567. Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S. et François, P. 2009b. Les coupes-à-socle de la Table des Marchands et du Néolithique ouest-européen. Projet de recomposition d'un objet archéologique total. In S. Cassen S. (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 568-585. Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S., Lanos, P., Dufresne, P., Oberlin, C., Delqué-Kolic, E. et Le Goffic, M. 2009. Datations sur site (Table des Marchands, alignement du Grand Menhir, Er Grah) et modélisation chronologique du Néolithique morbihannais. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 737-768. Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S., Pétrequin, P., Boujot, C., Dominguez Bella, S., Guiavarc'h, M. and Querré, G. 2011. Measuring distinction inside the architectures of the Carnac region. From sign to material. In J. Müller, F. Lüth and M. Furholt (éd.), *Megaliths and Identities. Early Monuments and Neolithic Societies from the Atlantic to the Baltic. 3rd European Megalithic Studies Group Meeting 13th – 15th of May 2010 at Kiel University* : 225-248. Bonn, Dr. Rudolf Habelt GmbH.

Cassen, S. et Tinevez, J.-Y. 2012. *Les Mégalithes de Locmariaquer.* Paris, Éd. du Patrimoine (coll. Itinéraires).

Cassen, S., Boujot, C., Dominguez Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (éd.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 918-994. Ledoux, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (Cahiers de la MSHE C.N. 2).

Cauwe, N., Dolukhanov, P., Kozlowski, J. et Van Berg, P.L. 2007. *Le Néolithique en Europe.* Paris, Éd. A. Colin (coll. U).

Chaigneau, C., Cassen, S. et Le Gaudion, Y. 2009. L'historiographie en Locmariaquer. Une première approche. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 387-417. Nantes, LARA Université de Nantes.

Charvet, A. 2013. Marcopt, Tassin. In *Bilan scientifique de la région Rhône-Alpes 2012 tome 1* : 133-135. Ministère de la culture et de la communication, Direction générale des patrimoines, service du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie.

Charvet, A. et Marmara, M. (dir.) 2014. *Marclopt, Tassin, zones 1 et 2, Extension de la carrière de granulats.* Rapport final d'opération, Fouilles archéologiques préventives. Service Régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, Chronoterre Archéologie.

Chauvet, G. 1885. Séance du 14 mai 1884. *Bulletin de la Société archéologique et historique de la Charente* 1884-1885(33).

Chauvet, G. 1899. Statistique et bibliographie des sépultures préromaines du département de la Charente. *Bulletin archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques* : 491-542.

Cieselski, E., Chancerel, A. et Courtaud, P. 2009. Saint-Laurent-Médoc. *ADLFI. Archéologie de la France - Informations* [En ligne], Aquitaine, mis en ligne le 01 mars 2009, consulté le 04 novembre 2015 : [URL : http://adlfi.revues.org/3986]

Closmadeuc, G. (de) 1863a. Note sur la sépulture du dolmen tumulaire de Kercado. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 1-15.

Closmadeuc, G. (de) 1863b. Rapport sur les divers objets et particulièrement sur les ossements provenant des fouilles du tumulus du mont Saint-Michel en Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : p. 18-40.

Closmadeuc, G. (de) 1882. Le cromlech d'Er Lannic et le golfe du Morbihan à l'époque dite celtique. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 8-24.

Closmadeuc, G. (de) 1885. Le Dolmen de Rutual. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan :* 112-119.

Cordier, G. 2015. *Le cimetière des Chevrettes à Chambon (Indre-et-Loire) et le groupe de Chambon.* Chauvigny, Association des Publications Chauvinoises.

Courtaud, P., Cieselski, E. et Chancerel, A. 2007. Saint-Laurent-Médoc. *ADLFI. Archéologie de la France - Informations* [En ligne], Aquitaine, mis en ligne le 01 mars 2007, consulté le 01 décembre 2015 : [URL : http://adlfi.revues.org/7591]

Daniel, G. 1939. The transepted gallery graves of western France. *Proceeding of the prehistoric Society* : 143-165.

Daugas, J.-P., Roger, J.-M. et Vernet, G. 1984. Les statuettes chasséennes en céramique du Massif Central (Puy-de- Dôme, Haute-Loire, Gard). In *Influences méridionales dans l'Est et le Centre-Est de la France au Néolithique : le rôle du Massif Central, Actes du colloque interrégionnal sur le Néolithique, 8, Puy-en-Velay, 3-4 oct. 1981* : 185-196. Clermont-Ferrand, Clermont-reprod. (Centre de recherche et d'études préhistoriques de l'Auvergne Cahier 1).

Davy de Cussé, L. 1865-1866. *Recueil des signes sculptés sur les monuments mégalithiques du Morbihan relevés et réduits au pantographe.* Vannes, Imp. Galles, 2e livraison.

Devoir, A. 1914. Première contribution à l'inventaire des monuments mégalithiques du Finistère (suite Cantons de Lannilis, de Plabennec et de Ploudalmézeau). *Société archéologique du Finistère* XLI(41) : 91-111.

Delibrias, G., Évin, J. et Thommeret, Y. 1982. Sommaire des datations C^{14} concernant la préhistoire en France [II - Dates parues de 1974 à 1982 Chapitre VI : NÉOLITHIQUE : de 7000 à 4000 BP]. *Bulletin de la Société préhistorique française* 79(6) : 175-192.

Dortel, A. et Pageot, C. 1897. Fouilles d'un tumulus dans le Petit-Auverné. *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et du département de la Loire-inférieure* : 42-48.

Eibl, F. 2011. Die Bayerische Gruppe der Stichbandkeramik und die Gruppe Oberlauterbach – zum Stand der Forschung». In *Archäologische Arbeitsgemeinschaft Ostbayern/West-und Südböhmen/ Oberösterreich* : 79-100. Rahden, Westf. Leidorfp.

Feray, P. 2013. Bouchain. Rue Roger Darthois et rue Pépin d'Héristal. In *Bilan scientifique de la région Nord-Pas-de-Calais 2012* : 35-36. Ministère de la culture et de la communication, Direction générale des patrimoines, service du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie.

Fontès, M. 1881. Fouilles à Carnac. Tombe circulaire. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 1882 : 120-123.

Forestier, F.-H., Lasnier, B. et L'Helgouach, J. 1973. À propos de la « Callaïs ». Découverte d'un gisement de variscite à Pannecé (Loire-Atlantique). Analyse de quelques « perles vertes » néolithiques. *Bulletin de la Société préhistorique française* 70(6): 173-180.

Fouquet, A. 1853. *Des Monuments celtiques et des ruines romaines dans le Morbihan.* Vannes, Éd. Gauderan.

Fouquet, M. 1862. Rapport sur la découverte d'une grotte sépulcrale dans la butte de Tumiac, le 21 Juillet 1853. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 6 : 1-7.

François, P. 2007. *Les Productions céramiques du Chasséen de Villeneuve-Tolosane, Évolution stylistique et comparaisons avec les autres faciès chasséens d'Europe occidentale*. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series 1711).

Fréminville, C. (de) 1834 [1827, 2e édition]. *Antiquités de la Bretagne*. Brest.

Fromont, N. (dir.) 2015. *Le monument funéraire néolithique moyen de « Lann Granvillarec V » et ses occupations postérieures (Néolithique récent/final, Chalcolithique/Bronze ancien et Époque historiques).* Rapport final d'opération, fouille archéologique, DRAC/SRA Bretagne, Inrap Grand Ouest.

Gaillard, F. 1883. Fouilles du dolmen de Rogarte près de La Madeleine et du coffre de pierres du dolmen de La Madeleine en Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 241-245.

Gaillard, F. 1884. *Une série d'explorations à Plouhinec.* Vannes, Imp. Galles.

Gaillard, F. 1886. Les galeries gauloises de Kervilor à la Trinité-sur-Mer. *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris* III(9) : 475-481.

Gaillard, F. 1890a. Des Menhirs isolés, des talus et de leur concordance avec les dolmens. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 6-13.

Gaillard, F. 1890b. De Divers dolmens fouillés autrefois. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 112-126.

Gaillard, F. 1892. Inventaire avec cartes des monuments mégalithiques du Morbihan dans le périmètre des acquisitions de l'État dans les cantons de Quiberon, Belz et Locmariaquer. *Revue des Sciences Naturelles de l'Ouest* II(4) : 404-420.

Gaillard, F. 1895. Le dolmen de Grah' Niol, à Arzon (Morbihan). *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris* IV(6) : 672-683.

Galles, R. 1863. Note sur le Manné Lud (Locmariaquer). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 33-40.

Galles, R. 1862. Les fouilles du Mont Saint Michel en Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 6 : 7-18.

Galles, R. 1865. *Fouille du tumulus du Moustoir-Carnac*. Vannes, Imp. Galles.

Galles, R. 1869. Fouilles faites par M. l'abbé Lavenot dans la commune de Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 109-112.

Galles, R. 1878. *Fouille du tumulus de Tumiac en Arzon.* Vannes, Imp. Galles.

Galles, R. et Mauricet, A. 1864. *Étude sur le Mane-Lud en Locmariaquer.* Vannes, Imp. Galles.

Galles, R. et Mauricet, A. 1865. Fouille du tumulus du Moustoir-Carnac. *Revue Archéologique* XII : 15-29.

Galles, R., Gressy, M. et Closmadeuc, G. 1866. Rapport sur les fouilles faites par la Société polymathique dans les communes de Carnac et de Plouharnel . *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 10 : 91-101.

Gauron, E. et Massaud, J. 1983. *Nécropole de Chenon (Charente)*. Paris, Centre national de la recherche scientifique (supplément à Gallia-Préhistoire suppl. XVIII).

Gely, B. 2005. *Nouvelles datations des restes humains néolithiques de la nécropole du Replat à Aime (Savoie).* Bilan Scientifique de la région Rhône-Alpes 2003, Lyon, DRAC Rhône-Alpes, 186.

Gely, B., Ougier-Simonin, P. et Porte, J.-L. 1991. Fouilles de sauvetage d'une nécropole néolithique à Aime (Savoie) ». In *VIe Colloque International sur les Alpes dans l'Antiquité, Annecy, 23-24 sept. 1989* : 41-55. Aoste, société Valdôtaine de Préhistoire et d'archéologie (Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines 2).

Germond, G. et Bizard, M. 1987. Le tumulus A du Montiou à Sainte-Soline (Deux-Sèvres). Dolmens, inhumations, mobilier. *Bulletin de la Société préhistorique française* 84(5) : 139-154.

Giot, P.-R. 1960. Vers une échelle chronologique « absolue » pour la préhistoire et la protohistoire armoricaines. *Annales de Bretagne* 67(1) : 33-44.

Giot, P.-R. 1969. Chronique des datations radiocarbone armoricaines. *Annales de Bretagne* 76(1) : 153-162.

Giot, P.-R. 1987. *Barnenez, Carn, Guennoc*. Rennes, Université de Rennes 1 (Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Préhistoire).

Giot, P.-R., L'Helgouac'h, J. et Monnier, J.L. 1979. *Préhistoire de la Bretagne.* Rennes, Ouest France (Ouest-France Université).

Giot, P.-R. 1998. La vie au Néolithique. In P.-R. Giot, J. L'Helgouach et J.-L. Monnier, *Préhistoire de la Bretagne* : 429-563. Rennes, Ouest-France (Ouest-France Université).

Gouézin, P. et Le Gall, E. 1993. Révision topographique du site mégalithique d'Er Lannic, commune d'Arzon (Morbihan). *Bulletin de l'Association Manche Atlantique pour la recherche archéologique dans les îles* 6 : 23-24.

Gouézin, P., Laporte, L., Balbin Behrmann, R. (de) et Bueno Ramirez, P. 2013. La Couleur dans les monuments mégalithiques de l'ouest de la France. Découverte de peintures préhistoriques à Barnenez (Finistère) et quelques autres monuments du Morbihan. *Bulletin de la Société préhistorique française* 110(3) : 541-545.

Grouber, P. 2000. Les coupes à socle d'Er Lannic (Arzon, Morbihan). In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 483-527. Chauvigny, éditions chauvinoises (Mémoire 19).

Hamon, G. 2000. Une céramique inédite provenant du caveau d'Er Grah en Locmariaquer – Musée Miln-Le Rouzic, Carnac. In S. Cassen (dir.), *Éléments d'architecture (Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer, Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*) : 265. Chauvigny, éditions chauvinoises (Mémoire 19).

Hamon, G. 2003. *Les productions céramiques au Néolithique ancien et moyen dans le nord-Ouest de la France.* Thèse de doctorat, Université de Rennes I.

Herbaut, F. 2001. *La parure néolithique dans l'Ouest de la France.* Thèse de doctorat, Université de Nantes.

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Houdré, J.-J. et Vital, J. 1979. Le gisement chasséen ancien du Pirou (commune de Polignac, Haute- Loire). *Bulletin de la Société préhistorique française* 76(10/12) : 355-378.

Hull, S., Fayek, M., Mathien, F.J., Shelley, Ph. and Durand, K.R. 2007. A new approach to determining the geological provenance of turquoise artifacts using hydrogen and copper stable isotopes. *Journal of Archaeological Science* 35(5) : 1355-1369.

Hull, S., Fayek, M., Mathien, F.J. and Roberts, H. 2014. Turquoise trade of the Ancestral Puebloan: Chaco and beyond. *Journal of Archaeological Science* 45 : 187-195.

Huysecom, E. 1986. La question des bouteilles à collerette. Identification et chronologie d'un groupe méridional répandu de l'Ukraine à la Bretagne. In A. Chancerel, B. Jéhanne B. et G. Verron G. (eds), *Actes du Xe colloque interrégional sur le néolithique, Université de Caen 30.9 – 2.10.1983* : 195-215. Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (revue archéologique de l'Ouest 1).

Irribaria, R. 1996. Groupe de Chambon – Cerny sud d'après les fouilles de Muides-sur-Loire (Loir-et-Cher). In *Actes XVIIIe colloque interrégional sur le Néolithique. Dijon 1991* : 375-382. Dijon, Société archéologique de l'Est (Revue archéologique de l'Est 14e suppl.).

Irribaria, R. 2011. Le Chambon, culture du Centre et vecteur d'influences, à partir des données céramiques du site du Bas des Flénats à Muides-sur-Loire (41). In *Marges, frontières et transgressions : actes des 8e Rencontres méridionales de Préhistoire récente, Marseille, 7-8 novembre 2008* : 11-24. Toulouse, Archives d'écologie préhistorique.

Jacq, J. 1942. *Carnac – Morbihan. Catalogue du Musée archéologique James Miln – Zacharie Le Rouzic. Monument historique. À la mémoire de Zacharie Le Rouzic. Sa vie scientifique – militaire – publique et une publication inédite sur les menhirs-statues bretons.* Vannes, Imprimerie Lafolye et J. de Lamarzelle.

Joussaume, R. 1976. Le dolmen angevin de Pierre-Folle à Thiré (Vendée). I. Étude architecturale et archéologique. *Gallia Préhistoire* 19 : 1-38.

Kerdivel, G. et Hamon, G. 2010. Un site du Néolithique moyen, du Néolithique final et de l'âge du Fer à la Burette à Banville (Calvados) : Présentation liminaire. In C. Billard et M. Legris (dir.), *Premiers Néolithiques de l'Ouest. Cultures, réseaux, échanges des premiers néolithiques à leur expansion. Colloque interrégional sur le Néolithique Le Havre 2007* : 211-235. Rennes, Presses Universitaires de Rennes (Archéologie et Culture).

Lacoste, N. 2000. *Les Parures néolithiques au Musée Dobrée. Classement, inventaire et amorce d'analyse.* Mémoire de maîtrise, Université de Nantes.

Laporte, L. 2009. La parure approches stylistiques, technologiques et fonctionnelles du mobilier. In L. Laporte (dir.), *Des premiers paysans aux premiers métallurgistes sur la façade atlantique de la France (3500-2000 av. J.-C.)* : 455-469. Chauvigny, association des publications chauvinoises.

Lecornec, J. 1972. La Sépulture mégalithique de Lost er Lenn, Grandchamp. *Annales de Bretagne* 1 : 21-33.

Lecornec, J. 1994. *Le Petit-Mont. Arzon, Morbihan.* Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (Documents archéologiques de l'Ouest).

Lefèbvre, M. et Galles, R. 1863a. Note sur un dolmen découvert sous la tombelle de Kercado en Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 5-10.

Lefèbvre, M. et Galles, R. 1863b. Mané-er-Hroëck. Dolmen découvert sous un tumulus à Locmariaquer. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 18-33.

Le Maux, N. 2014. Grandes haches en « jades » d'origine alpine en Basse-Normandie. État des lieux, relations et interprétations sociales. In R.-M. Arbogast et A. Greffier-Richard (dir.), *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin* : 173-186. Besancon, Presses universitaires de Franche-Comté.

Le Rouzic, Z. 1898. Carnac. Fouilles faites dans la région en 1897 et janvier 1898. *Bulletin Société de la polymathique du Morbihan* : 64-80.

Le Rouzic, Z. 1899. Carnac. Restaurations faites dans la région (1898 et 1899). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 7-16.

Le Rouzic, Z. 1901. Carnac. Fouilles faites dans la région (1899 et 1900). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 45 : 157-166.

Le Rouzic, Z. 1908. Carnac. Fouilles faites dans la région. Tumulus à dolmen de Er-Grah et le Grand Menhir brisé. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 52 : 57-65.

Le Rouzic, Z. 1912. Carnac. Fouilles faites dans la région. Dolmen à galerie et grand dallage du Mané Lud. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 55 : 225-232.

Le Rouzic, Z. 1913. Carnac. Restaurations faites dans la région. Dolmen à galerie du Petit Mont (commune d'Arzon). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 56 : 118-123.

Le Rouzic, Z. 1927a. Carnac. Restaurations faites dans la région. Dolmen à galerie, sous tumulus, de Kercado, commune de Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 66 : 79-89.

Le Rouzic, Z. 1927b. *Carnac. Restaurations faites dans la région en 1927. Les 3 dolmens sous tumulus de Kervilor, Commune de La Trinité-sur-Mer.* Rapport manuscrit au Ministère des Beaux-Arts.

Le Rouzic, Z. 1930a. *Carnac. Restaurations faites dans la région. Les Cromlechs d'Er Lannic, commune d'Arzon, de 1923 à 1926.* Vannes, Imprimerie Lafolye.

Le Rouzic, Z. 1930b. *Carnac. Comptes rendus de restaurations faites dans la région. Dolmens à galerie sous tumulus de Kerlagat.* Vannes, Imprimerie Galles.

Le Rouzic, Z. 1932. *Carnac : fouilles faites dans la région. Tumulus du Mont Saint Michel. 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906.* Vannes, Imprimerie Lafolye et J. de Lamarzelle.

Le Rouzic, Z. 1935. Carnac. Restaurations faites dans la région (1934-1935). Tumulus de Tumiac, monument historique, commune d'Arzon (Morbihan). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 74 : 5-17.

Le Rouzic, Z. 1965. *Inventaire des monuments mégalithiques de la région de Carnac.* Vannes, Société polymathique du Morbihan.

Le Roux, C.-T. (dir.) 2006. *Monuments mégalithiques à Locmariaquer (Morbihan). Le long tumulus d'Er Grah dans son environnement.* Paris, Centre national de la recherche scientifique (Gallia Préhistoire suppl. XXXVIII.

Leroy, G. 2016,.Une berge de l'Escaut fréquentée au Néolithique récent à Bouchain (Nord) : premières informations. In *Internéo 11, Journée d'information du 26 novembre 2016 Saint-Germain-en-Laye* : 133-146. Paris, Société préhistorique française (Association pour les Études Interrégionales sur le Néolithique INTERNÉO 11).

L'Helgouac'h, J. 1965. *Les Sépultures mégalithiques en Armorique.* Rennes, Université de Rennes.

L'Helgouac'h, J. 1971a. Pays de la Loire. *Gallia Préhistoire* 14(2) : 363-375.

L'Helgouac'h, J. 1971b. Les débuts du Néolithique en Armorique au 4e millénaire et son développement au commencement du 3e millénaire. In J. Lüning (éd.), *Die Anfänge des Neolithikums vom Orient bis Nordeuropa, Fundamenta* : 178-201. Reihe A, Band 3.

L'Helgouac'h, J. 1973. Pays de la Loire. *Gallia Préhistoire* 16(2) : 427-438.

L'Helgouac'h, J. 1975. Pays-de-la-Loire. *Gallia Préhistoire* 18(2) : 541-561.

L'Helgouac'h, J. 1976. Le tumulus de Dissignac à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique) et les problèmes du contact entre le phénomène mégalithique et les sociétés à industrie microlithique. *Dissertationes Archaeologicae Gandenses* 16 : 142-149.

L'Helgouac'h, J. 1977. Pays de la Loire. *Gallia Préhistoire* 20(2) : 433-455.

L'Helgouac'h, J. 1983. Les Idoles qu'on abat. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 110 : 57-68.

L'Helgouac'h, J. 1984. Une Architecture prestigieuse, il y a 7 000 ans. Le tumulus mégalithique de Dissignac à Saint-Nazaire (L-A). *Recherches et Créations en Pays de La Loire* 313 : 20-33.

L'Helgouac'h, J. 1986. *Mégalithes en Loire-Atlantique : recherches récentes autour de l'estuaire de La Loire*. Nantes, Association d'études préhistoriques et historiques des Pays de La Loire.

L'Helgouac'h, J. 1990a. De l'île Carn à la Table des Marchand. In *La Bretagne et l'Europe préhistoriques : mémoire en hommage à Pierre-Roland Giot* : 89-95. Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (Revue archéologique de l'Ouest, suppl. 2).

L'Helgouac'h, J. 1990b. L'Apport des recherches récentes à la connaissance des monuments mégalithiques de Bretagne. In *Probleme der megalithgräberforschung, Hommage à V. Leisner* : 84-111. Berlin, Éd. WdG.

L'Helgouac'h, J. 1996. Mégalithes armoricains : stratigraphies, réutilisations, remaniements. *Bulletin de la Société préhistorique française* 93(3) : 418-424.

L'Helgouach, J., Bellancourt, G., Gallais, C. et Lecornec, J. 1970. Sculptures et gravures nouvellement découvertes sur des mégalithes de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française* 67(2) : 513-521.

L'Helgouac'h, J. et Poulain, H. 1984. Le cairn des Mousseaux à Pornic et les tombes mégalithiques transeptées de l'estuaire de la Loire. *Revue archéologique de l'Ouest* 1 ; 15-32.

L'Helgouac'h, J., Le Gouestre, D. et Poulain, H. 1989. Le monument mégalithique transepté de La Joselière (ou du Pissot), au Clion-sur-Mer (Loire-Atlantique). *Revue archéologique de l'Ouest* 6 : 31-50.

Lièvre, A.F. 1884. Exploration archéologique du département de la Charente. *Bulletin de la Société archéologique et historique de la Charente* année 1883 : 91-134.

Lisle du Dreneuc, P. (de) 1880. Dictionnaire archéologique de la Loire-Inférieure (époques celtique, gauloise et gallo-romaine). *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et du département de la Loire-inférieure* 19 : 117-182.

Lisle du Dreneuc, P. (de) 1887. *Dictionnaire archéologique de la Loire-Inférieure (époques celtique, gauloise et gallo-romaine).* Nantes, Éd. V. Forest et É. Grimaud.

Lisle du Dreneuc, P. (de) 1892. Notice sur les fouilles du Tumulus de la Motte. Sainte-Marie (Loire-Inférieure). *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et du département de la Loire-inférieure* 31 : 199-203.

Lisle du Dreneuc, G. (de) et Lisle du Dreneuc, P. (de) 1903. *Bretagne. Catalogue de la collection archéologique.* Nantes, Imp. Moderne Joubin & Beuchet.

López-Romero, E., Bernard, R., Laporte, L., Gomez de Soto, J. et Joussaume, R. 2010. Des géants un peu oubliés. Nécropoles tumulaires des Charentes et territoires habités. *L'Archéo-Théma* 10 : 19-25.

Luco (Abbé), 1883. Quelques explorations archéologiques de M. Miln. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 20-49.

Maertens, 1978. *Ritologiques 4, Dans la Peau des autres.* Paris, Éd. Aubier-Montaigne.

Mahé, C. 1825. *Essai sur les Antiquités du département du Morbihan.* Vannes, Imprimerie Galles.

Malaguti, M. 1863. Analyse des ossements et terres trouvés dans les tumulus de Tumiac et du Mont Saint-Michel en Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 40-44.

Martin, A. et Kerviler, R. 1873. Fouilles du tumulus de Signac en Saint-Nazaire. *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et de la Loire-Inférieure* 12 : 173-192.

Mauricet, A. 1877. L'isle-aux-Moines. Ses monuments mégalithiques. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 89-98.

Mazière, G. (éd.) 1984. Espaly-Saint-Marcel. Informations archéologiques : Auvergne : Haute-Loire. *Gallia Préhistoire* 27(2) : 325-327.

Mazière, G. (éd.) 1986. Informations archéologiques : Auvergne : Haute-Loire. *Gallia Préhistoire* 29(2): 266-269.

Mérimée, P. 1989 [1836]. *Notes d'un voyage dans l'Ouest de la France.* Paris, Éd. Adam Biro.

Merlet, R. 1974. *Exposé du système solsticial néolithique, reliant entre eux certains cromlechs et menhirs dans le golfe du Morbihan*. Rennes, Université de Rennes (Travaux du Laboratoire Anthropologie, Préhistoire, Protohistoire, Quaternaire Armoricains).

Minot, R. 1964. Sur les Gravures mégalithiques du Morbihan. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 92 : 89-98.

Minot, R. 1972. Note sur quelques sculptures mégalithiques du Morbihan. *Bulletin de la Société Polymathique du Morbihan* 99 : 165-175.

Mohen, J.-P. 1973. *Les Tumulus de Bougon, nécropole néolithique*. Niort, Imbert-Nicolas (Bulletin de la Société historique et scientifique des Deux-Sèvres 2-3).

Mohen, J.-P. 1977. Les Tumulus de Bougon : cinq années de recherches (1972-1977). *Bulletin de la Société historique et scientifique des Deux-Sèvres* : 1-48.

Mohen, J.-P. et Scarre, C. (dir.) 2002. *Les Tumulus de Bougon. Complexe mégalithique du Ve au IIIe millénaire.* Paris, Éd. Errance.

Montesquieu (de Secondat), C.L. 2006 [1721]. *Lettres persanes.* Paris, Livre de Poche (coll. Classiques).

Moreau, C. 2014. La céramique néolithique. In A. Charvet et M. Marmara (dir.), *Marclopt, Tassin, zones 1 et 2. Extension de la carrière de granulats* : 99-101. Rapport final d'opération, Fouilles archéologiques préventives, Service Régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes, Chronoterre Archéologie.

Moreau, C. et Jud, P. 2014. Une structure fossoyée de la fin du N.M.B. à Saint-Laurent-la-Conche (Loire). In C. Louboutin et C. Verjux (dir.), *Zones de production et organisation des territoires au Néolithique, Actes du 30e Colloque Interrégional sur le Néoqlithique, Tours – Le Grand-Pressigny, 7-9 octobre 2011* : 345-354. Tours, Fédération pour l'édition de la revue archéologique du Centre de la France (Revue Archéologique du Centre de la France 51).

Mortillet, A. (de) 1905. Palafittes du lac de Clairvaux (Jura). *L'Homme préhistorique* : 44-60.

Nicod, P.Y. 2009. Les céramiques du Néolithique moyen I (couches 52 à 48). In J.-L. Voruz, *La grotte du Gardon (Ain). Volume I. Le site et la séquence néolithique des couches 60 à 47* : 501-535. Toulouse, Édition des Archives d'Ecologie Préhistorique.

Noain Maura, M.J., 1996. Las cuentas de collar en variscita de las minas prehistóricas de Gavá (Can Tintorer). Bases para un estudio experimental. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 23 : 37-86.

Obeltz, C. 2013. *Rapport de prospection et de découverte archéologique sur la commune de Plouharnel, Morbihan. Les sites de « Tenat-Bras » et de « Le Bihor ».* Rennes, Rapport de prospection thématique, DRAC/ SRA Bretagne.

Odriozola, C.P., Villalobos García, R., Burbidge, C., Boaventura, R., Sousa, A., Rodríguez-Ariza, O., Parrilla-Giraldez, R., Prudênçio, M.I. and Dias, M.I. 2016. Distribution and chronological framework for Iberian variscite mining and consumption at Pico Centeno, Encinasola, Spain. *Quaternary Research* 85 : 159-176.

Patton, M. 2002. *Statements in Stone: Monuments and Society in Neolithic Brittany.* London, Routledge.

Pailler, Y. 2009. Produire des lames polies en contexte rituel, le matériel poli d'Er Lannic (Arzon). In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 632-641. Nantes, LARA Université de Nantes.

Patte, E. 1966. Le dolmen de La Folatière à Luxé (Charente). *Gallia Préhistoire* 9(2) : 419 à 435.

Pétrequin, P. 1989. Historique des recherches. Les idées et les méthodes. In P. Pétrequin (dir.), *Les sites littoraux de Clairvaux-les-Lacs (Jura). t. II, Le Néolithique moyen* : 13-25. Paris, Maison des sciences de l'Homme.

Pétrequin, P., Cassen, S., Gauthier, E., Klassen, L., Pailler, Y. et Sheridan, A. 2012a. Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (éd.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 574-727. Ledoux, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L. et Sheridan, A. 2012b. Des choses sacrées… fonctions idéelles des jades alpins en Europe occidentale. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan, A.M. Pétrequin (éd), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 1354-1423. Ledoux, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Pétrequin, P., Cassen, S., Chevillot, C., Cornen, G., Denaire, A., Duteil, Y., Pailler, Y., Prodéo, F. et Villes, A. 2015a. Bracelets en schiste et anneaux-disques en jadéitite, en serpentinite ou en amphibolite. In A. Chancerel, J. Vaquer et J.J. Cleyet-Merle (dir.), *Signes de richesse. Inégalités au Néolithique. Musée national de Préhistoire – Les Eyzies-de-Tayac 27 juin-15 novembre 2015* : 35-42. Paris, Réunion des musées nationaux – Grand Palais.

Pétrequin, P., Cassen, S., Chevillot, C., Cornen, G., Denaire, A., Duteil, Y., Pailler, Y., Prodéo, F. et Villes, A. 2015b. Les grandes haches polies en jades alpins. In A. Chancerel, J. Vaquer et J.J. Cleyet-Merle (dir.), *Signes de richesse. Inégalités au Néolithique. Musée national de Préhistoire – Les Eyzies-de-Tayac 27 juin-15 novembre 2015* : 43-54. Paris, Réunion des musées nationaux – Grand Palais.

Polloni, A., Sohn, M. et Sidéra, I. 2004. Structure du mobilier funéraire en os, bois de cerf, dents et coquillages à la fin du 4e et au 3e millénaire en Bassin parisien. *Anthropologica et Praehistorica* 115 : 179-195.

Prieto Martinez, M.P. et Salanova, L. 2009. Coquilles et Campaniforme en Galice et en Bretagne : mécanismes de circulation et stratégies identitaires. *Bulletin de la Société préhistorique française* 106(1) : 73-93.

Prudhomme, P. et Villes, A. 1989. Tombes de Néon-sur-Creuse (Indre) et groupe de Chambon. *Bulletin de la Société des Amis du Grand Pressigny* 40 : 9-36.

Querré, G. et Labriffe, P.A. (de) 1997. *Étude d'une perle en pierre fine provenant d'une sépulture néolithique champenoise. « Les Monts » ; commune de Plichancourt (Marne).* Paris, Direction régionale des affaires culturelles Champagne-Ardenne. Laboratoire de recherche des musées de France.

Querré, G. 2009. Étude pétroarchéologique d'éléments de parure et d'une céramique provenant du site de la Table des Marchands. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 658-665. Nantes, LARA Université de Nantes.

Rageot, M. 2015. *Les substances naturelles en Méditerranée nord-occidentale (VI-I Millénaire BCE) : chimie et archéologie des matériaux exploités pour leurs propriétés adhésives et hydrophobes.* Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia-Antipolis.

Ramos, J., Giles, F., Domínguez-Bella, S., Castañeda, V., Pérez, M., Gutiérrez, J.M., Lazarich, M., Morata, D., Martínez, C., Cáceres, I. y Felíu, M.J. 1997. *Informe arqueológico del dolmen de Alberite (Villamartín). Excavación, analítica y balance histórico. Anuario Arqueológico de Andalucía/1993 III Actividades de Urgencias* : 64-79. Junta de Andalucía, Delegación de Bienes culturales.

Rey, P.J. 2009. Sociétés et fluctuations du climat dans les Alpes nord-occidentales au Néolithique moyen. Neige et Glace de Montagne : Reconstitution, dynamique, pratiques. *Cahiers de Géographie* 8 : 37-50.

Roland, M. 1911. Découverte d'une Grotte néolithique à Courjeonnet, près Villevenard (Marne). *Bulletin de la Société préhistorique de France* 8(11) : 669-676.

Sachanbinski, M., Janeczek, J., Platonov, A. and Rietmeijer, F.J.M. 2001. The origin of colour of chrysoprase from Szklary (Poland) and Sarykul Boldy (Kazakhstan). *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen* 177(1) : 61-76.

Salanova, L. 2000. *La question du Campaniforme en France et dans les îles anglo-normandes.* Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques et Société Préhistorique Française.

Sauzé de Lhoumeau, J.C. 1875*. Les instruments de pierre taillée ou polie à Bougon et aux environs.* Niort, Éditeur Clouzon.

Schulting, R.J., Lanting, J. and Reimer, P. 2009. New dates from Tumulus Saint-Michel, Carnac. In S. Cassen (éd.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006, Actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 octobre 2007 (Université de Bretagne-Sud, campus Le Tohannic)* : 769-773. Nantes, LARA Université de Nantes.

Schulz Paulsson, B., Cassen, S., Rodríguez Rellán, C., Faustino Carvalho, A., Vaquer, J., Molist Montaña, M., Bosch Argilagós, J. and Oliva Poveda, M. 2018. The time of the callaïs: radiocarbon dates and Bayesian analysis. La parure en callaïs (variscite et turquoise), au Néolithique, dans la moitié nord de la France. Corpus et contextes. In G. Querré, S. Cassen, E. Vigier (dir.), *Callaïs – La parure en callaïs (variscite, turquoise) du Néolithique européen, Carnac 1-2 avril 2015.* Oxford, Archaeopress.

Shee Twohig, E. 1981. *The Megalithic Art of western Europe.* Oxford, Clarendon Press.

Sohn, M. 2008. Entre signe et symbole: les fonctions du mobilier dans les sépultures collectives d'Europe occidentale à la fin du Néolithique. *Préhistoires Méditerranéennes* 14 : 53-71.

Thom, A. and Thom, A.S. 1978. *Megalithic Remains in Britain and Brittany.* Oxford, Oxford University Press.

Tinevez, J.-Y. 2006. Le Matériel inclus dans la masse du monument et en surface. In C.-T. Le Roux (dir.), *Monuments mégalithiques à Locmariaquer (Morbihan). Le long tumulus d'Er Grah dans son environnement* : 197-204. Paris, Centre national de la recherche scientifique (Gallia préhistoire, suppl. XXXVIII).

Vergély, H., Gandelin, M. et Garnier, N. 2012. Une sépulture remarquable du Chasséen ancien, un lot de céramique singulier. *Archéopages, Les nouveaux champs de la recherche permis par l'archéologie préventive* H.S. 3 : 95-96.

Verron, G. 1975. Haute et Basse Normandie. *Gallia Préhistoire* 18(2) : 471-510.

Verron, G. 1979. Haute et Basse Normandie. *Gallia Préhistoire* 22(2) : 471-523.

Verron, G. 1986. Les Civilisations néolithiques de la Normandie. Développements récents. In J.-P. Demoule, et J. Guilaine (éd.), *Le Néolithique de la France, Hommage à G. Bailloud* : 193-201. Paris, Éd. Picard.

Villard-Le Tiec, A., Le Delliou, G., Lorho, T. et Magiterri, C. 2007. Ploemeur, Kerham – Lann-Porz-Menec'h (Morbihan) : un monument funéraire du premier âge du Fer ? *Revue archéologique de l'Ouest* 24 : 31-53.

Visser, J. M. 1946. Nephrite and chrysoprase of Silezia. *Mineralogist, Oregon Agate and Mineral Society* 14 : 460-462.

Wismes, H.O. (de) 1876. Le tumulus des Trois Squelettes à Pornic (Loire-Inférieure). *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et du département de la Loire-inférieure* 15 : 199-271.

Zvelebil, M. 2009 [1986]. *Hunters in Transition: Mesolithic Societies of Temperate Eurasia and Their Transition to Farming.* Cambridge, Cambridge University Press.

Les éléments de parure en callaïs dans le Midi de la France au Néolithique et au Chalcolithique

Jean-Sebastien Vaquer

Résumé. Dans le Midi de la France les éléments de parure en *callaïs* ont été trouvés dans 175 sites. Le corpus comporte 855 pièces dont un tiers a pu être analysé. Il s'agit essentiellement de variscite ou de métavariscite (83 %), plus rarement de turquoise (9 %) ou de malachite (8 %). Leur répartition géographique montre une forte densité en Languedoc-Roussillon et des densités plus faibles en Midi-Pyrénées, Provence occidentale, ainsi que des trouvailles sporadiques dans le bassin inférieur du Rhône ou le bassin supérieur de la Loire. Les indicateurs chronologiques révèlent leur apparition au Néolithique moyen I dans les contextes des cultures de Montbolo et du Chasséen ancien (4400-4100 BCE). Les éléments de parure en *callaïs* sont plus fréquents dans le Chasséen classique et récent (4100-3500 BCE), notamment dans les sépultures où l'on trouve des pièces dont la typologie est similaire à celle de la culture catalane des *Sepulcres de fossa.* Les trois quarts des éléments recensés sont attribuables au Néolithique final ou Chalcolithique et se présentent sous diverses formes, notamment des colliers de petites perles discoïdes ou irrégulières ou des colliers de grosses perles olivaires très souvent aplaties. Quelques perles à trois trous suggèrent leur insertion dans des colliers plastrons plus complexes tels qu'ils sont figurés sur quelques statues-menhirs. Les perles en *callaïs* les plus récentes ont été trouvées dans des sites du Campaniforme de style international.
Mots-clés : éléments de parure, Néolithique, variscite, turquoise, malachite, diffractométrie de Rayons X.

Abstract. In the south of France, the elements of callais ornaments were found in 175 sites. The corpus contains 855 pieces, a third part of which were able to be analysed. It was essentially variscite or metavariscite (83 %), more rarely turquoise (9 %) or malachite (8 %). Their geographical distribution shows a strong density in the Languedoc-Roussillon region, with lower densities in the region of the Midi-Pyrénées and western Provence, as well as sporadic finds in the lower basin of the Rhône or the upper basin of the Loire. The chronological indications reveal their first appearance in the middle Neolithic period I, in the context of the cultures of the Montbolo and the early Chasséen period (4400-4100 BCE). The elements of the callais ornaments are more frequent in the classic and the late Chasséen period (4100-3500 BCE), in particular within graves where we find items, the typology of which is similar to that of the Catalan culture of the *Sepulcres de fossa.* Three quarters of the listed elements are attributable to the late Neolithic or Chalcolithic periods and appear under diverse forms, in particular necklaces of small discoid or irregular beads, or necklaces of larger olive shaped beads, very often flattened. Some beads with three holes suggest their insertion into more complex necklaces, such as those represented on some statue-menhirs. The more recent beads were found in Bell-Beaker style international sites.
Key-words: neolithic ornaments, variscite, turquoise, malachite, X ray diffraction

Introduction

Dans le Midi de la France, des éléments de parure en « *callaïs* » ont été trouvés au XIXe siècle lors des fouilles de plusieurs grands monuments mégalithiques, notamment l'hypogée du Castelet à Fontvieille (Bouches-du-Rhône) dont une perle analysée par A. Damour a été déterminée en turquoise. L'association de perles en *callaïs* avec des parures en or au Castelet de Fontvieille et à la Halliade de Bartrès (Hautes-Pyrénées) a poussé Cazalis de Fondouce (1881) à dater ces éléments de parure en callaïs et en turquoise du début des Âges des Métaux et à les considérer comme des importations exotiques. Cette opinion a été partagée par la suite par E. Cartailhac (1885) et Ph. Héléna (1937), bien que A. Lacroix (1910) ait suggéré que l'origine de « la variscite »

était à chercher dans les pays où l'on avait trouvé les perles. Par la suite dans sa thèse sur les dolmens du département de l'Hérault, J. Arnal (1963) s'est servi de « la *callaïs* » comme un marqueur des utilisations primaires des monuments mégalithiques méridionaux dont il voulait attribuer la construction aux Chasséens. À partir des années 1970 quelques analyses de perles en *callaïs* des gisements du Midi ont été réalisées en spectrométrie de fluorescence X (Chantret, Guilaine, Guillemaut, 1970) et en diffractométrie de rayons X (Forestier, Lasnier, L'Helgouach, 1973). Ces analyses ont révélé que ces perles étaient en majorité en variscite, mais aussi parfois en turquoise, voire en malachite.
La découverte puis les fouilles des mines de variscite de Gavà entre 1978 et 1980 ont fortement modifié les approches en permettant le couplage d'analyses diffractométriques d'échantillons géologiques et des perles de la culture catalane des *Sepulcres de fossa.* La multiplication d'analyses en diffractométrie de rayons X de perles vertes du Midi a été réalisée par J. Diétrich dans le cadre d'une Action Thématique Programmée (ATP) du CNRS (Roscian, Claustre, Dietrich, 1992). Le Midi de la France a alors été considéré comme faisant partie de l'aire de diffusion de la variscite et de la turquoise de Gavà (Villalba, Edo, Blasco, 2001).
Le corpus du Midi, tel qu'il peut être cerné actuellement, comporte 175 sites ayant livré de la « *callaïs* » ; on compte plus de 855 pièces dont 284 ont fait l'objet d'analyses. La variscite ou métavariscite est la plus fréquente (83 %), suivie par la turquoise (9 %) et la malachite (8%). La grande majorité des sites est du Languedoc-Roussillon (68 %), les autres régions étant moins pourvues, Provence-Alpes-Côte d'Azur (12 %), Midi-Pyrénées (14 %) et Rhône-Alpes (6 %). Il apparaît que 18,4 % des éléments de parure en *callaïs* sont dans des contextes funéraires mal datés ou à longue durée d'utilisation : 6,3 % sont attribuables au Néolithique moyen et 75,3 % au Néolithique final / Chalcolithique.

1. L'apparition de la callaïs au Néolithique moyen I dans le Midi de la France

L'apparition d'éléments de parure en *callaïs* dans le Midi de la France est documentée par quelques exemplaires trouvés dans des contextes du Néolithique moyen I que l'on situe dans le Midi entre 4700 et 4100 BCE avec une césure vers 4350 entre des cultures du Néolithique moyen I A antérieures au Chasséen et des faciès du Néolithique moyen I B qui relèvent des étapes formatives et anciennes du Chasséen (fig. 1).

L'oppidum de Llo (Pyrénées-Orientales) situé en Cerdagne sur la frontière avec la Catalogne espagnole a livré une perle en *callaïs* qui a été trouvée dans un niveau de l'Âge du Bronze. On peut toutefois se demander s'il ne s'agit pas d'un élément plus ancien en position secondaire. Il pourrait relever de la première occupation du site qui est datée dans le second quart du Ve millénaire (Gif. 6749 : 5700 ± 80 BP, soit entre 4655 et 4465 BCE ; Campmajo, Crabol, 1990).
L'élément en *callaïs* de la sépulture 33 du site du Crès à Béziers (Hérault) est une attestation beaucoup plus fiable, celle-ci appartient à un groupe de tombes à loge latérale qui se situe au début de l'occupation néolithique de ce site (Loison et Schmitt, 2009). Ces tombes se caractérisent par une fosse bipartite dont une partie servait d'accès en puits vertical et l'autre, surcreusée, servait de loge funéraire, les deux parties étant séparées par une cloison faite de dalles obliques posées en appui sur la paroi. Tant par leur forme que par leur mobilier ces tombes ressemblent à celles du groupe d'Amposta aux Bouches de l'Ebre en Catalogne qui a livré des mobiliers représentatifs de la fin du Néolithique ancien ou du début du Néolithique moyen (Esteve Gàlvez, 2000 ; Vaquer, 2014). Dans le cas de la sépulture 33 du Crès, elle contenait le squelette d'un enfant décédé entre six et onze ans et inhumé sur le côté gauche avec la tête au sud. Son équipement funéraire comportait deux armatures de flèches tranchantes, une seule petite perle discoïde en *callaïs*, une spatule en os et un outil de broyage (Labriffe *et al.,* 2007). Cette sépulture 33 du Crès n'est pas datée, mais une autre similaire, la sépulture 22 est bien datée et cette datation indique un âge numérique au début du Néolithique moyen I B (Ly 3425 : 5415 ± 35 BP soit entre 4346 et 4174 BCE). Deux autres sépultures moins bien conservées du même groupe sont datées elles aussi, la sépulture 29 a donné Ly 3426 : 5385 ± 35 BP soit entre 4336 et 4068 BCE et la sépulture 32 a donné Ly 3584 : 5340 ± 35 BP soit entre 4317 et 4050 BCE.

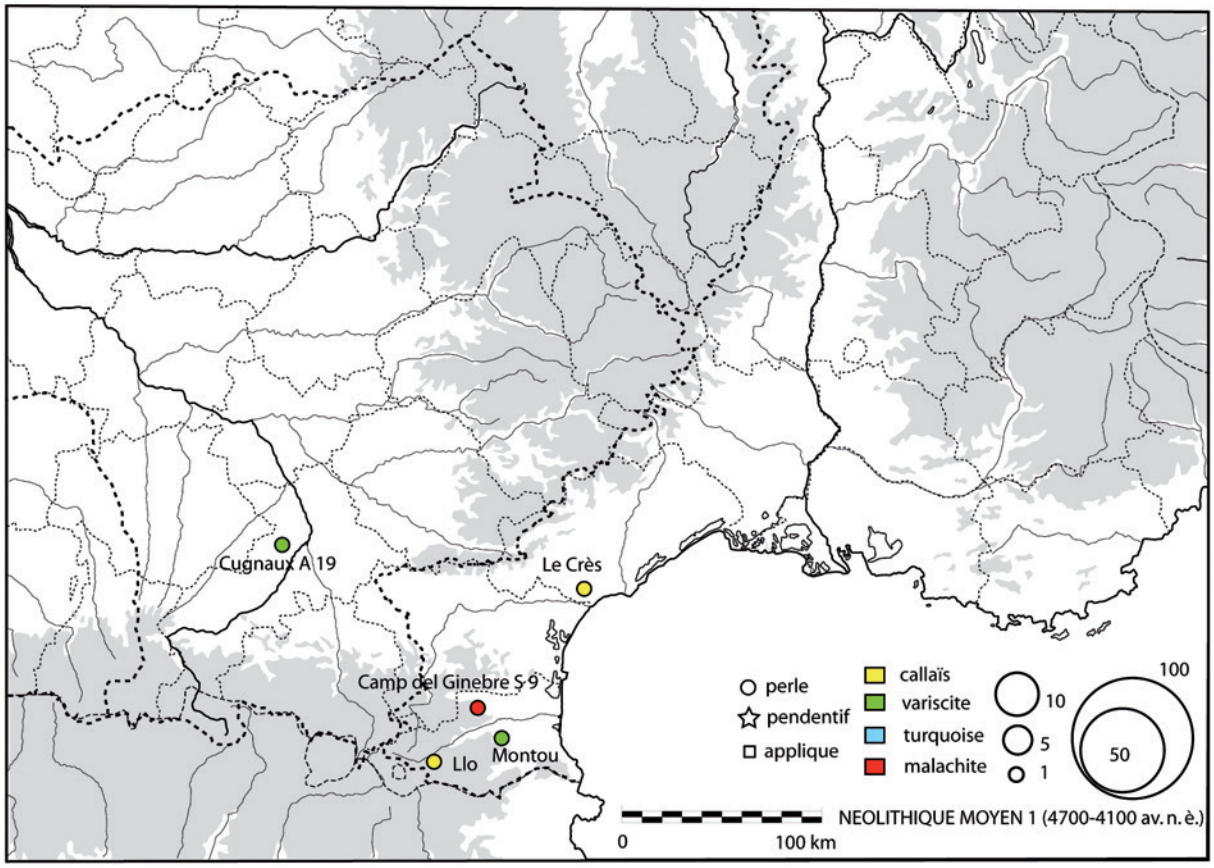


Fig. 1 : Carte de répartition des trouvailles d'éléments de parure en callaïs dans les sites du Néolithique moyen I du Midi de la France entre 4700 et 4100 BCE. Réal. J. Vaquer.

Dans la tombe à incinération S9 de la nécropole de Caramany (Pyrénées-Orientales) qui a livré un riche mobilier céramique présentant des caractères mixtes du Montbolo et du Chasséen ancien, une perle cylindrique en roche marbrée blanche et noire a paru être en *callaïs* brûlée. Une analyse en diffractométrie de rayons X faite à la demande de M. Edo à l'Université de Barcelone a révélé qu'elle était en fait en malachite. Cette nécropole est datée vers la fin du XLIIe siècle BCE et cette perle indique que les éléments de parure en roche verte, y compris ceux imitant la variscite, étaient prisés et circulaient dans le Midi à cette époque. Une perle de la grotte de Montou à Corbère-Les-Cabanes (Pyrénées-Orientales) qui a été déterminée par diffraction de rayons X comme étant en variscite (Roscian *et al.,* 1992) est peut-être du Néolithique moyen I car la stratigraphie de ce gisement appartient principalement à la culture de Montbolo ou à un syncrétisme d'aspects du Montbolo et du Chasséen ancien. On ne sait malheureusement pas de quelle strate elle provient, ce qui empêche de proposer une datation plus précise.

Dans le Toulousain, une petite perle discoïde en variscite était portée par un enfant de trois-quatre ans inhumé dans le silo 19 du site de la ZAC Agora à Cugnaux en Haute-Garonne (fig. 2). Le comblement de ce silo a livré des fragments de vases qui sont typiques de l'étape ancienne du Chasséen garonnais, notamment une assiette à bord épaissi et des vases globuleux à profil galbé munis d'anses en ruban funiculaires (Marlière *et al.,* 2008). Cette sépulture n'a pas pu être datée mais elle fait partie d'un groupe qui a livré du mobilier semblable dont deux ont pu être datées. La sépulture 13 est datée Ly 3697 : 5310 ± 40 BP soit entre 4250-3990 BCE et la sépulture 30 : 5340 ± 45 BP soit 4330-3970 BCE.

D'après ces données on peut considérer que des éléments de parure en *callaïs* (variscite et malachite) ont atteint le Midi de la France à partir du XLIVe siècle BCE lors des étapes formatives et anciennes du Chasséen. D'après la documentation actuelle il s'agit dans chaque cas de parures avec un seul élément de petite dimension, ce qui signifie peut-être que la callaïs ne circulait qu'en très petites quantités à cette



Fig. 2 : Cugnaux Zac Agora, sépulture 19. Inhumation d'un enfant de trois ou quatre ans dans un trou à la base d'un silo. On note la présence d'une perle discoïde en callaïs devant l'arcade sourcilière gauche. Cl. P. Marlière, Inrap.

époque. Leur localisation dans le Sud-Ouest (Roussillon, Languedoc méditerranéen et Toulousain) dans des contextes liés peu ou prou avec la culture pyrénéenne de Montbolo suggère un lien avec la Catalogne où les évidences d'exploitation de la variscite de Gavà sont attestées à la même époque.

2. L'importance de la *callaïs* dans les contextes du Chasséen classique et récent du Midi de la France

Avec une étape de transition caractérisée par des faciès particuliers comme le groupe de Bize que l'on situe vers la fin du Ve millénaire ou à la charnière des Ve et IVe millénaires, le Néolithique moyen II du Midi de la France correspond au développement du Chasséen méridional classique (4000-3850 BCE) et récent (3850-3500 BCE). Cette période est marquée par des trouvailles d'éléments de parure en *callaïs* plus nombreuses dans le sud-ouest de la France et coïncide avec une extension de la diffusion vers quelques sites à l'est du Rhône, notamment à la station du Grès d'Orange dans le Vaucluse et dans la fosse 59 du site des Moulins à Saint-Paul-Trois-Châteaux dans la Drôme (fig. 3).

Pour cette période on connaît des éléments de parures isolés trouvés dans des contextes domestiques comme c'est le cas à Auriac (Carcassonne) où une perle discoïde cassée a fait l'objet d'une tentative de reperçage (fig. 4, n°1). Cette enceinte à fossé doublé d'une levée de terre vient de faire l'objet de nouvelles datations plus précises dont le traitement bayésien situe l'occupation entre 3980-3797 BCE (Schulz Paulsson *et al.,* ce volume). D'autres éléments ont été trouvés dans le fossé d'enceinte PI7-1 de Villeneuve-Tolosane (Haute-Garonne), il s'agit d'une perle discoïde, d'un fragment de perle olivaire et d'un fragment de pendentif plat en forme de languette cassé au niveau d'une perforation non achevée (probablement à la suite d'une tentative de reperçage ; fig. 4, n°2 à 4).

Les trouvailles les plus intéressantes du Chasséen classique et récent sont celles de parures trouvées en place.

À Villeneuve-Tolosane, la sépulture 1 fouillée par L. Méroc (1960) était celle d'un sujet adulte inhumé à la base d'un fossé d'enceinte. Ce sujet était en position fléchie sur le côté gauche avec le torse reposant presqu'à plat (affaissement au cours de la décomposition ?) et recouvrant le membre supérieur gauche qui était replié, la main étant ramenée sous la tête. Le crâne avait basculé et se présentait par sa face supérieure en reposant à la fois sur les vertèbres cervicales et les os du poignet et de la main gauche. C'est à cet emplacement que des perles en roches diverses ont été trouvées (fig. 4, n°5 et 6). Il s'agit de trois perles olivaires en carbonate de calcium (calcaire, calcite rosée ou corail ?), de six perles en *callaïs* de couleur vert pomme (une discoïde, une cylindrique et quatre olivaires) et d'une centaine de minuscules petits disques en ardoise dont le diamètre moyen est de 0,3 cm. D'après L. Méroc il s'agissait d'un collier composite, les grosses perles en calcaire et en *callaïs* étant séparées par des groupes de petites perles en ardoise. Toutefois cette interprétation est difficile à accepter sans réserve, puisqu'on n'a pas de relevé et que la seule photo prise au moment du décapage ne montre que deux grosses perles côte à côte. Ces deux perles que l'on peut reconnaître comme deux perles en *callaïs* sont à proximité de fragments de vertèbres cervicales et aussi d'os du carpe gauche, ce qui ne permet pas de savoir s'il s'agissait d'un

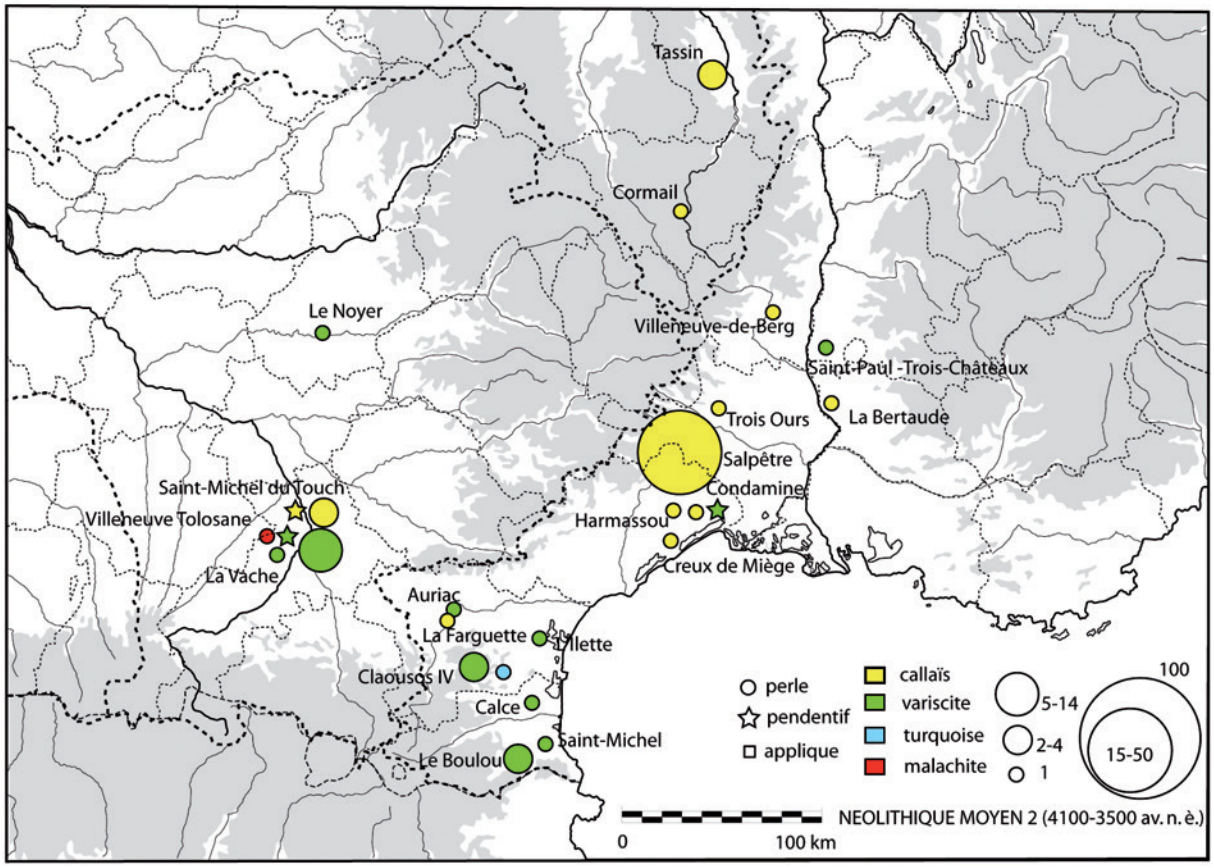


Fig. 3 : Carte de répartition des trouvailles d'éléments de parure en callaïs dans les sites du Néolithique moyen II du Midi de la France entre 4100 et 3500 BCE. Réal. J. Vaquer.

collier ou d'un bracelet, voire de deux éléments distincts (Vaquer *et al.,* 2008). Cette sépulture qui avait été prélevée en bloc a ensuite été vandalisée au dépôt de fouilles de Toulouse et la plupart des éléments ont été récupérés au tamisage à l'eau, sans qu'on puisse déterminer leur disposition d'origine. Ces perles en *callaïs* ont été analysées par méthode PIXE, elles sont en variscite (Querré, 2008).

À Saint-Michel-du-Touch (Toulouse, Haute-Garonne) deux grandes tombes en chambres souterraines ont livré des éléments de parure en *callaïs*. Dans le monument funéraire A 185, qui contenait les restes partiels de deux sujets, quatre éléments de parure en *callaïs* ont été trouvés dispersés au niveau du groupe d'os n°2 (Méroc *et al*., 1979 ; Cap Jédikian *et al.,* 2008). Il s'agit d'un petit cabochon non percé en calotte sphérique, d'un petit pendentif en larme à perforation excentrée dans la partie la plus mince et de deux grosses perles parfaitement régulières, une étant sphérique et l'autre olivaire (fig. 4, n°7 à 10). Il est possible que d'autres éléments en *callaïs* aient été enlevés de cet ensemble exceptionnel, car la tombe a été traversée par plusieurs tranchées d'un chantier de construction. Dans l'autre tombe en chambre fouillée par l'abbé Bacrabère une seule grosse perle elliptique, de 1,5 cm de diamètre, parfaitement polie a été trouvée (fig. 4, n°11). D'après le mobilier céramique associé à ces deux tombes, notamment la présence de coupes à sillon, d'écuelles carénées ouvertes, de vases à épaulement, il est possible d'attribuer ces éléments au Chasséen garonnais classique ou récent, c'est-à-dire à la première moitié du IVe millénaire BCE. La typologie des pièces de Saint-Michel-du-Touch comporte des pièces particulières et rares. Le cabochon en calotte de sphère ressemble à un chaton de bague ou à une applique collée mais comme on ne sait pas si ce type de bague existait vraiment au Néolithique le point de comparaison le plus satisfaisant est constitué par des préformes de perles non percées, telles qu'elles ont été trouvées dans les mines 8 et 32 de Can Tintorer à Gavà (Villalba *et al.,* 1986). Le petit pendentif en larme est d'un type fréquent en Catalogne au Néolithique ancien, mais il est beaucoup plus rare au

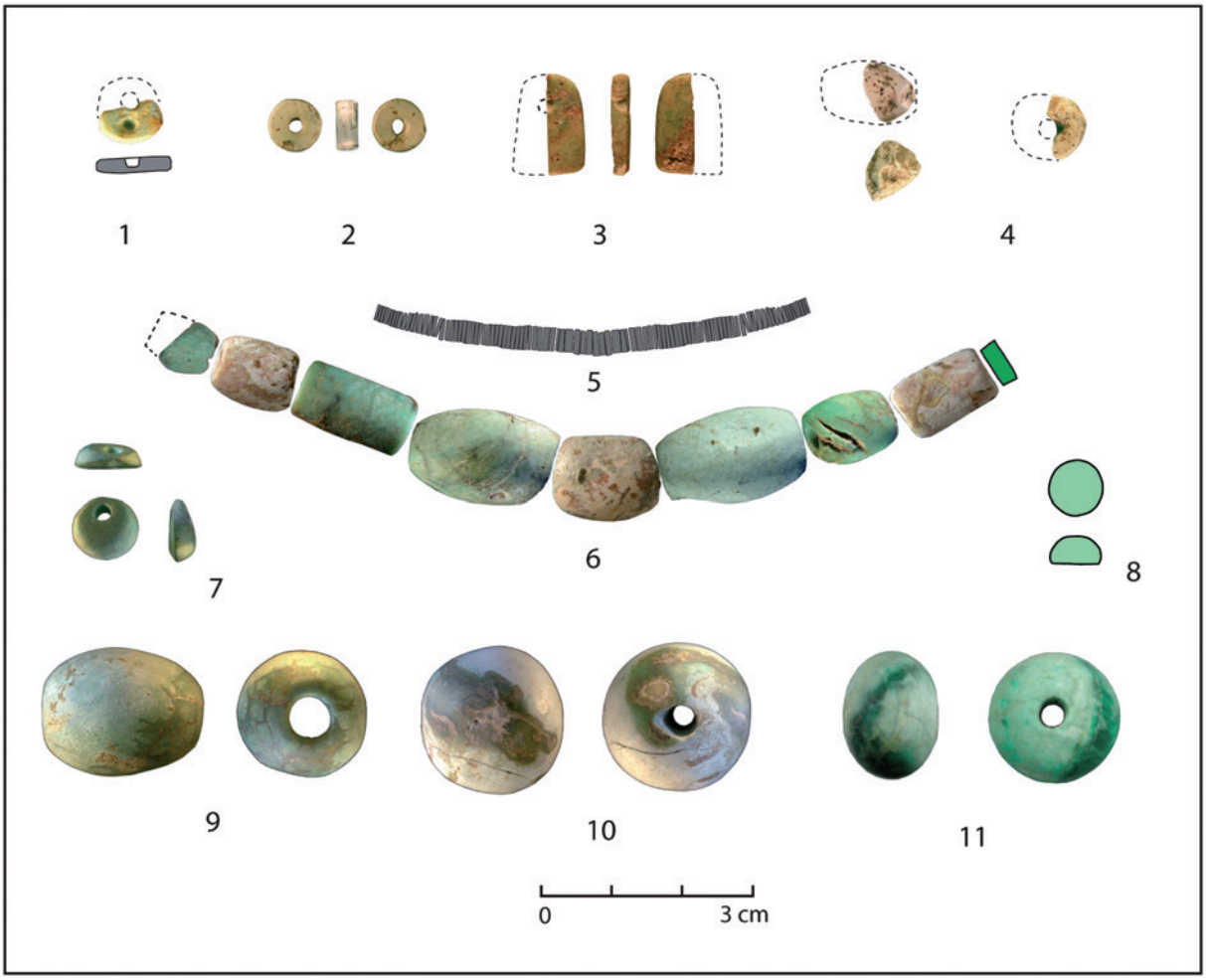


Fig 4 : Éléments de parure en *callaïs* du Néolithique moyen II du Midi de la France. n°1 Auriac, Carcassonne (Aude) ; n°2 à 4 fossé chasséen P17-1 de Villeneuve-Tolosane (Haute-Garonne) ; n°5 et 6 éléments de parure minérale de la sépulture 1 de Villeneuve Tolosane (Haute-Garonne) ; n°7 à 10 éléments de parure en variscite de la sépulture A 185 de Saint-Michel-du-Touch à Toulouse (Haute-Garonne) ; n°11 perle en *callaïs* de la Tombe Bacrabère de Saint-Michel-du-Touch (Haute-Garonne). Cl. G. Cap Jédikian et J. Vaquer. Réal. DAO J. Vaquer.

Néolithique moyen puisque seulement trois sites en ont livré au sud des Pyrénées : Baranco de la Mina Vallferra de Mequinensa en Aragon (Royo, 1984) et en Catalogne au Mas del Boixos à Pacs del Penedès et Monjuic d'Altes à Bassella (Edo, 1991). La grosse perle sphérique est elle aussi d'un type peu fréquent en Catalogne : elle est connue notamment dans l'extraordinaire collier de la Bobila Padró de Ripollet où on en compte seulement un exemplaire sphérique sur 281 perles. On connaît aussi quelques autres perles sphériques à la Cova de l'Arbreda de Serinyà, au *Sepulcre* del Mas de l'Abella à Cornudella de Prades ou au *sepulcre* B6 de Bobila Madurell à Sant Quirze del Vallès. La grosse perle elliptique de la sépulture Bacrabère est elle aussi d'un type assez rare en Catalogne, on la connaît par exemple dans le *sepulcre* 3 de la nécropole El Solar à Riner dans le Solsonès (Edo, 1991).

En Languedoc, un collier complet de perles en *callaïs* a été trouvé dans la grotte du Salpêtre de Pompignan (Gard). C'est une cavité longiligne qui s'est développée le long d'une diaclase de la falaise bordant à l'ouest le massif de Coutach. Elle a été habitée sur une cinquantaine de mètres au Néolithique. Son remplissage stratifié comportait plusieurs niveaux qui ont livré des vestiges chasséens (Cours, 1981) et du Néolithique final / Chalcolithique de style Ferrières et Fontbouïsse (Audibert, 1954). C'est dans un contexte chasséen mais à l'état isolé (dépôt ou cachette ?) que S. Cours a récupéré un collier complet constitué de 17 perles en « *callaïs* » (fig. 5). Sur le plan typologique il s'agit d'un ensemble comportant :

une perle discoïde, trois perles sub-cylindriques et treize perles olivaires à section transversale ronde ou aplatie. On ignore quelle pouvait être la position de ce collier dans la cavité. Il est certain que ce n'était pas une sépulture, on peut penser à une cachette ou à un dépôt. D'après la description succincte des éléments en céramique chasséens trouvés dans la grotte, la stratigraphie pourrait avoir contenu plusieurs niveaux. Dans le mobilier, on note des caractères typologiques attribuables à la fin du Chasséen ancien (vases avec décors gravés après cuisson dont deux ont été figurés par Audibert, 1954) et de façon certaine des éléments attribuables au Chasséen classique ou récent (coupes à sillon périphérique, écuelles carénées, vases à épaulement). Nous savons que ce collier a été confié par S. Cours à F. Claustre dans le cadre d'un programme analytique poursuivant celui de l'ATP en archéologie métropolitaine : *Origine et diffusion de diverses matières premières dans la France méditerranéenne et ses abords au Néolithique.* Comme il a été rendu ensuite à S. Cours nous pensons que des analyses ont peut-être été réalisées mais leurs résultats sont inconnus.

D'autres éléments de parure trouvés dans la grotte IV de las Claousos à Auriac (Aude) ont été attribués au Chasséen récent en raison de leur association avec d'autres éléments de mobilier typique (pointe de type Coste Rouge, hache en jadéitite) et d'une datation compatible sur os humain : Beta - 330904 : 4830 ± 30 BP soit 3760 – 3640 BCE (Guilaine *et al.,* 2015a). Ils n'ont pas vraiment été trouvés en connexion mais à l'état dispersé ou en petits groupes dans cette grotte funéraire d'une dizaine de mètres de long dont le remplissage a été perturbé par des animaux fouisseurs (fig. 6). Le lot complet se compose de huit perles en calcite ou calcaire blanc (deux annulaires, trois elliptiques et trois en tonnelet), deux perles sur petits galets, six perles en minéral vert (deux discoïdes, une sub-cylindrique et trois en tonnelet dont une aplatie) et onze perles discoïdes en ardoise dont le diamètre est compris entre 0,675 et 0,822 cm. Cinq des perles en minéral vert ont été analysées par méthode LA-ICP-MS ce qui a permis de les caractériser comme étant en variscite dont la composition est proche de celle du gisement d'Encinasola (Guilaine *et al.,* 2015b). La sixième est en turquoise (Chantret, Guilaine, Guillemaut, 1970) et aurait une autre origine (peut-être Gavà où ce minéral est attesté ?). Dans la mesure où par sa composition ce lot est semblable à celui de la sépulture 1 de Villeneuve-Tolosane, il paraît utile de se reporter au plan de répartition. Celui-ci révèle que les petites perles en ardoise ont été trouvées groupées au troisième mètre après l'entrée de la grotte et formaient sans doute un élément à part. La perle en turquoise a été trouvée associée à une perle en calcite elle aussi en tonnelet vers le milieu de la grotte. Au septième mètre se trouvait un groupe de cinq perles en calcite groupées, plus ou moins associées à deux perles en variscite (une discoïde et une en tonnelet) et à une grosse perle sur un galet de cinérite. Encore plus loin au huitième mètre se trouvaient deux perles en calcite et une cylindrique en variscite. Au fond de la grotte se trouvaient deux perles en variscite (une discoïde et une en tonnelet aplatie) et une perle olivaire sur galet de roche noire. Ces informations ne permettent pas vraiment de comprendre l'organisation de la parure ou des parures représentées. La seule certitude est qu'un petit groupe de cinq perles en calcite formait un segment homogène de collier ou de bracelet. De plus l'analyse des perles proposant une provenance d'Encinasola est inattendue puisqu'on admet implicitement que les variscites du Chasséen méridional proviennent plutôt de Gavà.



Fig. 5 : Grotte du Salpêtre de Pompignan, Gard. Collier de perles en *callaïs* trouvé à l'état isolé dans une couche chasséenne par S. Cours. Cl. S. Izac, SRA du Languedoc-Roussillon.

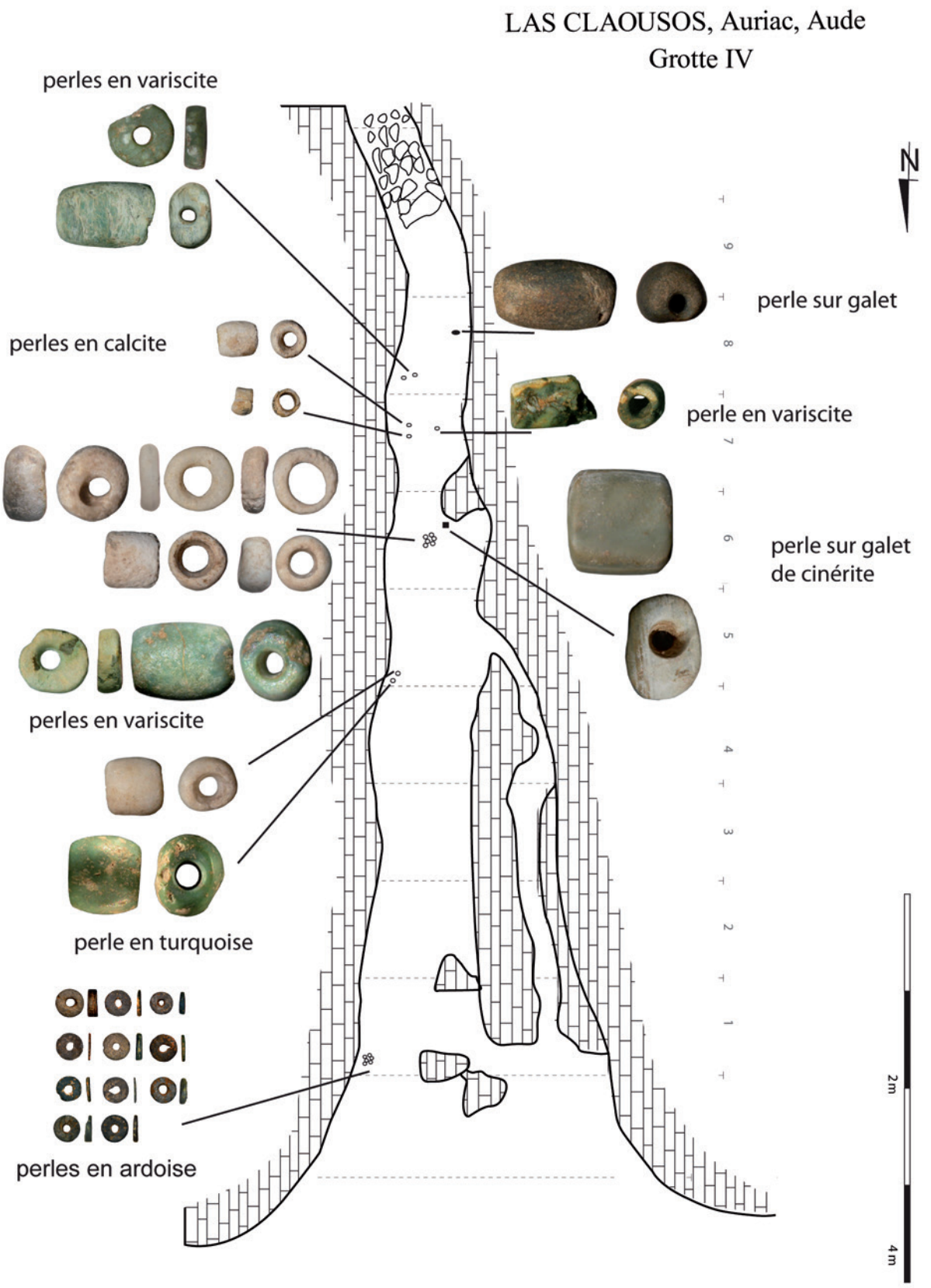


Fig. 6 : Grotte de Las Claousos IV à Auriac, Aude. Plan de la grotte sépulcrale avec localisation des trouvailles d'éléments de parure en matières minérales. Réal. J. Vaquer d'après I. Carrère *in* Guilaine *et al.,* 2015.

3. La persistance des importations de parures en callaïs au Néolithique final / Chalcolithique dans le Midi

La présence d'éléments de parure en *callaïs* dans les sépultures collectives du Néolithique final, qu'il s'agisse de grottes funéraires ou de monuments mégalithiques, est un fait avéré depuis longtemps (fig. 7). Quelques monuments de cette période sont d'ailleurs parmi ceux qui ont livré les plus grands nombres de perles en *callaïs*. C'est le cas du dolmen du Clot de l'Oste à Bouisse (Aude) qui a livré au moins 130 perles (Guilaine *et al.,* 2015 b) ou du collier de l'hypogée de Castelet de Fontvieille (Bouches-du-Rhône) qui comportait 114 perles (Cazalis de Fondouce, 1878 ; Guilaine, 2015). Comme la plupart de ces contextes ont eu une très longue durée d'utilisation au cours de cette période entre 3500-2300 BCE et ont été fouillés anciennement, il est souvent impossible de proposer des datations précises pour la majorité de ces éléments.

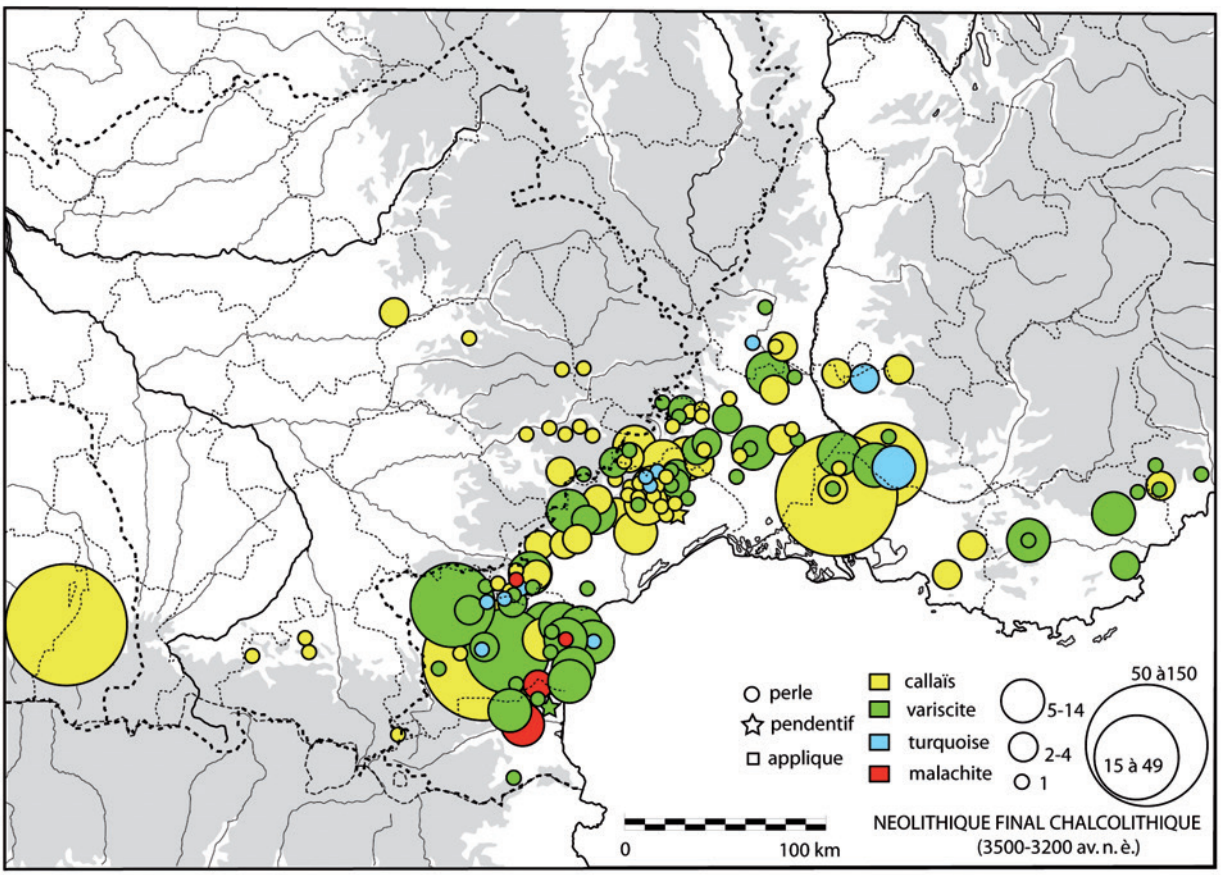


Fig. 7 : Carte de répartition des trouvailles d'éléments de parure en *callaïs* dans les sites du Néolithique final ou Chalcolithique du Midi de la France entre 3500-2300 BCE. Réal. J. Vaquer.

Il est certain que « la *callaïs* » est attestée au Néolithique final I (3500-3200 BCE) par exemple sous forme de l'unique perle olivaire aplatie en variscite, déterminée en spectroradiométrie par M. Errera qui a été trouvée dans le monument funéraire souterrain de Cabrials (Béziers, Hérault) (fig. 11, n°2). Ce type architectural qui évoque une petite « allée couverte » à cause de la présence de pieds-droits au niveau de l'entrée est intéressant car il représente un type transitionnel entre les chambres à entrée frontale du Néolithique moyen et les dolmens semi-enterrés du groupe dit « bas- rhodanien » qui ont eux aussi une entrée bordée de pieds-droits (Tchérémissinoff *et al.,* 2012). Les datations obtenues à Cabrials sont problématiques, une étant clairement dans le Néolithique final I (Erl 12271 : 4632 ± 76, soit entre 3539 et 3309 BC à 1 sigma), l'autre étant dans le Néolithique final II (Erl 12270 : 4384 ± 44 soit 3106-2900 BC à

2 sigmas). La présence d'une lame en silex de Collorgues dans le mobilier n'étant pas en accord avec la datation la plus haute, nous aurions tendance à situer ce monument vers 3200 BCE à la fin du Néolithique final I ou au début du Néolithique final II.

La *callaïs* est connue aussi au Néolithique final II (3200-2800 BCE) dans divers groupes culturels. Dans le Ferrières on connaît des perles olivaires étroites, comme à la grotte des Trois Chênes de Rouet, ou allongées et aplaties comme au dolmen de Ricome 3 à Notre-Dame-de-Londres (Hérault). Il existe aussi des perles olivaires longues et aplaties dans le groupe des Treilles ancien à la Grotte des Treilles, Saint-Jean-et-Saint-Paul en Aveyron (Balsan, Costantini, 1972) et dans le groupe du Fraischamp, à l'abri de Sanguinouse à Laroque-sur-Perne en Vaucluse (Sauzade, 1983). Des perles discoïdes et une cylindrique sont attestées dans le mobilier du dolmen de Peyro Blanco à Saint-Julien-des-Rosiers (Gard). On les connaît aussi dans le Chalcolithique ancien du Dolmen des Gavots à Orgon dans les Bouches-du-Rhône qui a livré une quarantaine de perles discoïdes en variscite et en turquoise (Sauzade, 1979).

Il existe des éléments en *callaïs* dans plusieurs ensembles attribuables au Néolithique final III (ou plein Chalcolithique entre 2800 et 2400 BCE). Dans la région des Grands Causses on peut citer une perle olivaire aplatie et une perle discoïde de la couche 6 de la grotte des Cascades à Creissels en Aveyron qui appartient très clairement à l'étape récente du groupe des Treilles à pointes aveyronnaises et à poignards en silex pressigniens (Costantini, 1984). En contexte Vérazien on peut citer deux perles discoïdes du niveau inférieur du dolmen de Boun Marcou à Mailhac, Aude (Martin-Granel, 1959). Les trouvailles dans la culture de Fontbouïsse sont nombreuses (Barge, 1982), on peut citer les perles discoïdes et olivaires à côtés obliques de la grotte du Chemin de Fer à Boucoiran (Gard), une perle olivaire longue de l'abri du Brugas à Vallabrix (Gard) ou une autre de la station de Gravas à Saint-Mathieu-de-Tréviers (Hérault). Il existe aussi des perles olivaires étroites comme celles de la Grotte Basse de Montclus (Gard), des perles discoïdes irrégulières comme celles de la tholos de Roucayrol à Brissac (Hérault) et même un pendentif pointu du dolmen de Maupas à Viols-Le-Fort dans l'Hérault. En Provence la plupart des trouvailles de perles en *callaïs* (variscite ou turquoise) sont de cette époque, notamment une perle olivaire aplatie et une autre plate triangulaire de l'hypogée des Crottes à Roaix dans le Vaucluse (Schvoerer *et al.,* 2000).

Parmi les éléments de parure en *callaïs* attribués à cette période figurent en bonne place les éléments d'une parure trouvés dans la grotte des Fées de Lunas (Hérault). Cette cavité comporte une galerie latérale qui était obturée par un muret en pierre sèche et qui contenait une sépulture collective. Elle a été fouillée en 1935-1936 par le docteur J. Brunel qui a donné un compte-rendu de ses trouvailles six ans plus tard (Brunel, 1942). Parmi le riche mobilier exhumé il a été trouvé 13 éléments en *callaïs*, soit onze perles et deux moitiés d'une très grosse perle qualifiée à tort de pendeloque.

Cette pièce en forme de cylindre aplati a été considérée comme une des plus grosses connues dans le Midi, elle mesure 45 mm de long, 25 mm de large et 10 mm d'épaisseur, elle pèse 27 g. Elle se compose de deux morceaux cassés longitudinalement au niveau de la perforation et qui, d'après J. Brunel, se raccordent parfaitement bien qu'ils aient été trouvés à 1,90 m de distance l'un de l'autre. Ils auraient été rattachés solidement l'un à l'autre par un lien extérieur qui aurait laissé des traces profondes et très visibles (fig. 8). Désirant vérifier cet état de fait nous avons examiné cette pièce à la loupe binoculaire et avons pu constater que le collage ancien est sans doute erroné, ce qui rend très douteuse l'hypothèse de la ligature. Nos arguments pour contester le collage sont les suivants. L'aspect superficiel des deux pièces est très différent, l'un est lisse et bien poli, l'autre est complètement vermiculé. Sur les deux faces planes « a » et « c » le raccord des deux parties semble correct en zone centrale mais présente des discontinuités vers les extrémités. Les vues frontales des deux faces percées « e » et « f » sont plus probantes. La face « e » montre que la partie droite est plus épaisse que la gauche et que les arêtes de la bordure du trou ne coïncident pas, il en est de même sur la face « f ». L'examen des rainures à fort grossissement a montré qu'elles ne sont pas dues à une usure de lien mais à des entailles. Leur coïncidence est relativement bonne sur la face « a », mais elle est aberrante sur la face « c » où il y en a deux à droite et une seule à gauche. Il nous semble donc que les deux parties n'appartenaient pas à la même perle mais à deux différentes que l'on a tenté de sectionner pour les recycler en perles plus petites. Ce genre de pièce est

bien à sa place dans un contexte attribué au Chalcolithique. Une autre semblable de 3 cm de long a été trouvée dans le dolmen de Montaut à Saint-Saturnin (Hérault), trois autres sont connues dans un niveau de l'Âge du Bronze (probablement en position remaniée) à la grotte de Labeil à Laurou (Hérault)) (Barge, 1982).

D'après J. Brunel (1942) les 11 autres perles en *callaïs* avaient des formes variées : trois à trois trous, quatre de la forme « 4 de Temple » (c'est à dire elliptiques étroites), trois en cylindres aplatis et deux en rondelles aplaties. Lorsque H. Barge (1982) a repris l'étude de ces éléments pour sa thèse, elle a cité 11 perles en callaïs dont la grosse recollée. Elle les a classées en quatre ovoïdes T1 (elliptiques étroites), une cylindrique, six ovoïdes T2 (olivaires dont la grosse recollée) et trois perforées en T (ce qui fait un total de quatorze dont neuf ont été dessinées !). Récemment nous avons photographié ces éléments assemblés en collier à la Société archéologique de Montpellier et avons pu constater qu'il s'agit de 13 éléments sans la grosse perle (fig. 9). En les numérotant de gauche à droite on peut faire le classement suivant : deux perles discoïdes calibrées (1 et 13), une perle cylindrique (2), deux perles olivaires longues (3, 7), trois perles olivaires perforées en T (6, 8, 9), deux pendentifs en larme à perforation nettement excentrée (4 et 10) et trois perles elliptiques étroites (5, 11 et 12). La reconnaissance de deux pendentifs en larme dans ce lot est intéressante car elle permet de mieux comprendre la fonction des perles perforées en T qui dans le mobilier de la grotte se trouvent aussi bien dans le lot des perles en *callaïs* que dans le lot des perles en calcaire ou en calcite. Ce dernier lot est très important puisqu'il comporte 109 perles, il est possible qu'il ait formé une parure en plastron mixte dans laquelle les perles à trois trous auraient servi soit à relier les rangs, soit en lisière à fixer des pendentifs sur les perles vertes (fig. 10). Ce genre de disposition est documenté notamment sur les statue-menhirs féminines d'Alpespy 1 et 2 (Mounès-Prohencoux, Aveyron) (Maillé, 2010).
La datation de ces éléments au Néolithique final III ou plein Chalcolithique est bien établie à la grotte des Fées de Lunas qui a livré deux lames de poignards à languette trapézoïdale crantée de type Fontbouïsse et des perles annulaires en tôle de cuivre enroulée ainsi que de la céramique et du lithique typique du Fontbouïsse de la bordure caussenarde, faciès qui intègre des aspects du groupe des Treilles. Parmi ces

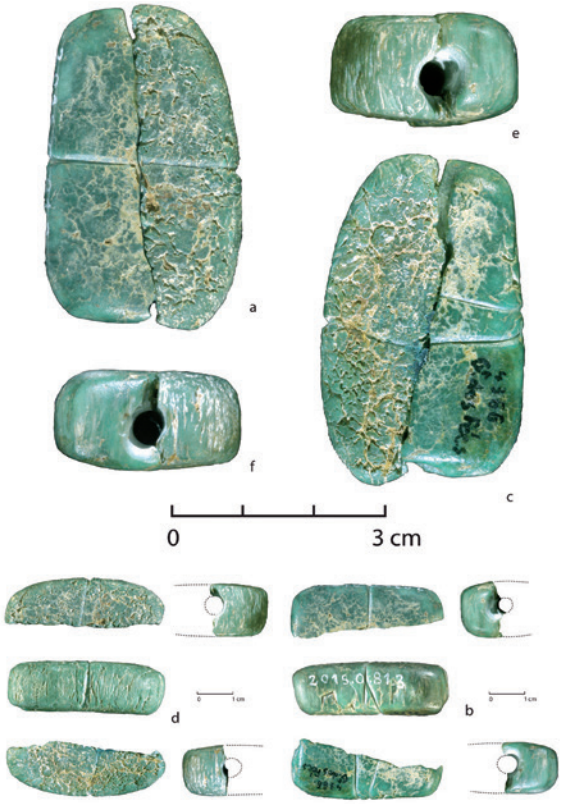


Fig. 8 : Grotte des Fées de Lunas, Hérault. Grosse perle en *callaïs* telle qu'elle a été recollée par J. Brunel qui la considérait comme réparée au moyen d'une ligature qui aurait laissé des traces sur la surface externe. En fait le collage est douteux et les rainures semblent dues à des tentatives de sciage des deux fragments. Réal. J. Vaquer.



Fig. 9 : Grotte des Fées de Lunas, Hérault. Éléments de parure en *callaïs* assemblés en collier tel qu'il est conservé au Musée de la Société archéologique de Montpellier. Cl. J. Vaquer.

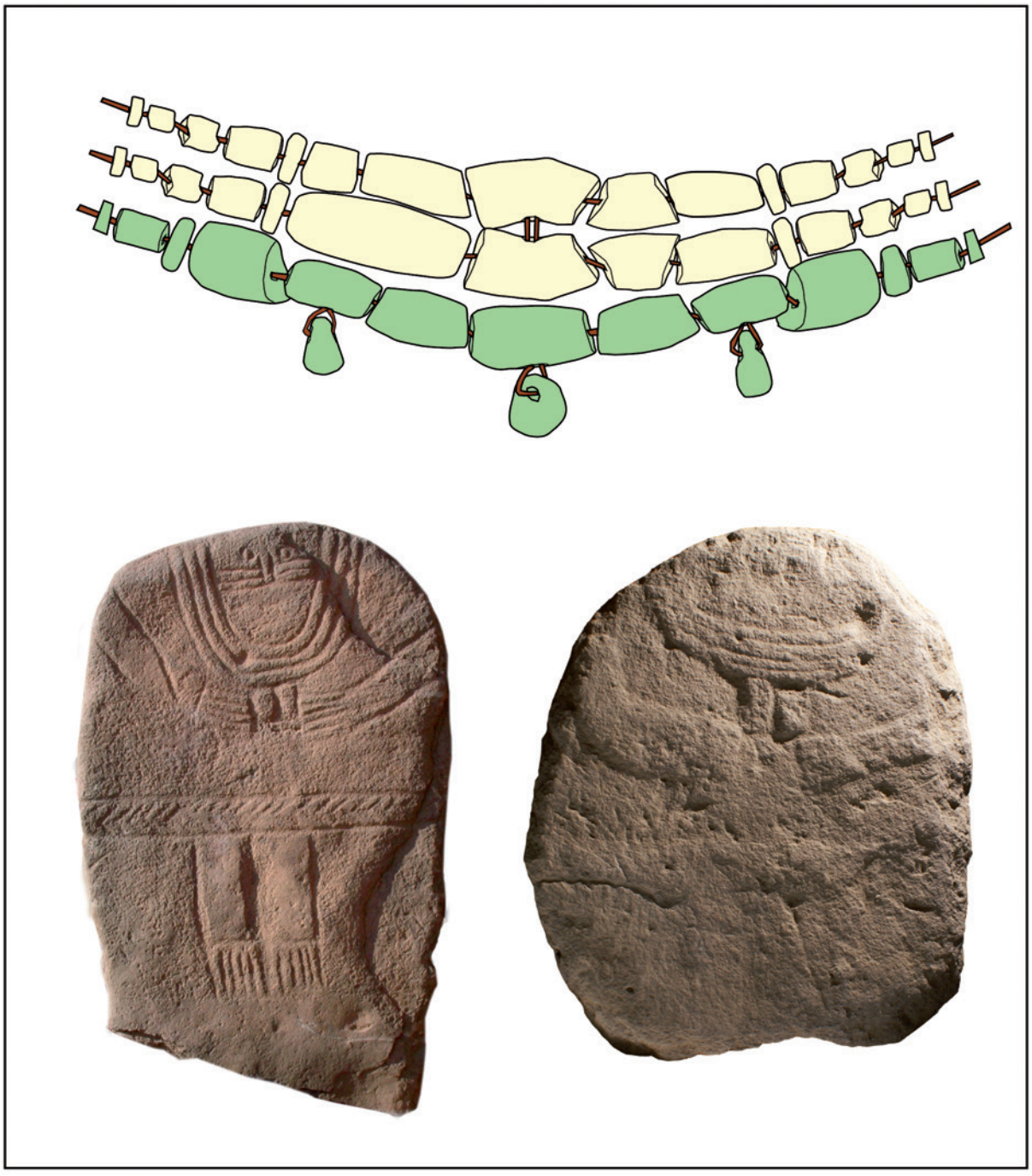


Fig. 10 : Restitution hypothétique de la parure mixte de perles en *callaïs* et en calcaire de la grotte des Fées de Lunas (Hérault), avec un montage en collier plastron inspiré de l'iconographie des statue-menhirs rouergates. À gauche statue-menhir d'Albespy 2 à Mounès Prohencoux (Aveyron) et à droite statue-menhir de Bon Espoir à Viane (Tarn). Dessin réal. J. Vaquer d'après Barge, 1982. Cl. statues-menhirs M. Maillé.

éléments les deux pointes aveyronnaises en chaille du Bajocien caussenard ne sont sans doute pas des offrandes car elles présentent des cassures ou des traces d'impact. Nous pensons qu'elles étaient peut-être fichées dans le corps de l'un des défunts déposés dans la cavité.

Une autre parure censée être d'un Chalcolithique pré-campaniforme est le collier de 92 perles discoïdes et une cylindrique en *callaïs* du coffre 6 du monument de la Halliade à Bartrès (Hautes-Pyrénées). En plus des perles vertes, cette parure comportait un pendentif rectangulaire biforé en tôle d'or (fig. 11, n°4).

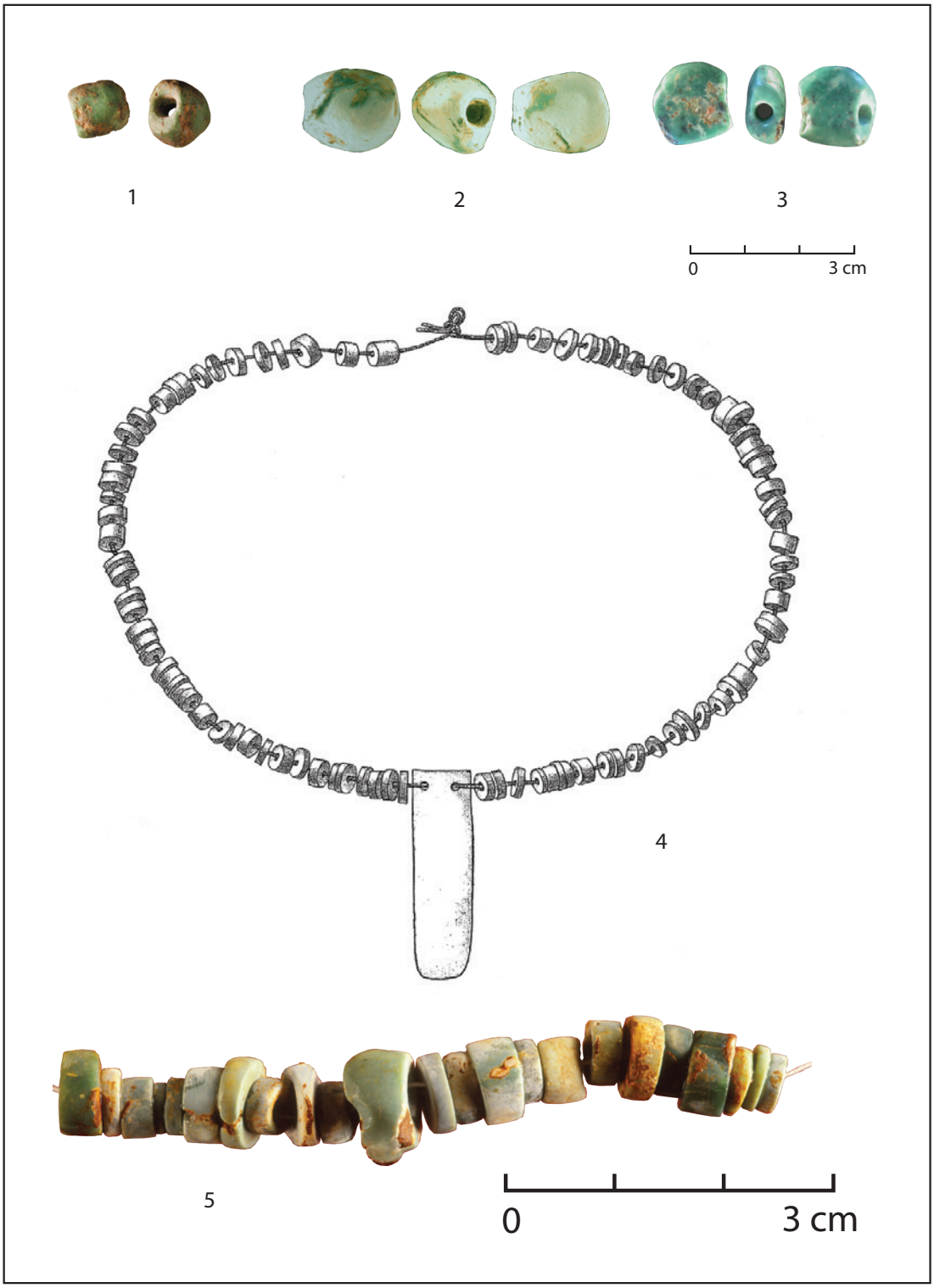


Fig. 11 : Éléments de parure en *callaïs* du Néolithique final et du Chalcolithique du Midi de la France. N°1 perle du dolmen de Cazejourde, La Couvertoirade (Aveyron) ; n°2 perle de l'allée couverte de Cabrials, Béziers (Hérault) ; n°3 perle de la grotte du Four, Le-Clapier (Aveyron) ; n°4 collier de grains de callaïs et pendentif en or du monument de la Halliade de Bartrès (Hautes-Pyrénées) ; n°5 perles discoïdes en variscite du niveau campaniforme du fossé de Mourral, Trèbes (Aude). Cl. n°1, 3, 5 J. Vaquer, n°2 M. Remicourt. Dessin n°4 lithographie Pilloy *in* Piette 1881.

Ce monument composite a été fouillé par E. Piette en 1880 et publié sous forme d'un article un an après (Piette, 1881). Rappelons qu'il était formé de huit coffres adjacents sans communication entre eux dont sept alignés dans le sens est-ouest et un latéral accolé au coffre 2 vers le sud qui était orienté quant à lui vers le nord. Il résulte d'une adjonction de plusieurs monuments funéraires qui se sont succédés au cours du temps. D'après J.-P. Mohen (1978) qui a corrélé le plan publié et ce qu'il reste des collections E. Piette au Musée des Antiquités Nationales, l'ensemble mégalithique inférieur aurait été édifié d'est en ouest à l'inverse de la numérotation des coffres donnée dans la publication *princeps* et le dernier coffre ajouté serait le latéral. Le tout aurait été recouvert d'une sépulture à incinération centrale à l'Âge du Fer, elle-même ayant fait l'objet d'une recharge tumulaire bordée d'une couronne de 20 m de diamètre faite de gros galets plantés. L'interprétation chronologique de J.-P. Mohen est fondée sur le fait que le coffre 4 a livré des vases polypodes du Bronze moyen, le coffre 5 des gobelets campaniformes décorés dans les styles AOC (*All Over Cord impressed*) et maritime et le coffre 6 un groupe de huit vases non décrits comme campaniformes alors que Piette savait parfaitement les reconnaître. C'est ce qui l'a conduit à dater le coffre 4 d'un Chalcolithique pré-campaniforme en arguant du fait que des objets en or pouvaient être antérieurs à cette culture. Notons toutefois que le pendentif en tôle d'or qui accompagne les grains de *callaïs* ne déparerait pas dans un contexte campaniforme, en effet de telles pièces ont été trouvées récemment comme pendentifs d'un diadème dans la tombe du Camino de las Yeseras à San Fernando de Henares (Madrid) (Blasco y Rios, 2010). Cette hypothèse est plausible au moins pour ces trois coffres mais reste fragile pour les autres qui n'ont pas livré de mobilier ou pour le coffre latéral qui a livré une hache en pierre polie qu'il ne nous semble pas logique de dater du Bronze moyen ou d'un contexte encore plus récent !

4. La callaïs et le Campaniforme du Midi de la France

Bien que quelques éléments de parure en *callaïs* aient été trouvés dans des sépultures collectives ayant livré des gobelets campaniformes, J. Guilaine dans son mémoire sur les campaniformes pyrénéens (Guilaine, 1967) ne les a pas retenus comme des éléments typologiques probants. Il est certain cependant que des perles en *callaïs* ont continué à circuler au moment du Campaniforme (Courtin, 1974). La trouvaille de 23 perles en variscite clairement associées à un lot de céramiques du style campaniforme international maritime sur le site de Mourral à Trèbes (Aude) est là pour le prouver (Vaquer, 1998). Il s'agit de perles discoïdes (fig. 11, n°5) qui étaient disséminées dans le remplissage supérieur d'un fossé d'enceinte contenant quelques os humains mal conservés (sépulture remaniée ?).

Conclusion

L'examen du corpus des éléments de parure en « *callaïs* » du Midi de la France qui ont pu être analysés fait apparaître qu'ils sont en variscite ou plus rarement en métavariscite, en turquoise ou en malachite.
Ces parures apparaissent au Néolithique moyen I dans le courant de la seconde moitié du Ve millénaire BCE sous forme de quelques perles discoïdes uniques. Elles ont été trouvées dans des sépultures ou dans des habitats localisés au nord de la zone pyrénéenne dans les sites attribués aux groupes culturels du Montbolo et du Chasséen ancien, voire à un syncrétisme de ces deux cultures.
Un réseau de diffusion à grande extension a existé pendant le Chasséen classique et récent dans le première moitié du IVe millénaire BCE (Toulousain, Languedoc méditerranéen, Rhône, Loire). Il s'agit d'éléments de parure diversifiés surtout en variscite, mais avec ponctuellement des mentions de turquoise et de malachite. Les éléments de parure de cette époque présentent une grande diversité typologique (appliques, perles étroites discoïdes ou elliptiques, perles longues olivaires, olivaires aplaties, cylindriques, sphériques ou elliptiques généralement régulières et des pendentifs, en larme ou plats). Plusieurs de ces types se retrouvent à l'identique dans le corpus catalan, ce qui suggère une provenance de Gavà.
La très grande majorité des éléments de parure du Midi méditerranéen provient de sites du Néolithique

final et du Chalcolithique. Il s'agit majoritairement de variscite mais aussi de turquoise et de malachite. Les types les plus fréquents sont des perles plates irrégulières (discoïdes, carrées, triangulaires, oblongues) mais on connaît aussi des perles cylindriques et des perles olivaires très souvent aplaties. Il y a peu de types spécifiques sauf peut-être les perles perforées en T. Il est difficile de préciser la chronologie fine de ces éléments en *callaïs* : on les trouve de façon certaine au cours de tout le Néolithique final / Chalcolithique y compris au cours du Campaniforme.

Bibliographie

Arnal, J. 1963. *Les dolmens du département de l'Hérault.* Paris, Presses Universitaires de France (série Préhistoire 15).

Audibert, J. 1954. Le Chalcolithique dans le Gard. *Bulletin de la Société préhistorique de France* 51(9-10) : 443-457.

Balsan, L. et Costantini, G. 1972. La grotte 1 des Treilles à Saint-Jean-et-Saint-Paul (Aveyron). Étude archéologique et synthèse sur le Chalcolithique des Grands Causses. *Gallia préhistoire* 15(1) : 229-250.

Barge, H. 1982. *Les parures du Néolithique ancien au début des Âges des Métaux en Languedoc.* Marseille, Centre national de la recherche scientifique.

Blasco, C. y Rios, P. 2010. La función del metal entre los grupos campaniformes. Oro versus cobre. El ejemplo de la region de Madrid. *Trabajos de prehistoria* 67(2) : 359-372.

Brunel, J. 1942. La grotte des Fées, commune de Lunas (Hérault). *Bulletin de la société archéologique scientifique et littéraire de Béziers (Hérault)* VIII : 87-104.

Campmajo, P. et Crabol, D. 1990. Le Néolithique et les débuts de l'Âge du Bronze en Cerdagne. *Travaux de préhistoire catalane* VI (1989-1990) : 81-101.

Cap-Jédikian, G., Perrin, T., Remicourt, M. et Servelle, C., 2008. Révision des données disponibles sur les aménagements funéraires du site de Saint-Michel-du-Touch (Toulouse, Haute-Garonne). *In* J. Vaquer, M. Gandelin, M. Remicourt et Y. Tchérémissinoff, *Défunts néolithiques en Toulousain* : 179-196. Toulouse, Éditions des Archives d'Écologie Préhistorique.

Cartailhac, E. 1885. Les grottes artificielles du Portugal. *Les matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme* 3e série(II) : 1-19.

Cazalis de Fondouce, P. 1878. *Les temps préhistoriques dans le Sud-Est de la France, Allées couvertes de la Provence (second mémoire).* Montpellier et Paris, C. Coulet et A. Delahaye.

Cazalis de Fondouce, P. 1881. Emploi de la callaïs dans l'Europe occidentale pendant les temps préhistoriques. *Les matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme.* 2e série (XII) : 166-178.

Chantret, F., Guilaine, J. et Guillemaut, A. 1970. Analyses de quelques perles méridionales en callais. *Bulletin de la Société préhistorique française* 67(7) : 216-219.

Costantini, G. 1984. Le Néolithique et le Chalcolithique des Grands Causses. *Gallia Préhistoire* 27(1) : 121-210.

Cours, S. 1981. Quelques documents céramiques chasséens du massif de Coutach (département du Gard). *Bulletin de la Société préhistorique française* 78(2) : 52-59.

Courtin, J. 1974. *Le Néolithique de la Provence.* Paris, éditions de la Société préhistorique française et du Centre national de la recherche scientifique (Mémoires de la Société préhistorique française 11).

Edo I Benaiges, M. 1991. *La callaís a Cataluny* Tesi de Licenciatura, Universitat de Barcelona.

Esteve Gàlvez, F. 2000. *Recerques aqueològiques a la Ribera baixa de l'Ebre.* Amposta, Museu del Montsià, ajuntament d'Amposta.

Forestier, F.-H., Lasnier, B., et L'Helgouach, J. 1973. À propos de la callaïs. Découverte d'un gisement de variscite à Pannecé (Loire-Atlantique). Analyses de quelques « perles vertes » néolithiques. *Bulletin de la Société préhistorique française* 70(6) : 173-180.

Guilaine, J. 1967. *La civilisation du vase campaniforme dans les Pyrénées françaises.* Carcassonne, Groupe audois d'études préhistoriques.

Guilaine, J. 2015. *Les hypogées protohistoriques de la Méditerranée Arles et Fontvieille.* Arles, Éditions Errance.

Guilaine, J., Vaquer, J., Zammit, J. (dir.) 2015a. *Grottes sépulcrales préhistoriques des Hautes Corbières. Les grottes de las Claousos à Auriac et de René Carrié à Termes (Aude).* Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique.

Guilaine, J., Vaquer, J., Gratuze, B. et Querré, G. 2015b. Les perles en variscite de la grotte de las Claousos IV et de la grotte René Carrié. *In* J. Guilaine , J. Vaquer et J. Zammit (dir.), *Grottes sépulcrales des Hautes Corbières. Les grottes de Las Claousos à Auriac et de René Carrié à Termes (Aude)* : Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique 89-104.

Héléna, P. 1937. *Les origines de Narbonne.* Toulouse, éd. Privat.

Labriffe (de), P.-A., Loison, G., Léa, V. et Hasler, A. 2007. De la fosse au mégalithe, de l'individuel au collectif : les constructions funéraires entre les V^e^ et IV^e^ millénaires en Languedoc oriental et en Provence. *In* P. Moinat et P. Chambon (éd.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental, Colloque (12-13 mai 2006 ; Lausanne)* : 27-39. Lausanne et Paris, Cahiers d'archéologie romande et Société préhistorique française.

Lacroix, A. 1910. *Minéralogie de la France et de ses colonies* : 479-486. Paris, Librairie polytechnique Ch. Beranger éditeur (tome 4).

Loison, G. et Schmitt, A. 2009. Diversité des pratiques funéraires et espaces sépulcraux sectorisés au Chasséen ancien sur le site du Crès à Béziers (Hérault). *Gallia Préhistoire* 51 : 245-272.

Maillé, M. 2010. *Hommes et femmes de pierre statues-menhirs du Rouergue et du Haut-Languedoc.* Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique.

Marlière, P., Vaquer, J., Texier, M., Gandelin, M., Giraud, J.-P. et Remicourt, M. 2008. Les sépultures de Cugnaux, la Vimouna et ZAC Agora. *In* J. Vaquer, M. Gandelin, M. Remicourt et Y. Tchérémissinoff (dir.), *Défunts néolithiques en Toulousain* : 99-148. Toulouse, Éditions des Archives d'Ecologie Préhistorique.

Martin Granel, H. 1959. L'allée couverte de Boun Marcou à Mailhac (Aude). *Gallia préhistoire* 2 : 39-56.

Méroc, L. 1960. Le village et la sépulture chasséens de Villeneuve-Tolosane (Haute-Garonne, France). *Zephyrus* XIII : 94-96.

Méroc, L. (+), Simonnet, G. avec annexe de Duday, H. 1979. Les sépultures chasséennes de Saint-Michel-du-Touch à Toulouse (Haute-Garonne). *Bulletin de la Société préhistorique française* 76 (10-12) : 379-407.

Mohen, J.-P. 1978. Tumulus des Pyrénées françaises. In *Actes du colloque de Puigcerda 1976, Els pobles pre-romans del Pirineu* : 97-108. Puigcerdá, Institut d'estudis ceretans.

Piette, E. 1881. Note sur les tumulus de Bartrès et d'Ossun. *Les matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme* 2e (XII) : 522-540.

Querré, G. 2008. Caractérisation des perles en callaïs trouvées sur les sites de Villeneuve-Tolosane et de Cugnaux (Haute-Garonne). *In* J. Vaquer, M. Gandelin, M. Remicourt et Y. Tchérémissinoff (dir.), *Défunts néolithiques en Toulousain* : 73. Toulouse, Éditions des Archives d'Ecologie Préhistorique.

Roscian, S., Claustre, F. et Diétrich, J.-E. 1992. Les parures du Midi méditerranéen du Néolithique ancien à l'Âge du Bronze : origine et circulation des matières premières. *Gallia Préhistoire* 34 : 209-257.

Royo guillen, J.I. 1984. Excavaciones del museo de Zaragoza en la necropolis prehistorica del Barranco de la Mina Vallferra, Mequinenza, Zaragoza. *Boletin del Museo de Zaragoza* 3 : 5-22.

Sauzade, G. 1979. Le dolmen des Gavots à Orgon (Bouches-du-Rhône). *Bulletin du Musée d'Histoire naturelle de Marseille* XXXIX : 65-80.

Sauzade, G. 1983. *Les sépultures du Vaucluse du Néolithique à l'Âge du Bronze.* Marseille et Paris, éditions du Laboratoire de paléontologie humaine et de préhistoire et Institut de paléontologie humaine.

Schvoerer, M., Boyer, R., Bechtel, F., Dubernet, S., L'Helgouac'h, J. et Courtin J. 2000. Sur l'émergence de l'artisanat verrier en France méridionale au Néolithique final/Chalcolithique : une nouvelle analyse physique de la perle de Roaix (Vaucluse, France). *Bulletin de la Société préhistorique française* 97(1) : 73-81.

Tchérémissinoff, Y., Pelle, R., Remicourt, M., Schmitt, A., Sendra, B. et Errera, M. 2012. *La sépulture collective mégalithique de Cabrials (Béziers, Hérault) : une petite allée sépulcrale enterrée du début du Néolithique final*. Aix-en-Provence, Association pour la promotion de la préhistoire et de l'anthropologie méditerranéenne (Préhistoires méditerranéennes 3).

Vaquer, J. 2014. Les pratiques funéraires au Néolithique moyen dans le Midi de la France. *Rivista di Scienze Preistoriche* LXIX : 5-24.

Vaquer, J. 1998. Le Mourral, Trèbes (Aude), a fortified languedocian late neolithic site, reoccupied by bell beakers. *In* M. Benz and S. van Willigen (ed.), *The Bell Beakers «phenomenon», Actes du séminaire Das Clockenbecherphänomen, Freiburg 1997* : 15-21. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Rerports International series 690).

Vaquer, J., Gandelin, M., Remicourt, M. et Tchérémissinoff, Y. (dir.) 2008. *Défunts néolithiques en Toulousain.* Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique.

Villalba, M.-J., Bañolas, L., Arenas, J. and Alonso, M. 1986. *Les mines neolítiques de Can Tintorer, Gavà, Excavacions 1978-1980.* Barcelona, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (Excavacions arqueologiques a Catalunya 6).

Villalba, M.-J., Edo, M. et Blasco, A. 2001. La callaïs en Europe du sud-ouest. État de la question. In *Du monde des chasseurs à celui des métallurgistes : changements technologiques et bouleversements humains en Armorique et ailleurs, des prémices de la néolithisation à l'entrée dans l'histoire* : 267-276. Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'ouest de la France (Revue archéologique de l'Ouest suppl. 9).

La parure en variscite au Néolithique dans la partie est de l'Espagne

Miquel Molist Montaña, Monica Oliva Poveda

Résumé. Cette présentation a comme objectif une vision actualisée de l'usage de la *callaïs*/variscite comme matière première pour la fabrication des éléments de parures. On y expose ainsi les principales morphologies, les techniques de fabrication utilisées, ainsi que les contextes d'utilisation (sépultures, etc.) de manière générale dans les différents espaces géographiques de l'est de la péninsule Ibérique (principalement la Catalogne et le Pays Valencien). Cette analyse vise également à établir l'utilisation de ces éléments de parure en fonction des différentes phases chronologiques, sur l'ensemble de la période néolithique (5600-3500 cal BC). Ceci est d'autant plus important que les hypothèses générales proposent un usage très différencié, avec une utilisation préférentielle lors du Néolithique moyen (culture des *Sepulcres de Fossa*). Cette présentation vise également à soulever une discussion sur la nature des systèmes proposés pour les réseaux d'échange dans l'aire géographique choisie pour ce type de matériaux/objets finis.
Mots-clés : Néolithique, variscite, parure, échanges, péninsule Ibérique.

Abstract. The aim of this paper is to show an updated view of the use of variscite as a raw material for the manufacture of personal ornaments. This research exposes the main morphologies, manufacturing techniques used and contexts of use (grave goods, secondary deposits, etc.) recovered from different geographical areas of the eastern Iberian peninsula (mainly Catalonia and Valencia). This analysis also seeks to establish a sequence based on the chronological phases in different regions of the Neolithic period (5600-3500 BC).
This aspect is particularly important because previous hypotheses propose different uses especially within the middle Neolithic phase (culture of *Sepulcres de Fossa*). This presentation would also encourage a discussion about the nature of exchange systems in the geographical area chosen for this type of raw material / finished objects.
Key words: Neolithic, variscite, exchanges, personal ornament, Iberian peninsula.

1. Notes sur l'histoire de la recherche

Au début de XXe siècle, déjà, les chercheurs pionniers de l'école de Barcelone, pointaient les premières occurrences de variscite[1] dans les sites préhistoriques catalans. L'intérêt pour ce type de mobilier archéologique s'accroît ensuite avec les chercheurs qui relancent la recherche après la guerre civile espagnole et commencent à revoir le séquençage du Néolithique de la Catalogne. Il faut citer J. Maluquer de Motes qui fut l'un des premiers à réorienter l'étude de l'horizon du Néolithique moyen, en le rapprochant des autres cultures contemporaines européennes, mettant ainsi fin aux hypothèses antérieures, plus axées sur une origine et une liaison culturelle avec le développement nord-africain. Mais c'est dans les années 1960 qu'aura lieu un saut qualitatif important dans l'étude des formations du Néolithique moyen catalan. En effet, les recherches d'Ana Maria Muñoz (1965) avec la publication de l'ouvrage *Cultura de los Sepulcros de Fosa* met l'accent sur la personnalité de la culture archéologique et des éléments archéologiques qui la constituent, en particulier la parure et cet élément d'ornementation spécifique. C'est cette chercheuse qui réalisa les premières analyses XDR ainsi que les premières datations absolues des contextes funéraires. Il faut également mentionner l'étude réalisée par E. Ripoll et M. Llongueres

1 Dans ce texte on utilise le terme de variscite pour désigner de manière générale les minéraux de la famille des phosphates utilisés dans la Préhistoire afin de faciliter la lecture.

(1963). D'autre part, dans cette même période, on trouve les premières corrélations entre ce monde culturel du Néolithique moyen du nord-est de la péninsule avec les cultures homonymes françaises en particulier la culture chasséenne (Guilaine et Muñoz, 1964).
Un nouveau saut qualitatif est sans doute la découverte, en 1975, des mines préhistoriques de Gavà, en particulier l'ensemble minier de Can Tintorer, ainsi que les études et publications dérivées des premières recherches (Villaba *et al.*, 1986). Cette étape des recherches et études innovatrices se prolonge pendant une bonne partie des années 1980, dans laquelle il faut souligner le travail réalisé par Manuel Edo (1991) qui constitue la première synthèse sur la caractérisation, distribution et diffusion des éléments en variscite pour la Catalogne. Dans ce travail, l'auteur réalise un premier inventaire de toutes les trouvailles, fait leur étude morphologique et émet une première hypothèse sur l'origine et la distribution des parures, grâce à la réalisation d'une nouvelle série d'analyses en XDR.
Depuis, la poursuite des recherches, et surtout les nouvelles découvertes, ont mis en évidence la vitalité et la richesse de cette thématique. Ainsi, en ce qui concerne l'origine de la matière première et la technique d'exploitation, la poursuite des travaux de fouilles et les études dans les mines préhistoriques de Gavà, avec la découverte et l'étude de nouveaux secteurs comme Les Ferreres, ont apporté de nouvelles précisions sur de nombreux aspects comme la chronologie, les aspects technologiques, économiques, sociaux ou encore symboliques (Bosch et Estrada, 1994, 2002 ; Noain, 1996 ; Borrell et Bosch, 2009 ; Bosch *et al.*, 2015).
D'autre part, de nouveaux projets de recherche et surtout le développement de l'archéologie préventive ont permis un élargissement des travaux de fouilles et la documentation de nouveaux sites datés entre la deuxième moitié du Ve millénaire et la première moitié du IVe millénaire (périodes appelées Néolithique ancien postcardial et Néolithique moyen) avec un grand nombre d'ornements en variscite. Ceci est important non seulement à cause de l'augmentation du corpus mobilier, mais surtout du fait de l'amélioration de l'information contextuelle des parures, grâce à la systématisation et à la rigueur des travaux de fouilles et de l'enregistrement. Il faut signaler que ces nouveaux travaux préventifs ont facilité la découverte et la fouille de grandes nécropoles comme celle de Bobila Madurell avec plus de 130 sépultures, ou encore Can Gambus-1 avec 47 tombes et, pour la période plus ancienne, celle de Caserna Sant Pau del Camp, avec un total de 25 sépultures, pour citer quelques exemples localisés ces dernières années.

2. Chronologie et cadre culturel

La poursuite de la recherche dans les dernières décennies et l'utilisation systématique des méthodes de datation absolue ainsi qu'une sériation plus fine du mobilier archéologique ont permis une meilleure caractérisation de la fourchette temporelle d'exploitation et d'usage des éléments de variscite par les sociétés du nord-est de la pénisule Ibérique, à la période néolithique.
On dispose actuellement d'un ensemble d'environ 50 datations absolues qui montrent une exploitation et une utilisation de ces éléments minéraux centrées sur les horizons ou périodes dénommées traditionnellement Néolithique ancien évolué ou postcardial (faciès céramiques de type Molinot, Montboló, Ebre/Amposta) (4500-4100 cal BC) et le Néolithique moyen avec la culture archéologique dénommée culture des *Sepulcres de Fossa* (4100-3500 cal BC). Toutefois il faut mentionner que l'utilisation de ce minéral comme élément de parure se documente dans la période précédente (horizon épicardial, 5100-4500 cal BC) dans quelques sites comme la grotte sépulcrale de l'Avellaner et surtout la Cova de Can Sadurní.
Il est également attesté dans la période du Néolithique final (3500-2300 cal BC) et même au-delà dans certains sites de la phase du Chalcolithique (2300-1800 cal BC). Il s'agit essentiellement de grottes à usage sépulcral comme celles de Cova 120 (La Garrotxa) ou Cova de Fonts Calents (Moianes), mais en général les témoignages sont beaucoup plus réduits. En plus, son usage comme élément d'accompagnement funéraire dans les sépultures collectives ne facilite pas leur analyse économique et sociale en relation avec

la population enterrée. On peut donc conclure que dans l'état actuel de notre documentation, l'usage débute déjà dans les derniers temps du Néolithique ancien, mais c'est dans la période du Néolithique moyen que son usage devient très abondant, toujours dans le cadre de la culture des *Sepulcres de Fossa*, c'est à dire les groupes culturels du nord-est de la péninsule Ibérique et les différents sous-groupes ou variations régionales (Vallesià et Solsonià). Rappelons que cet horizon culturel correspond à la phase de stabilisation socio-économique des premiers paysans, caractérisée par un habitat en plein air assez étendu, une exploitation agricole et un élevage pleinement consolidés, de larges nécropoles en inhumations primaires, ainsi qu'un bon réseau d'interrelations avec les groupes culturels voisins, bien documenté surtout avec les groupes septentrionaux de l'Europe Occidentale.

3. Matière première

La détermination de la matière première a été l'un des aspects les mieux élaborés dans la première étape de la recherche, après une étape pionnière où la détermination était réalisée surtout par méthode macroscopique, avec de nettes fluctuations sur la nature des dénominations génériques « pierre verte », de *callaïs*, turquoise ou encore d'autres termes de type minéralogique. Le dynamisme de la recherche dans les années 1980, avec la découverte des mines préhistoriques de Gavà (secteur Can Tintorer) a permis la caractérisation de la matière exploitée ainsi que le début de sa caractérisation archéométrique et l'ouverture de nouvelles perspectives. La réalisation des premières déterminations archéométriques (méthodes DFX, etc.) a permis d'établir une première caractérisation et, de manière complémentaire, une première approche de l'origine et de la diffusion de la variscite, dont le résultat le plus précis a été l'étude de M. Edo (1991). Cette première synthèse constitue encore actuellement un important document de base. Au cours des dernières années, les analyses se sont poursuivies de manière un peu aléatoire en fonction des nouvelles trouvailles. D'autre part, l'exploitation et la diffusion des produits en variscite ont toujours été au centre des débats et études sur les réseaux de circulation et d'échanges dans le contexte du Néolithique européen, autant dans un cadre continental que méditerranéen. Depuis quelques années, on connaît l'application d'une nouvelle méthodologie atomique pour la détermination des perles en variscite, il s'agit de l'émission de rayons X induite par des particules (PIXE), technique non destructive pour déterminer la composition élémentaire de la surface du matériau irradié. En fait, le matériau extrait des mines de Gavà participe ou a participé à plusieurs programmes de détermination minéralogique et analytique, menés non seulement avec le procédé de diffraction des rayons X mais aussi le PIXE afin de déterminer sa répartition dans la péninsule et dans le sud de la France (Querré *et al.,* 2007*,* 2014). Récemment viennent de commencer d'autres études, parmi lesquelles de nouvelles analyses avec d'autres techniques telles que le Raman (Melgarejo *et al.,* dans ce volume).
Pour la région du nord-est de la péninsule Ibérique, la recherche a clairement déterminé le site principal, pour ne pas dire unique, où l'on constate à la fois l'extraction minière et la production d'ornements en variscite pendant la Préhistoire : celui de Gavà. Les études récentes montrent en effet que, dans les mines préhistoriques de Gavà (Baix Llobregat), on peut documenter l'exploitation de la variscite pendant une longue période de temps entre le Néolithique ancien, soit dans la phase épicardiale, soit plus sûrement dans la phase postcardiale, de manière continue pendant tout le Néolithique moyen et jusqu'au début du Néolithique final (faciès Véraza). Les recherches archéologiques des dernières années ont mis en évidence l'ensemble du processus de travail minier avec un système remarquablement dense de structures souterraines, qui montrent la complexité du processus et le savoir-faire des populations néolithiques dans les exploitations minières : des puits ou des galeries souterraines isolées, ou encore des réseaux de puits, des chambres et des galeries qui arrivent à un maximum d'environ 15 m de profondeur. Le creusement des nouvelles galeries ou puits était associé à un comblement des galeries déjà exploitées par les débris des nouveaux creusements. De cette manière il y avait une économie de l'effort, en même temps que l'on réduisait le risque d'effondrement des galeries pour finalement éviter une accumulation de débris en surface qui aurait empêché l'ouverture de nouveaux puits. Les documents

récupérés montrent que c'est dans les mines que, en plus de l'extraction des matières premières, il y avait également une phase de travail qui impliquait la fabrication d'ornements, constituant ainsi à la fois un point d'extraction et un atelier dans lequel peut se réaliser le cycle complet de la production d'ornements (Villalba *et al.,* 1986 ; Bosch *et al.,* 1996 ; Bosch, ce volume).
La possibilité d'une circulation des blocs de matière première et de l'élaboration des pièces de parure dans des points éloignés des mines a été soulevée, mais les preuves sont plutôt négatives à l'exception de l'habitat de la grotte de Can Sadurní (Begues, Garraf), très proche de Gavà. En effet, dans cette cavité karstique, dans les niveaux postcardiaux, on a identifié un possible point de fabrication étant donné la trouvaille de restes de minéraux bruts et d'autres restes en cours de transformation en perles, ce qui met en relation très étroite ce site avec la zone d'extraction (Edo, 2012).

4. Technologie et morphologie des produits

L'analyse des processus de fabrication et l'étude de la morphologie des éléments de parures en variscite ont été animé les dernières décennies de recherche. Dans un premier temps, la richesse du mobilier des mines de Gavà et des sites catalans classiques a permis de reconstituer la chaîne opératoire, avec la proposition d'une première étape qui consisterait en la fracturation d'un filon de variscite afin d'obtenir de petits fragments ou morceaux de minéraux, puis leur préparation par abrasion en une préforme, ensuite leur perforation par forage, avec rotation par arc ou disque, et enfin pour terminer un polissage abrasif de toute la pièce (Edo, 1991). Ce même auteur propose la détermination des différents types de perforations (cylindrique, conique, biconique) et des types de perçoirs pour chaque sorte de perforation. Ainsi, les perçoirs plus longs de type cylindrique ou prismatique seraient associés aux perforations cylindriques ; les perçoirs coniques, rares, sont associés aux perles courtes ou pendentifs ; enfin les perçoirs coniques et surtout cylindriques seraient utilisés pour les perforations biconiques. Le risque de rupture est supérieur avec les longs perçoirs nécessaires pour la perforation des perles allongées.
Ce travail, très centré sur l'étude des perles récupérées dans les mines de Gavà, a ensuite également été mené sur les perles circulaires. La prise en compte de nouvelles méthodes, en particulier les processus expérimentaux, a permis dans les années 1990 d'élargir les études, en travaillant directement sur le matériau. La restitution de la chaîne opératoire, principalement les points les plus délicats des processus de fabrication (la perforation), fut ainsi révisée (Arenas *et al.*, 1991) et pour la première fois on mettait en rapport les processus de production des perles avec leur typologie et les traces technologiques de leur fabrication (Noain, 1996).
Ainsi, ces chercheuses ont eu le mérite d'être les premières à travailler sur les traces de fabrication et d'usage dans les produits de parure. Elles ont distingué, parmi les stries de polissage des surfaces et des contours, celles qui étaient unidirectionnelles de celles qui étaient bidirectionnelles, les stries parallèles de celles qui suivaient plusieurs directions, les stries obliques, les stries perpendiculaires, etc. Elles ont également mené l'analyse des stries de la perforation concentrique bipolaire et aussi des traces d'usage avec la patine brillante sur les bords des exemplaires. Les perforations étaient biconiques, cylindriques ou en forme de U.
La nouvelle proposition de l'élaboration des perles a donc été synthétisée comme suit : la séparation d'un bloc de la mine, l'obtention d'une préforme initiale avec un processus de taille et de polissage de la pièce, la réalisation de la perforation, habituellement bipolaire et à un moindre degré unipolaire. Le diamètre des trous résultant se situe entre 1 et 4 mm, majoritairement inférieur à 3 mm. On note que le processus technique final serait le polissage et la régularisation des surfaces, afin de pouvoir les enfiler de manière systématique. Elles seraient polies tel quel, comme le met en évidence le polissage brillant des surfaces.
Les outils utilisés et bien documentés archéologiquement seraient les percuteurs, les polissoirs en grès, les perçoirs en silex ou en chert de section triangulaire-trapézoïdale ayant un diamètre compris entre 1,5 et 2 mm (Bosch et Estrada, 2002).
Dans la dernière décennie, on a élargi l'étude aux éléments de parure des sites fouillés récemment, souvent éloignés de l'aire de production. Ainsi, l'un de nous (Oliva, 2015) a étudié un échantillon de 292

pièces qui provenaient de sept sites (Caserna Sant Pau del Camp, Can Roqueta II, Bòbila Madurell, Pla del Riu de les Marcetes, La Gardunya et Mas d'en Boixos). La plupart de ces éléments ont été trouvés en contexte funéraire. Cette étude nous a permis d'une part de réviser les processus de fabrication définis antérieurement et d'autre part de mettre en évidence un trait nouveau comme la forte standardisation et l'uniformité du processus de fabrication des perles.

En effet, l'étude des éléments de Bòbila Madurell, La Gardunya, Can Roqueta II et Mas d'en Boixos souligne une grande similitude dans la méthode de fabrication des perles circulaires, c'est-à-dire la combinaison de l'abrasion (unidirectionnelle et multidirectionnelle) avec une perforation par forage rotatif concentrique, biconique ou cylindrique. Cette perforation, réalisée en une ou deux tentatives, peut être unipolaire ou bipolaire. En plus, dans les exemplaires de Can Roqueta II et de Mas d'en Boixos, les perles n'ont pas de finitions très soignées et elles gardent des irrégularités dans les contours. De la même façon, dans le cas des exemplaires de Can Roqueta II, on a réalisé une analyse XRD indiquant une provenance claire depuis la zone de Gavà (fig. 1 et 2).

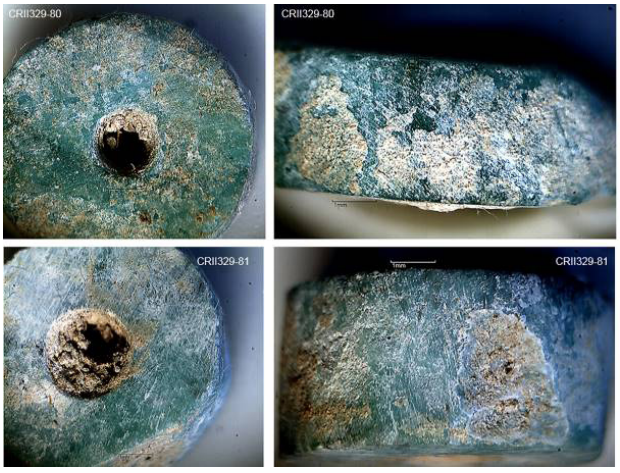


Fig. 1 : Traces sur perles circulaires, Can Roqueta II 329 (Photo: M. Oliva).



Fig. 2 : Traces sur perles, Bòbila Madurell (Photo: M. Oliva).

En ce qui concerne les perles en forme de tonneau, l'échantillon étudié présente dans tous les cas la combinaison d'abrasions (unidirectionnelles et multidirectionnelles) avec un forage rotatif concentrique à partir des deux extrémités des pièces biconiques, effectué en une ou deux reprises, unipolaire ou bipolaire. Est également déterminée la direction du processus d'abrasion, généralement unidirectionnelle.

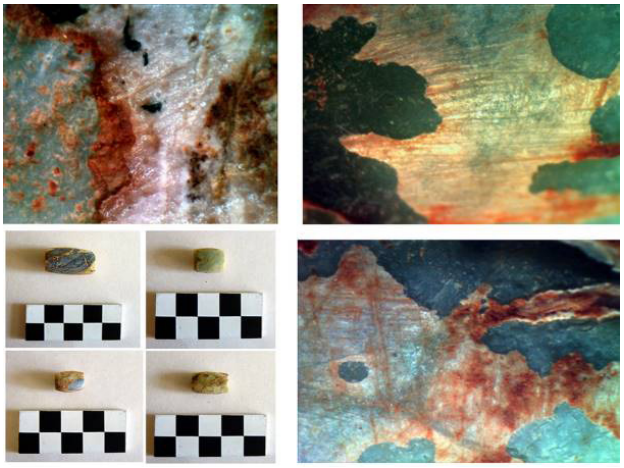


Fig. 3 : Perles en tonneau, La Gardunya, et traces (Photo: M. Oliva).

Les perles de types globulaire, tubulaire et irrégulier suivent également des paramètres normalisés et semblables à ceux décrits pour les perles de type tonneau (fig. 3). Le même processus sera utilisé pour la fabrication de perles allongées semi-rectangulaires, comme celles découvertes dans La Gardunya (Barcelone), résultat d'un procédé de fabrication avec une abrasion unidirectionnelle et multidirectionnelle combinée avec le forage à partir de chaque extrémité, de type bipolaire rotatif.

En ce qui concerne les pendentifs, nous souhaitons attirer l'attention sur celui localisé dans la sépulture XVII de la nécropole de Caserna de Sant Pau del Camp, de chronologie postcardiale. Il présente une morphologie peu élaborée avec une forme à tendance ovalaire, sans polissage abrasif intégral et avec une perforation centralisée. La perforation, de type bipolaire, est réalisée à partir des deux plans opposés de la pièce. Elle a fait l'objet d'une analyse de composition (analyse XRD) qui indiquerait comme origine la zone de Gavà. Cet élément permet de rappeler l'existence de perles avec un faible degré d'élaboration, qui ne seraient pas dans les canons des chaînes opératoires et des morphologies très standardisées de la période postérieure, c'est à dire, le Néolithique moyen (fig. 4).



Fig. 4 : Pendeloque, Sant Pau del Camp (Photo: M. Oliva).

Pour finir, on fera une mention spéciale pour trois plaquettes rectangulaires analysées pour leur grande singularité. Elles sont de petite taille (entre 7 mm de longueur et 3,7 mm de largeur maximale avec des épaisseurs comprises entre 2 mm et 1,3 mm). Toutes trois ont été réalisées par abrasion afin de leur donner une morphologie rectangulaire avec des contours arrondis. Les plaquettes de la Bòbila Madurell ne présentent pas d'orifices, aspect qui est également documenté sur d'autres exemplaires comme la Masia Nova (Vilanova i la Geltrú, Barcelona). Dans l'analyse microscopique on a pu distinguer une sorte de pigment noir dans les bords qui appuie notre proposition fonctionnelle. Il s'agirait de plaquettes à usage ornemental, insérées ou collées sur un support textile (fig. 5).

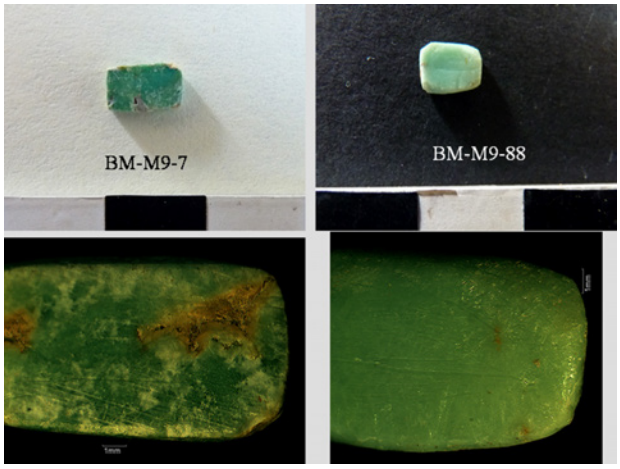


Fig. 5 : Plaquettes de variscite, Bòbila Madurell (Photo: M. Oliva).

5. Les produits. Colliers, bracelets et leur place dans les sépultures

La fonctionnalité des éléments de parure en variscite est très documentée et ceci permet de constater une large utilisation. Ils peuvent se présenter comme éléments unitaires ou plus fréquemment de forme combinée, ce qui permet de définir une série de produits variés : colliers, bracelets, bracelets de cheville et pendentifs. Dans de nombreux contextes, ils sont associés à d'autres ornements faits de matériaux différents. Toutefois on constate d'abondantes sériations d'ensembles de perles réalisées uniquement avec de la variscite. Cette modalité se trouve très répandue sur l'ensemble du territoire, au sein duquel on doit souligner les colliers et les bracelets des nécropoles de Saint-Genis Vilassar (Vilassar, Barcelona), Can Roqueta II (Sabadell, Barcelona), Can Gambus I et Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona), Bòbila Busquets (Caldes de Montbui, Barcelona), etc. D'autre part, sont également bien documentés les colliers et les bracelets où l'on trouve combinés différents types de perles de variscite (circulaires, discoïdales, en tonneau, globulaires, irrégulières, etc.). Il faut signaler les exemplaires de la Feixa del Moro (Juberri, Andorra), La Gardunya (Barcelona), Can Valles-El Bruc (El Bruc, Barcelona), Cementiri de Solsona (Solsona, Lleida), Can Gambus-I (Sant Quirze del Vallès, Barcelona), Bòbila Madurell (Sant

Quirze del Vallès, Barcelona), Bòbila Padró (Ripollet, Barcelona), Bòbila Negrell (Caldes de Montbui, Barcelona) et Santa Maria de Miralles (Anoia, Barcelona).
On constate également des ensembles qui combinent, dans les bracelets et colliers, divers morphotypes avec des matières premières différentes comme celui de la nécropole de Cal Muset (Castellolí, Barcelona) où l'on constate la présence de perles en variscite associés à des coquillages perforés, ou encore le collier de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Barcelona) qui combine les perles de variscite avec des exemplaires en serpentine-amphibolite (fig. 6). Citons enfin les bracelets de Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona), Cal Rajolí (Solsona, Lleida) et la Serreta (Vilafranca del Penedès, Barcelona) où l'on constate la combinaison de variscite avec d'autres minéraux et des perles de corail.



Fig. 6 : Collier de Mas d'en Boixos MB-313 (Photo: M. Oliva).

Les perles en variscite avec une morphologie circulaire sont les plus courantes et, dans l'état actuel des connaissances, les plus anciennes. En effet, elles sont déjà documentées dans les ensembles funéraires du Bas-Ebre (nécropole de Mas Benita, Amposta) et datent de la phase postcardiale du Néolithique ancien catalan. Elles vont se généraliser dans la période du Néolithique moyen, car elles sont documentées en grande quantité dans de nombreuses sépultures des plaines des zones pré-littorales, soit de l'aire du Valles dans des sites comme Can Roqueta II (Sabadell) (Oliva, 2006 ; Oliva *et al.*, 2008), Bòbila Madurell-Mas Duran et Can Gambus I (Sant Quirze del Vallès), comme dans la zone du Baix Llobregat et le Penedès, soit dans des grottes comme Cova de Can Sadurní et Cova de la Masia par exemple, et surtout dans les nécropoles comme celle de la Serreta. Elles sont également nombreuses dans les nécropoles de la partie

supérieure des bassins fluviaux du Llobregat et Besós, comme par exemple la sépulture de Carrer de la Igualtat (Manresa, Barcelona) ou dans le sépulture de Montjuic d'Altès (Solsona, Lleida) (Castany, 2009). On documente également des perles allongées ou ovoïdes à section semi-rectangulaire comme celles de Masia Nova (Vilanova i la Geltrú, Barcelona) (Muñoz 1965). D'autre part, on a pu constater également de petites accumulations de fragments, nodules et plaquettes de variscite qu'on interprète comme des dépôts de matière première en réserve. La valeur de ces éléments bruts nous paraît plus réduite que les perles déjà finies, contrairement à l'opinion d'autres auteurs (Borrell et Bosch, 2009). On pense que le matériau convoité (recherché), c'est le produit fini, une opinion renforcée par les réutilisations documentées et étudiées (Pla del Riu de les Marcetes, Manresa).
Les perles en forme de tonneau apparaissent de manière éparse également dans la période du Néolithique ancien, mais la grande diffusion d'éléments de ce type est surtout documentée dans la phase du Néolithique moyen. Il faut souligner que ce type de perles a un niveau de grandeur et de travail de réalisation beaucoup plus élevé que les morphotypes antérieurs.
Les différentes sortes de parures réalisées en variscite ont été documentées presque exclusivement dans les sépultures. Presque tous les ornements apparaissent dans les manifestations sépulcrales de la culture des *Sepulcres de Fossa*, et dans les différents types de sépultures, depuis la simple fosse jusqu'à l'hypogée ou encore la « ciste » des régions pré-pyrénéennes. Cependant, comme on l'a indiqué, les exemplaires plus anciens sont présents dans les tombes de la période du Néolithique ancien (postcardial). Par exemple, dans la sépulture XV de la nécropole de Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona), on a pu documenter un individu de six ans, en connexion anatomique, avec une pendeloque de variscite et un collier de valves de coquilles disposé autour du cou et au-dessus de la poitrine.
De plus, dans la structure CRII329 de Can Roqueta II, appartenant au Néolithique moyen, l'individu enterré est une femme d'environ 18-25 ans, avec un collier de 16 perles circulaires polies dispersées devant le crâne et autour du cou. L'exemple de la sépulture de La Gardunya, correspondant à l'inhumation individuelle d'une femme adulte (30 ans environ), montre à nouveau la présence d'un bracelet de perles de variscite localisé en position primaire et qui combine les perles circulaires et celles en forme de tonneau. Dans d'autres exemples comme celui de la sépulture E88 de Mas d'en Boixos avec deux individus, on voit uniquement un des individus portant des éléments de parure placés de manière dispersée sur le thorax, parmi lesquels une pendeloque de variscite. Enfin, on voudrait souligner dans cette même nécropole la sépulture E313 où, malgré l'absence d'individus, on a pu documenter un ensemble de neuf perles de variscite accompagnées de 20 perles en serpentine-amphibolite noire, probablement à l'origine d'un même collier ou bracelet (Vidal, 2007). La présence d'une pendeloque en variscite est également documentée dans la sépulture 6 de la nécropole du Pla del Riu de les Marcetes (Manresa), correspondant cette fois-ci à un mâle adulte (20-30 ans). En ce qui concerne la documentation des éléments de parure en variscite sur les sites avec des tombes de type « ciste », on constate également leur présence bien que leur nombre soit, en général, plus réduit. Ainsi, par exemple dans le site de la Feixa del Moro (Andorre), un des sites les plus représentatifs des sépultures de type « ciste » des Pyrénées, on constate à l'intérieur de la sépulture 2 – correspondant à un individu masculin de 20–23 ans – un collier de 59 perles de variscite ainsi qu'une sorte de genouillère composée de 15 perles, placées à la hauteur du genou. Dans la sépulture 3, correspondant à l'inhumation double d'une jeune femme et d'un enfant, on a mis au jour un bracelet de 14 perles en variscite à la main gauche de la femme.
En ce qui concerne les sépultures des grandes nécropoles, notamment Bòbila Madurell, les dispositions et les types d'ornements sont assez semblables et apparaissent exclusivement dans des tombes individuelles. Il s'agit de colliers et bracelets autour du cou et sur la poitrine.

Ainsi, en guise de premières conclusions, on peut souligner que dans l'étape finale du Néolithique ancien (postcardial), les parures sont documentées indifféremment dans les sépultures masculines, féminines et les enfants. La nouveauté de la présence de quelques rares perles de variscite (pendeloques et perles) se fait dans un corpus de parures variées mais dont les matériaux majoritaires sont essentiellement

en continuité avec ceux des périodes antérieures, c'est-à-dire des valves de mollusques et quelques éléments minéraux comme la calcite notamment.
Au Néolithique moyen, on observe une généralisation très rapide de l'usage des parures, avec la variscite comme élément constitutif. Elles sont retrouvées autant avec les individus masculins que féminins mais aussi dans les sépultures d'enfants, surtout sous la forme de colliers. Les chevillières, également formées de perles en variscite, sont constatées avec les individus féminins et masculins. Enfin, on trouve associés aux individus féminins et infantiles principalement des bracelets qui combinent divers types de perles. On peut ainsi souligner que les individus féminins présentent des types d'ornements plus diversifiés (colliers, bracelets et chevillières).

Pour terminer, nous souhaitons soulever la question de la proportion de ce type d'éléments (perles en variscite) dans le mobilier associé aux sépultures des nécropoles. Étant donnée la variété d'éléments et leur représentativité (éléments isolés, colliers, etc.), il est difficile d'évaluer leur part de manière quantitative, mais on peut esquisser certains aspects qui montrent généralement leur grand poids. Ainsi, le travail de synthèse réalisé par l'un de nous (Oliva, 2015), les récents travaux de révision des nécropoles comme celle de la Feixa del Moro (Remolins *et al.*, 2016) ou encore les analyses exhaustives de l'ensemble de données des importantes nécropoles de Bobila Madurell, ou Can Gambus, montrent des données nouvelles et significatives (Allièse, 2016).
En premier lieu, il faut souligner la haute représentativité des perles en minéraux, dans ce que, suivant F. Alliese (2016), on doit appeler « les défunts parés et probablement habillés ». En effet, on constate dans ces nécropoles des pourcentages de 15 à 30 % de sépultures avec des éléments de parure en variscite. Il est vrai qu'il y a de grandes différences entre les nécropoles car celle de Can Gambus-1, par exemple, présente une forte représentativité, supérieure à 30 %, tandis que d'autres ne dépassent pas 20 %, comme celle de Camí de Can Grau et Pla del Riu de les Marcetes. On considère que cette variabilité rentre dans la normalité et qu'on ne peut pas étendre cette haute représentativité à l'ensemble des ensembles funéraires connus. Il y a des facteurs spécifiques qui aideront à s'approcher de la dynamique de formation des dépôts funéraires. On pense par exemple, en relation avec la variscite, à la distance par rapport au centre de fabrication, mais également le critère chronologique qui, pour le moment, forme un ensemble signifiant sur les 600 ans de la phase la plus riche. D'autres variables liées à la structure (type de tombe, sa position), aux autres objets d'accompagnement, ou encore de nouvelles précisions sur l'âge et le sexe des individus peuvent avoir une influence. Enfin, une analyse intégrale permettrait une approche plus sociale de l'usage de la variscite dans les sociétés néolithiques.
Il est également important de signaler que des concentrations remarquables permettent d'envisager les parures ou perles en variscite comme des éléments qui seraient cousus sur un tissu ou une peau, comme on l'a proposé pour les plaquettes non perforées de Bòbila Madurell (Oliva, 2015) ou comme on le propose pour les perles de deux sépultures de Can Gambús-1 (CG-1 70 et CG-1 110) (Roig *et al.*, 2010 ; Allièse, 2016).

6. Distribution

La première documentation de l'usage de la variscite comme élément de parure correspond à quelques rares documents épars d'une chronologie du Néolithique ancien épicardial qui pourrait coïncider avec la découverte et le début de l'exploitation des mines préhistoriques de Gavà, comme en témoigne la Grotte de Can Sadurní, très proche des mines. Pour ces premières occurrences, on documente des perles en variscite dans quelques grottes des régions pré-littorales : Cova de les Ànimes (Matadepera, Barcelona), Cova del Lladres (Vacarisses, Barcelona), Serra de les Quimeres (Falset, tarragona). À la période suivante, au Néolithique ancien postcardial, la documentation est déjà plus importante et les preuves de l'exploitation minière de Gavà, plus solides.
La dispersion des éléments indique une concentration majeure près des mines et dans la zone de la dépression pré-littorale : Cova de la Carretera, Caserna de Sant Pau del Camp, Cova del Frare, Cova dels

Lladres, Guixeres de Vilobí, Mas d'en Boixos, Pujolet de Moja o Timba d'en Barenys. Les perles sont également documentées dans les zones de piémont des Pyrénées comme dans la Cova 120 (Garrotxa) ou encore dans celle d'Encantades de Martis (Pla de l'Estany) et Puig Nou I (Girona) ainsi que dans les nécropoles de la région du Bas Ebre (fig. 7).

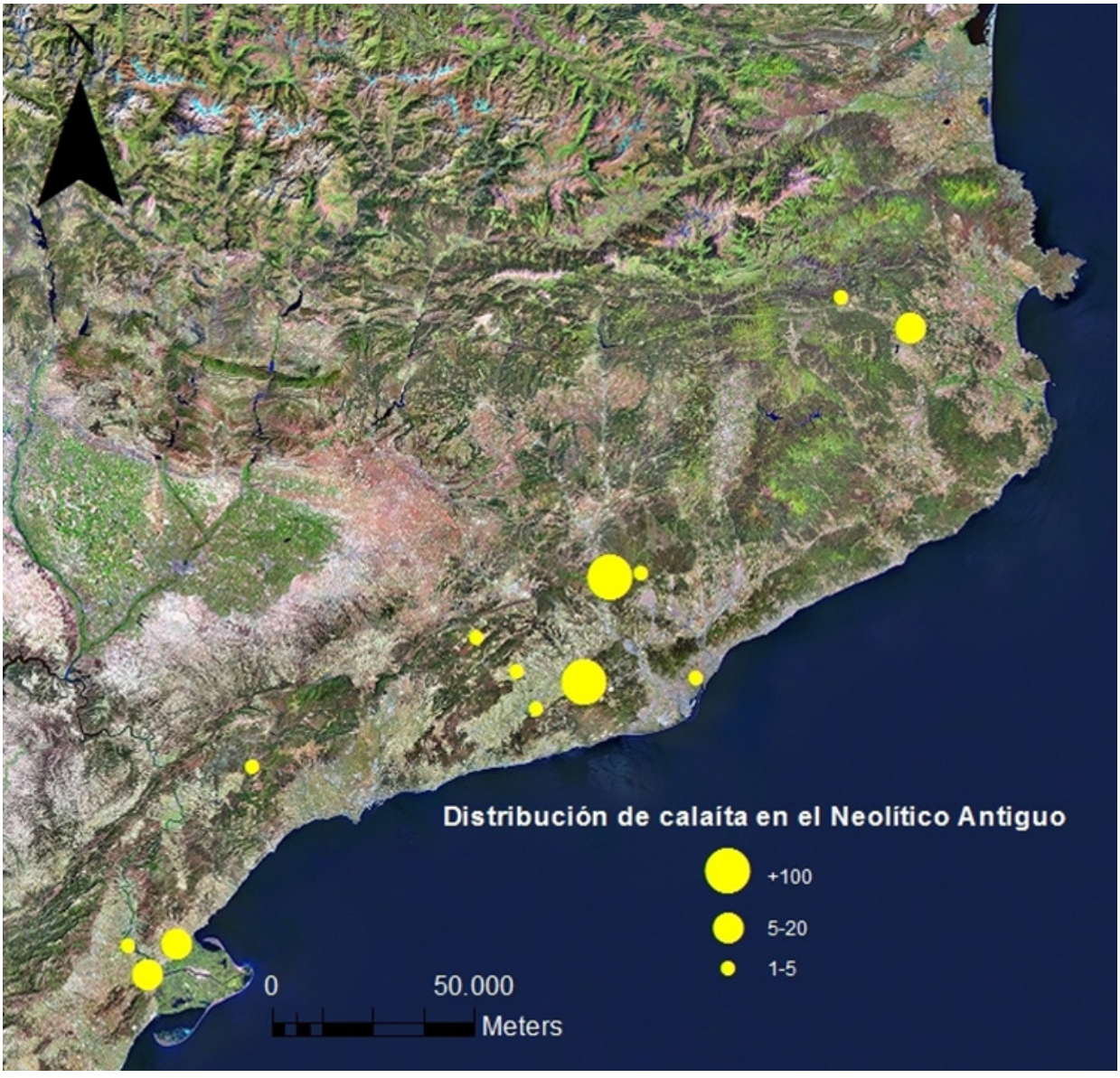


Fig. 7 : Carte de distribution de la variscite au Néolithique postcardial (réalisation SAPPO/UAB).

À la période suivante, le Néolithique moyen, autant l'exploitation que l'usage et la diffusion des produits élaborés en variscite atteint son degré maximum. Cette exploitation, usage et diffusion, comme il l'a été bien signalé, n'est pas isolée et participe à une dynamique de circulation de produits élaborés (silex, obsidienne, certains types de lames polies de haches, etc.) qui montre des relations étroites avec les cultures septentrionales, principalement le Chasséen. Elle traduit également des dynamiques sociales et économiques nouvelles, marquées par une certaine distribution inégale des produits lithiques allochtones qui est à mettre en relation avec la consolidation des sociétés agropastorales et le début des inégalités (fig. 8).

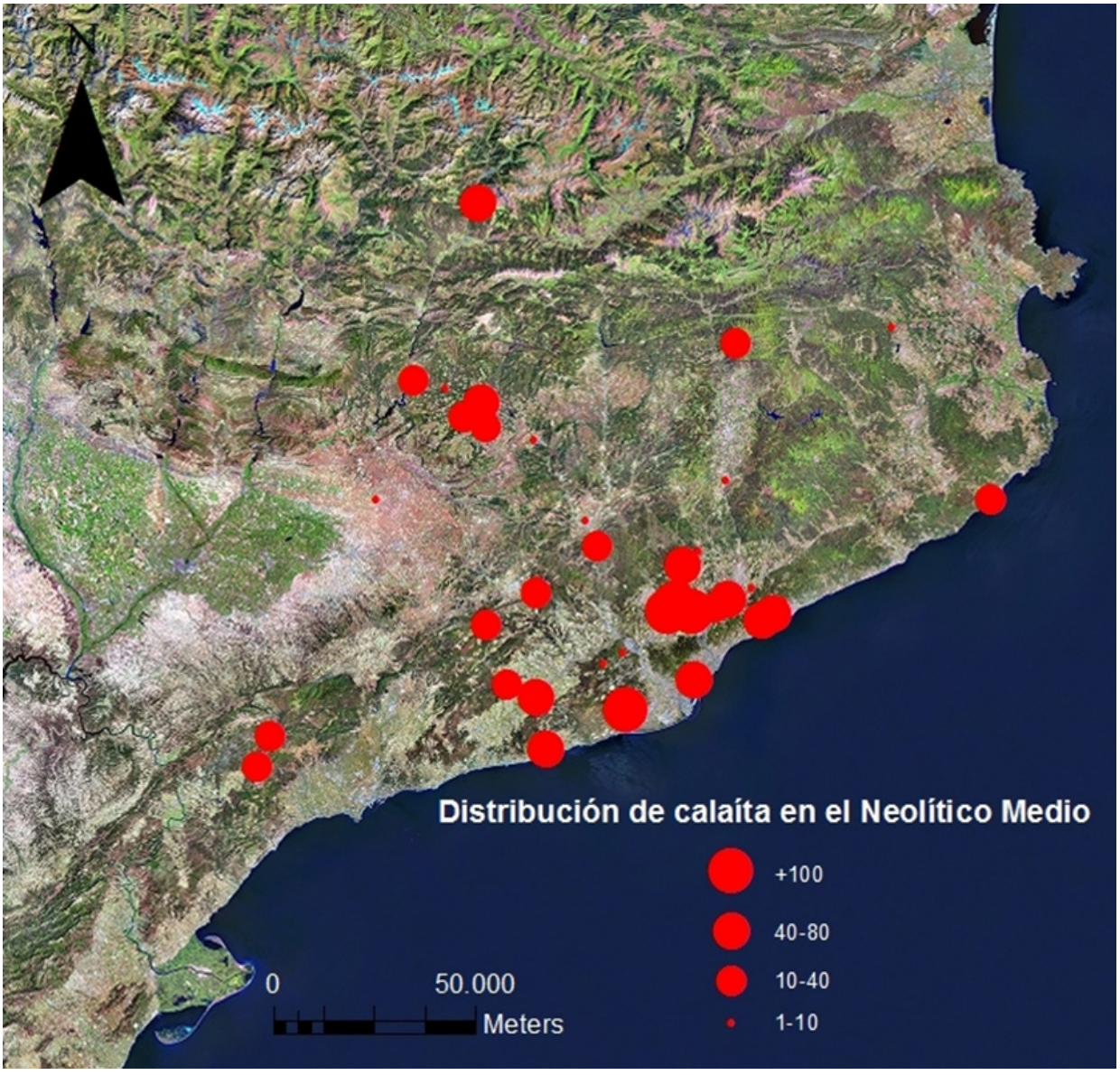


Fig. 8 : Carte de distribution de la variscite au Néolithique Moyen (réalisation SAPPO/UAB).

Ainsi, la distribution des objets de parure en variscite sur le territoire catalan est un des indicateurs de la dynamique de production et d'utilisation au cours du Néolithique. On constate en premier lieu sa documentation sur l'ensemble des régions du nord-est péninsulaire avec certaines lacunes comme les comarques de la Selva ou plus généralement dans la Catalogne orientale, absence qui est à mettre en relation avec la mauvaise connaissance des vestiges de cette période dans ces aires géographiques. L'aire de répartition dans les Pyrénées apparaît irrégulière.

La zone de concentration est essentiellement placée sur la zone côtière entre le Garraf et Maresme, c'est-à-dire la Catalogne centrale littorale et pré-littorale. En effet, les éléments en variscite se trouvent en grand nombre dans les sites des plaines du Valles tels que Can Roqueta II (Sabadell) (Oliva, 2006 ; Oliva *et al.*, 2008), Camí de Can Grau (La Roca del Vallès) (Martí *et al.*, 1997), la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès o Can Gambús-1) (Roig *et al.*, 2010), Bòbila Padró (Ripollet), Bòbila del Negrell (Caldes de Montbui), Bòbila Bellsolà (Sta. Perpètua), etc. Une caractéristique similaire peut se constater dans la région plus méridionale du Penedès-Garraf (Cova de Can Sadurní, Cova de la Masia). De même, on les documente dans les régions du piémont des Pyrénées et les hauts bassins des rivières du Llobregat et du Besós. La

densité des perles en variscite dans la région du Vallès est conditionnée par la haute représentation de sépultures correspondant à cette période et culture, ainsi que, probablement, par sa proximité avec les mines d'extraction et d'élaboration des produits. Il faut rappeler que, selon la documentation actuelle, les mobiliers sont récupérés exclusivement dans les sépultures et ils arriveraient comme produits finis.
Les perles en forme de tonneau, de très belle facture et de dimensions plus grandes que celles circulaires et globulaires, sont attestées dans les sépultures de la Catalogne centrale (comarques de Bages et Osona comme la Nécropole du Forat de les Tombes), comarque du Solsonès (Arceda, Llobera), comarque du Vallès Occidental (Bòbila Madurell, Bòbila Padró) et Baix Llobregat (Mines de Gavà) ainsi qu'à Andorra (Feixa del Moro).

7. Synthèse

La présentation des dernières nouveautés de la recherche ainsi que l'état de la question nous ont permis d'une part de faire le bilan des connaissances actuelles sur la matière première, les systèmes d'exploitation, les procédures technologiques de réalisation des éléments ornementaux, leur usage ainsi que leur possible signification sociale.
D'emblée il faut souligner que l'élargissement du nombre des trouvailles et des documents correspondant à la période néolithique continue de montrer que la variscite est bien documentée dans les régions nord-est de la péninsule Ibérique. La connaissance de l'origine et du système d'extraction de la matière première s'est affinée avec la définition d'un seul point d'origine, la région de Gavà dans la zone littorale centrale de la Catalogne, et la caractérisation d'une exploitation minière de haute complexité technologique.
La temporalité des exploitations et de l'usage a également connu de nouveaux apports avec chaque fois un cadre chronologique plus fiable. On constate une variation significative de la distribution aux différentes périodes. Au Néolithique ancien épicardial, cette distribution serait une étape pionnière, de faible usage et de distribution géographique très disparate. Dans l'étape suivante, correspondant au Néolithique postcardial (4500-4000 cal BC), le nombre et la distribution augmentent considérablement et sont probablement associés à l'apparition et au développement des premières nécropoles. Leur distribution sur le territoire reflète également ce caractère dans les nécropoles de la partie inférieure de l'Ebre, la zone centrale de la région côtière (nécropole de Caserna Sant Pau del Camp) et quelques sites épars de la zone de Girona. L'étape suivante, le Néolithique moyen (4000-3500 cal BC), est le véritable « Âge d'Or » de la diffusion et de leur utilisation sur l'ensemble des régions catalanes, malgré de petites variations culturelles observées. Finalement, dans les étapes récentes du Néolithique et même au-delà, on note une chute brusque de leur exploitation ainsi que de leur usage dans le monde sépulcral.
Les dernières nouveautés montrent également que ce serait à l'intérieur même des mines que, de manière majoritaire, seraient fabriqués les produits, essentiellement destinés à une parure utilisée dans la vie quotidienne mais surtout présents dans la parure des individus décédés et inhumés. Ils sont bien documentés sur la grande partie des régions du nord-est de la péninsule Ibérique. Leur haute valeur sociale est envisagée à partir de leur distribution dans les sépultures. On ne perçoit pas de différences d'utilisation en fonction de l'âge ou du sexe car leur utilisation est élargie, mais leur distribution inégale dans les tombes permet de proposer une signification socio-économique au sein de la population. Cette lecture matérialiste s'appuie sur d'autres indicateurs probablement plus solides, comme le sont les objets allochtones insérés dans des réseaux d'échanges à moyenne et longue distance.

Bibliographie

Alliese, F. 2016. *Les sépultures de la Bòbila Madurell-Can Gambús (Vallès occidental). Éclairages sur les pratiques funéraires du nord-est de la péninsule Ibérique à la fin du V^e^ et au début du IV^e^ millénaire*. Thèse de doctorat, Université Paris I et Universitat Autònoma de Barcelona.

Arena, J., Bañolas, L. et Edo, M. 1991. La cal·laïta. Transformació de la materia primera a Can Tintorer. In *Estat de la investigació sobre el Neolític a Catalunya. 9e Colloqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà* : 200-202. Andorra, Institut d'Estudis Ceretans.

Borrell, F. et Bosch J. 2009. Conclusions. In J. Bosch et F. Borrell (coord.), *Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998-2009. De la variscita al ferro : neolític i antiguitat* : 263-269. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 4).

Bosch, J., Borrell, F. et Majó, T. 2015. Minas, joyas y más allá. Minería y producción de adornos de variscita durante el Neolítico en Gavà (Barcelona). In V.S. Gonçalves, M. Diniz et A.C. Sousa (eds), *5º Congresso do neolítico peninsular* : 438-446. Lisboa, Uniarq Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa.

Bosch, J. et Estrada, A. 1994. *El Neolític Postcardial a les Mines Prehistoriques de Gava (Baix Llobregat)*. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 0).

Bosch, J., Estrada, A. et Noain, M.J. 1996. Minería neolítica en Gavá (Baix Llobregat, Barcelona). *Trabajos de Prehistoria*, 53(1) : 59-71.

Bosch, J. et Estrada, A. 2002. Minería y producción de adornos de calaïta durante el neolítico en Gavà (Baix Llobregat, Barcelona). In I. Clemente, R. Risch et J.F. Gibaja (eds), *Análisis Funcional : su aplicación al estudio de sociedades prehistóricas* : 237-242. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series 1073).

Castany, J. 2009. *Els megàlits neolítics de «Solsonià»*. Tesi doctoral, Universitat de Lleida.

Edo, M. 1991. *La callaís a Catalunya*. Thèse de Licenciature, Universitat de Barcelona.

Edo, M., Antolín, F. et Barrio, M.J. 2012. Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat), de la captación de recursos abióticos al inicio de la mineria de aluminofosfatos (10500-4000 cal ane) en el macizo de Garraf. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 299-306. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Guilaine, J. et Muñoz, A. 1964. La civilisation catalane des sepulcros de fosa et les sépultures néolithiques du sud de la France. *Revue d'Études Ligures* XXX : 5-30.

Maluquer De Motes, J. 1950. La cultura neolítica del Valles en el marco de la Prehistoria del Occidente Mediterráneo. *Arrahona* 1-2 : 61-75.

Martí, M., Pou, R. et Carlús, X. 1997. *Excavacions arqueològiques a la Ronda Sud de Granollers, 1994. La necròpolis del Neolític Mitjà i les restes romanes del Camí de Can Grau (La Roca delVallès, Vallès Oriental) i els jaciments de Cal Jardiner (Granollers, Vallès Oriental)*. Barcelona, Generalitat de Catalunua (Excavacions Arqueològiques a Catalunya 14).

Melgarejo, J.C, Lehbib, S., Bosch, J., Arqués, L., Jawhari, T., Torró, L. et Camprubí, A. 2018. Non destructive technique applied to provenance studies at the deposit scale: example from the variscite mines in Gavà, Catalonia. In Querré G., Cassen S., Vigier E. (dir.), *Callaïs. La parure en Callaïs (variscite, turquoise) du Néolithique européen*. Oxford, Archaeopress.

Muñoz, A.M. 1965. *La cultura neolitica catalana de los «Sepulcros de Fosa».* Barcelona, Universidad de Barcelona, Instituto de Arqueologia y Prehistoria.

Noain Maura, M.J. 1996. Las cuentas de collar en variscita de las minas prehistóricas de Gavà (Can Tintorer). Bases para un estudio experimental. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueologia* 23: 171-178.

Oliva Poveda, M. 2006. Els ornaments i les joies a la prehistòria de Sabadell. In *Entre la intimitat i l'exhibició. La joia feta, portada i venerada a Sabadell. Catàleg de l'exposició*. Sabadell, Museu d'Art de Sabadell.

Oliva Poveda, M., Palomo, A., Terrats, N., Carlús, X., López Cachero, J. et Rodríguez, A. 2008. Las estructuras neoliticas de Can Roqueta (Sabadell, Barcelona). In M.S. Hernández, J.A. Soler, J.A. López (eds), *IV Congreso del Neolítico Peninsular* : 157-167. ALicante, MARQ.

Oliva Poveda, M. 2015, *Aprofitament i transformació de matèries primeres per a l'elaboració d'ornaments durant la prehistòria recent (5600-3400 cal. ane) al nord-est de la península Ibèrica*. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

Querré, G., Herbault, F. and Calligaro, T. 2007. Long distance transport of Neolithic variscite ornaments along the European Atlantic arc demonstrated by PIXE Analysis. In *Proceedings of the XI^e International Conference on PIXE and its Analytical Applications. Puebla, Mexico, May 25-29 2007* : 11-38.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez, S. and Cassen, S. 2014. PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 318(A) : 149-156.

Remolins, G., Gibaja, J.F., Allièse, F., Duboscq, S., Fontanals, M., Martin, P., Masclans, A., Mazzucco, N., Mozota, M., Oliva, M., Oms, X., Santos, F.J., Terradas, X., Subira, M.E. et Llovera, X. 2016. La nécropole néolithique de la Feixa del Moro (Juberri, Andorre). Examen et nouvelles données. *Bulletin de la Société préhistorique française* 113(2) : 265-289.

Ripoll, E. et Llongueras, M. 1963. La cultura neolítica de los sepulcros de fosa en Cataluña. *Ampurias* XXV : 1-85.

Roig, J., Coll, J.M., Gibaja, J.F., Chambon, P., Villar, V., Ruíz, J., Terradas, X. et Subirà, M.E. 2010. La necrópolis de Can Gambús-1 (Sabadell, Barcelona). Nuevos conocimientos sobre las prácticas funerarias durante el Neolítico medio en el Noreste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria* 67(1) : 59-84.

Vidal, A. 2007. *Memòria científica de la intervenció arqueològica al jaciment de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès). Octubre de 2004 – Febrer de 2005*. Memòria inèdita dipositada al Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya.

Villalba, M.J., Bañolas, L., Arenas, J. et Alonso, M. 1986. *Les mines neolítiques de Can Tintorer, Gavà. Excavacions 1978-1980.* Barcelona, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (Excavacions Arqueològiques a Catalunya 6).

Going soft on green? Variscite and other green beads in Western Spain

Carlos Rodríguez-Rellán, Ramón Fábregas Valcarce

Abstract. We undertook an extensive review of the literature about the distribution of variscite and the other green stone adornments across western Spain. This region has a crucial importance for the understanding of this phenomenon, since two of the three main variscite mines, exploited during prehistory, are located there. Perhaps due to such importance, western Spain has been the scenario of an ongoing analytical effort, that – however –, has not yet been accompanied by a global, interpretative synthesis for this entire area. From a database of little more than 130 archaeological sites, from Neolithic to early Bronze Age, with green stone beads, we offer an inventory and a first quantification of the distribution of variscite and other green stone adornments across western Spain. This step is essential for achieving a basic understanding of the chronological evolution, regional differences and socio-economic processes that made possible the occurrence of intense mining activities and also the exchange of those trinkets across extremely long distances.
Keywords: variscite, green beads, adornments, exchange, Neolithic, Bronze Age.

Resumen. En este trabajo, se ofrece una extensa revisión de la literatura científica referida a la distribución de adornos realizados en variscita y en otras piedras verdes a lo largo de España Occidental. Esta región tiene una importancia crucial para la comprensión de este fenómeno, puesto que dos de las tres minas principales explotadas durante la prehistoria están situadas allí. Quizás debido a esta importancia, el Occidente Español ha sido el escenario de un esfuerzo analítico – actualmente en marcha – que, sin embargo, no siempre ha ido acompañado de una síntesis interpretativa global para toda el área. A partir de una base de datos de poco más de 130 yacimientos del Neolítico al Bronce Inicial con cuentas realizadas en piedra verde, ofrecemos un estado de la cuestión y una primera cuantificación de la distribución de los adornos en variscita y otras piedras verdes a lo largo de España Occidental. Este paso resulta fundamental para poder alcanzar un conocimiento básico de su evolución cronológica, sus diferencias regionales y de los procesos socioeconómicos que hicieron posible la aparición de intensas actividades mineras así como el intercambio de estos diminutos objetos a lo largo de distancias realmente largas.
Mots-clés: variscite, perles vertes, parures, échange, Néolithique, Âge du Bronze.

Introduction

With the available data nowadays, we know of three main variscite sources exploited in prehistoric times; out of these, two – Palazuelo de las Cuevas (Zamora, Castilla y León) and Encinasola (Huelva, Andalusia) – are located in western Spain, thus turning this area into the setting of an ongoing analytical effort, driven by foreign and Spanish researchers (Edo *et al*., 1997; Domínguez-Bella *et al*., 2004; Querré *et al*., 2012; Odriozola *et al*., 2016), which seeks to improve our information on the composition and provenance of beads made from this particular green stone. Such an endeavour is bound to change the image that archaeologists have about the production and circulation of these objects from the local Neolithic to the early Bronze Age (EBA). However, with the notable exception of some studies limited to specific regions (Linares, Odriozola, 2011; Villalobos, 2012), this effort has not yet been accompanied by a global, interpretative synthesis for the entire area in which the chronology, spatial distribution and archaeological context of the green adornments are put together.

We have conducted an extensive review of the literature of present work, aiming at offering a state of the art and a first quantification of the distribution of the variscite and other green stone adornments across western Spain. This step is essential for achieving a basic understanding not only of the chronological evolution of what could be called «the green beads frenzy» but also of its regional differences and –

above all – of the socio-economic processes which made possible the occurrence of intense mining activities and also the distribution of very small objects through extremely long distances.

1. Caveats and limitations of this approach

Establishing the spatial boundaries of our analysis proved to be complicated since – to start with – there is no such a thing as a well-defined separation between the western and eastern halves of Spain. Thus, a study area was designed based on the political boundaries between Spain and Portugal, on one hand, and between the different Spanish provinces, on the other (fig. 1). The definition of this area has allowed us to include within our study the most significant biogeographical regions in the western part of the country, such as the Atlantic and Cantabrian coasts, the northern Meseta, the Spanish Extremadura and also the western part of the southern Meseta (Madrid, Toledo and Ciudad Real) and Andalusía (Huelva, Sevilla, Cádiz, Cordoba and Málaga).

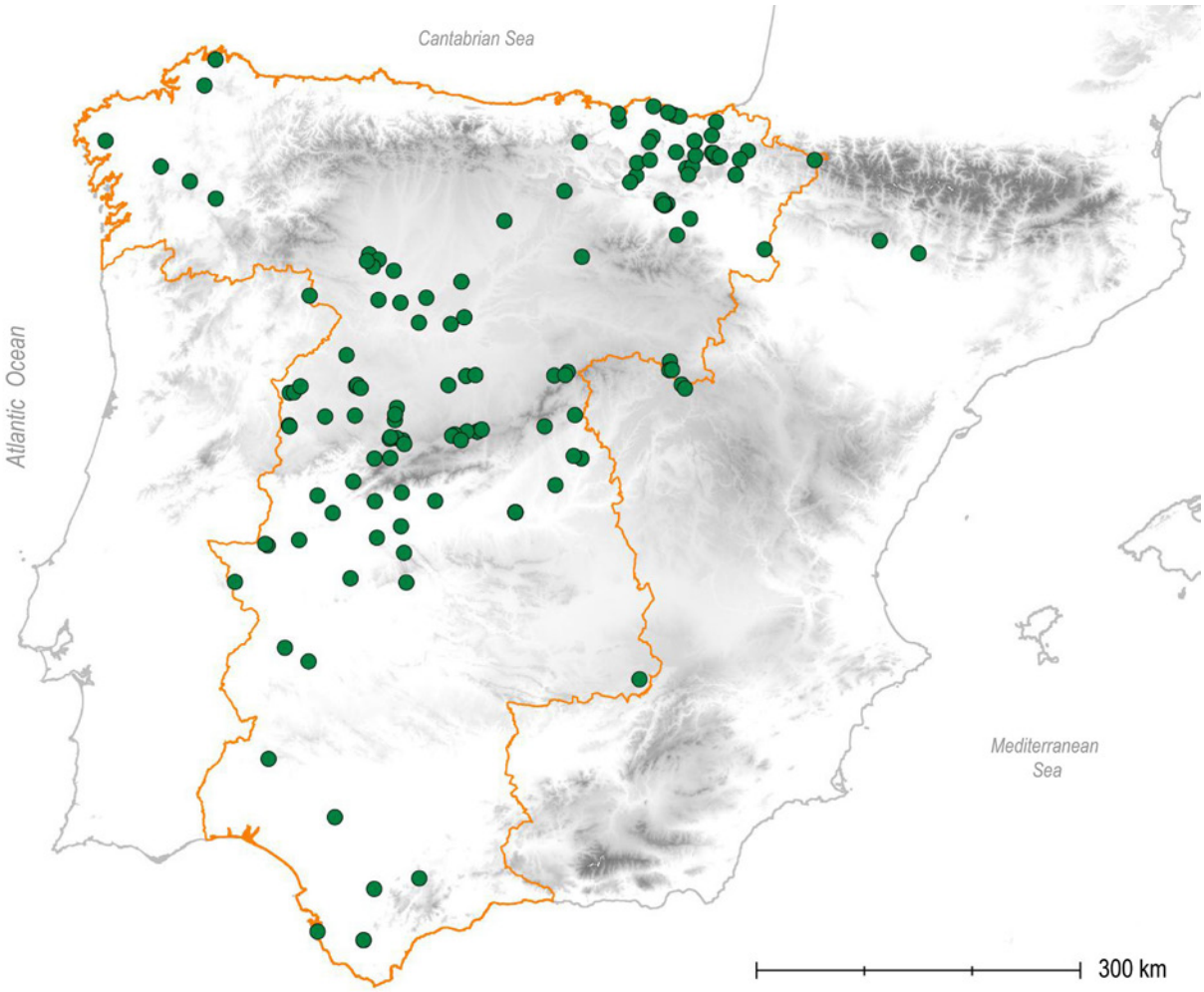


Fig. 1: Archaeological sites within the study area (orange line), where green stone beads have been documented.

A significant number of sites were collected within this area (fig. 1), from which more than a thousand green adornments have been reported. However, there are several reasons why the numbers handled here should be considered only as a rough estimate. First, our database is based exclusively on the review of the scientific literature; unpublished old or CRM excavations have not been taken into consideration,

nor have museum collections been visited. It is, therefore, quite clear that a more detailed survey should necessarily be included in future approaches to this topic in order to achieve a complete and realistic image of the prehistoric green stone adornments of western Spain. Secondly, a significant number of stone beads from well published archaeological sites have been discarded, due to the meagre descriptions provided by the authors, making it impossible to determine whether these objects were made of green stones or not. In the same way, the lack of quantitative information in the available publications has prevented the identification of the exact number of green beads recovered in some sites.

It is also very important to bear in mind that the beads studied in this work must not be considered to have been made on only one type of raw material. We have incorporated into our database those sites that are said to contain adornments made of « variscite », « calaite » or simply « green stone » among their lithic assemblages. The inclusion, under a single category, of a – presumably – heterogeneous group of rocks whose main common feature is their green colour, can be very useful for interpretative reasons, especially if we think that such adornments – irrespective of their actual petrographic adscription – were imbued with a similar set of meanings, and maybe a comparable social prestige, no matter if they were made of rare (such as jadeite, turquoise or variscite) stones or comparatively local (serpentinite, steatite, schist, talc, chlorite, muscovite…). A set of meanings that, on the other hand, was not restricted to a single category of objects, involving the production and circulation of green axes and ring disks as well (Pétrequin *et al.*, 2012). At the same time, the uncritical assimilation of categories can lead to an oversimplification in the interpretation of the archaeological record, the reason why the recourse to geochemical and petrological analyses is of paramount importance for defining the specific spatiotemporal limits of the production and distribution of particular green stones used for bead-making, such as variscite.

Regarding this raw material, despite the growing number of analytical works for the study area, only a part of the sites considered can be safely assumed to contain beads made from this aluminium phosphate: a basic classification on the reliability of their characterization (fig. 2) shows that only approximately the 26% of the contexts (36) present a highly reliable identification (both the analytical method and the results of the analyses well described and published). In many cases, however, these levels of reliability cannot be assumed as an absolute value for the site, since – due to economic or practical reasons – the analyses have been conducted not on the whole set of beads, but on a percentage, the results being subsequently projected to the rest of artefacts recovered on the site. Consequently, even in those sites where geochemical and petrological analyses are available, it cannot be assumed that all the green beads recovered there, are, in fact, variscite or that they all have the same provenance, especially when the use of different raw materials in the same site or even necklace seems fairly common. Such problem could be especially significant in those contexts where hundreds or even thousands of beads have been documented or where the adornments are suspected to be the result of depositions extended in time, making advisable the implementation of reasoned and carefully designed sampling strategies.

2. Producing some figures

Our review for western Spain has led to the identification of 133 archaeological sites containing a minimum of 1109 green beads (fig. 1). However, in some of these sites – Valle de las Higueras (Toledo) (Bueno *et al*., 2005), Aldeagordillo (Ávila) (Fabián, 1992), Paternanbidea (Navarra) (Baldellou *et al.*, 2012) and Paraje de Monte Bajo (Cádiz) (Lazarich *et al*., 2009) – the different contexts with green adornments have been analyzed individually, due to their specificities in terms of nature and/or chronology (our database reaching, therefore, a total of 139 entries).

Most contexts considered in this paper have a funerary nature (119, 85.6%), the green beads showing a strong link with different types of megalithic architectures, such as passage graves (fig. 2). Moreover, adornments in domestic settlements are rare (15 sites, 10.7%) and restricted to the late Neolithic and to the Copper Age. In some cases – such as Fontanillas de Castro and Las Peñas (Zamora), both relatively close to Palazuelo de las Cuevas – such this presence would have responded to the production of beads being

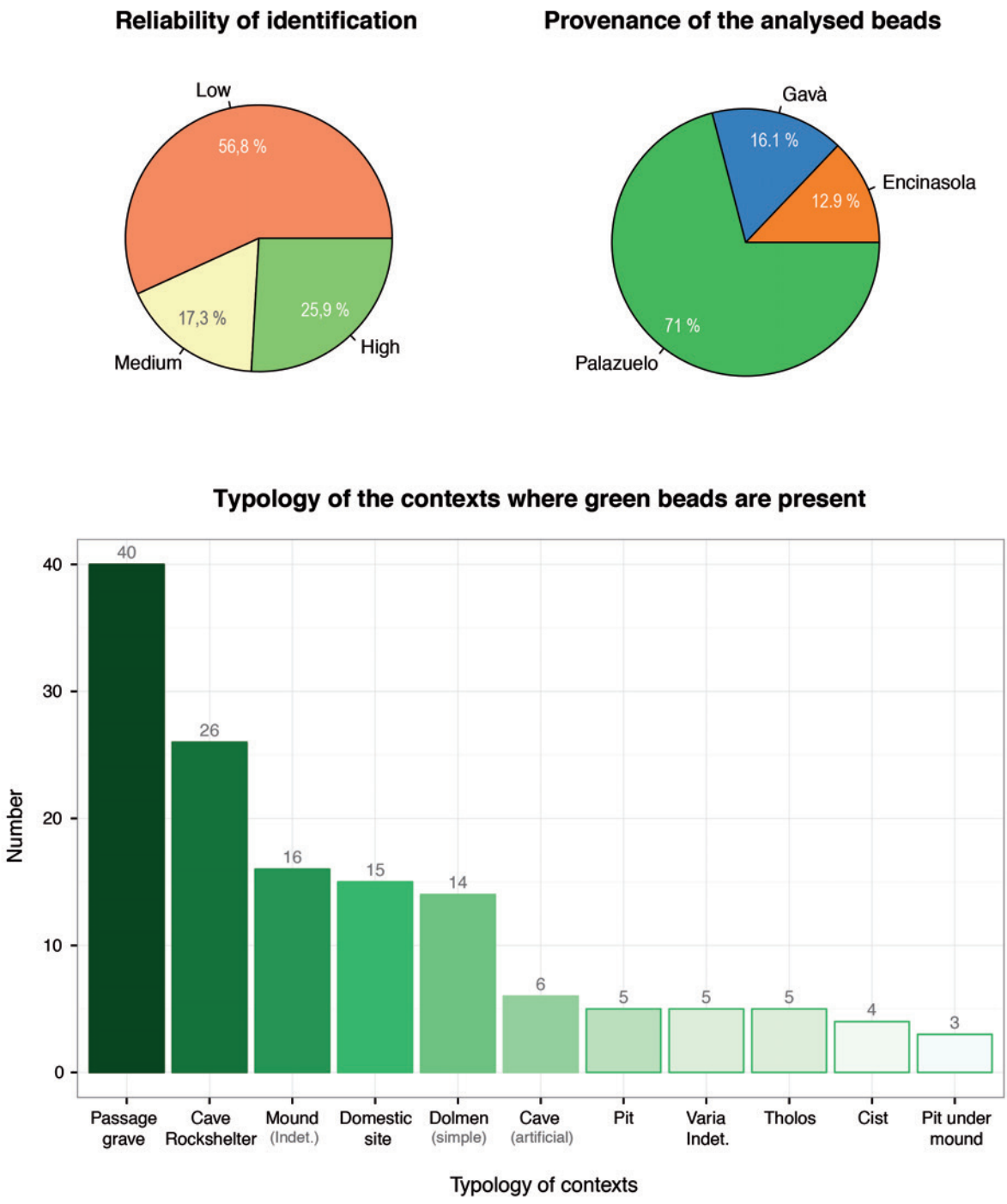


Fig. 2: Reliability of the identification as variscite of the green beads in the study area (Low: macroscopic analyses only; Medium: unpublished analytical results; High: fully published analytical results). Provenance of the beads analysed so far in the study area. Typology of the archaeological contexts where green beads have been found.

carried out at the site (López, Piñel, 1978; Martín, Blanco, 1996). However, in most domestic sites, the number of adornments is reduced to one or two beads, their stratigraphic location making it sometimes impossible to rule out a context of abandonment, accidental or voluntary, of the artefacts. The latter may have happened in some funerary contexts also, such as El Tomillar (Ávila), where a fragment of variscite bead was recovered among the sediment, filling an early Bronze Age burial pit (Fabián, 1995).

The presence of variscite has been determined with some degree of confidence in 60 of the 139 contexts with green beads considered in this paper (43.1%). However, as already mentioned, only in 36 of them both the analytical methods and results have been thoroughly published, thus allowing other researchers to contrast the validity of the characterization and provenance proposed. So far, the origin of the variscite used has been explicitly identified in 29 contexts of the study area and most of them revealed a provenance exclusively from Palazuelo de las Cuevas (21), Gavà (4) or Encinasola sources (2), while a double origin of the raw material has been put forward for the variscites of two sites: Camino de las Yeseras (Madrid) and Casería de Tomillos (Cádiz) (Encinasola/Gavà and Encinasola/Palazuelo, respectively).
A summary of the results (fig. 2) shows how a significant percentage of the collections analysed have their origin in Palazuelo de las Cuevas (Zamora), while the number of beads coming from the other western source – Encinasola (Huelva) – is remarkably low, smaller even than the samples whose origin is located outside the study area (Gavà, Barcelona). It is not quite clear, however, if these differences are the result of a different intensity in the levels of production achieved by each one of the sources or, otherwise, if they are caused by a bias in the sample analysed so far. Thus, 20 of the 29 contexts having their variscite provenanced are located north of the Sistema Central, a mountain range located in Central Spain that seems to mark one of the limits of the northern expansion of the variscite from Encinasola (fig. 6).

3. Chronology of the green beads

Although the determination of a detailed chronological framework for the circulation of the green beads is discussed in more detail elsewhere (Schulz *et al*., this volume), a first approach shows that this can be a daunting endeavour. Although a significant percentage of the contexts analysed here have radiocarbon dates (42.4 % – 59 sites), tying up the event dated by the samples and the moment of deposition of the adornments often becomes difficult. Thus, sometimes, the stratigraphic distance between C14 dates and beads allows only establishing generalized ante or post quem termini. In other cases, the difficulties are posed by the character of the deposits themselves (e.g. secondary burials or funerary contexts with rituals implying the remobilization of human remains, neolithic monuments with Bell-Beaker reoccupations, where part of the grave goods cannot be clearly linked to any of the moments…), by post-depositional disturbance – both of natural or anthropogenic origin – or simply by the lack of contextual information provided by the excavators.
In the specific case of the variscite beads, 30 C14 dated sites had also at least one bead characterized, therefore providing a relatively safe chronological framework for the circulation of such objects. Furthermore, the analyses conducted on the beads of 18 of these sites made it possible to determine their geological provenance, so the chronology of the deposition can also give us a rough idea about the timing and duration of the mining activities in some of the sources that, as Palazuelo, lack dates of their own.
A look to the radiocarbon probability distribution plot of the provenanced beads (fig. 3) shows how the variscite recovered in the oldest contexts – Cueva del Moro and Cueva de Chaves (Huesca) – have their origin in the Gavà mines (Baldellou *et al*., 2012). Although both sites are outside of the strict limits of our study area, we have chosen to include them in our analysis, since they are very useful for understanding the presence of Catalonian variscite in several contexts of the Spanish Meseta, such as Fuentepecina (Burgos) (Edo *et al*., 1997), perhaps La Sima (Soria) (Rojo *et al*., 2005), or even in Camino de las Yeseras (Madrid) (Ríos, Liesau, 2011). It is worth noting that both Cueva del Moro and Cueva de Chaves are located in the Ebro Valley, an important route linking the Mediterranean Sea and inland Iberia.

The comparison between the dates for the deposition of the variscite items of these early contexts and those of the main mining activities at Gavà (Borrell, Bosch, 2012), indicates that the variscite beads of Cueva del Moro and Chaves were used long before the beginning of the exploitation episodes detected in the source area so far. This suggests that, prior to the organized and intensive exploitation of the Gavà

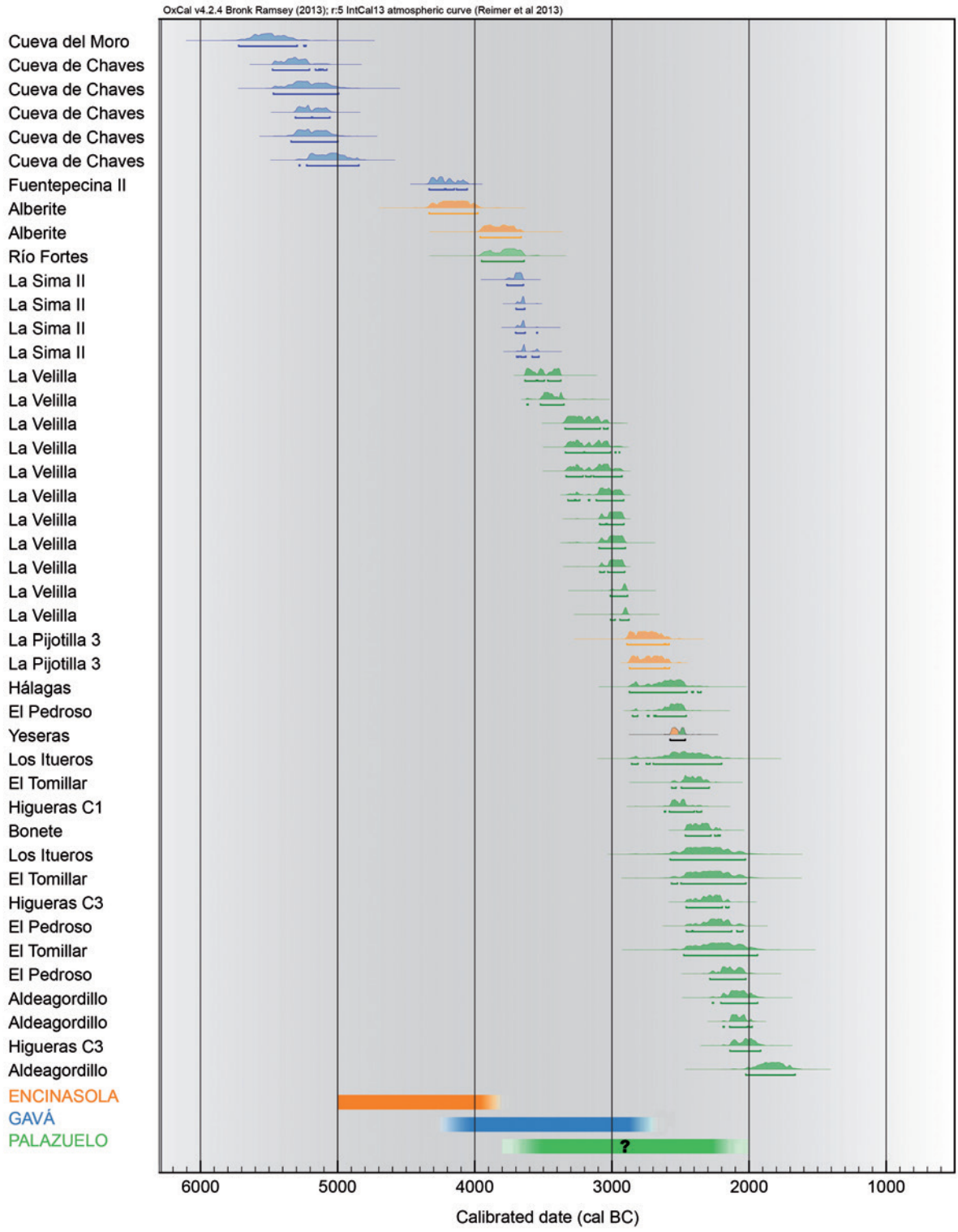


Fig. 3: Plot of the probability of the radiocarbon dates of those sites in the study area where the origin of the variscite beads has been analytically determined (Blue: Gavá; Orange: Encinasola; Green: Palazuelo). Relative chronology of the main mining episodes documented in Gavá and Encinasola (according to Borrell and Bosch, 2012; Odriozola *et al*., I.P., 2016) and hypothetical chronology of the Palazuelo prehistoric exploitation episodes (based on the deposition contexts).

mines, there was a period when the mineral was extracted, probably not on a regular basis, but in a more expedient way. The alleged presence of a chunk of variscite in one of these sites (Baldellou *et al*., 2012) and the fact that the adornments recovered there are mainly globular pendants, instead of the more standardized morphologies produced in Gavà later on, could be seen as an evidence of what might be termed colloquially as a « cash and carry » procurement and also of a « do it yourself » production.
Unlike these early sites, the rest of the radiocarbon dates available for contexts with presence of Gavà beads are coeval with the main exploitation episode detected at the mines (fig. 3), showing that during its flourishing, the products of this centre reached the northern and eastern part of the Meseta (Rojo *et al*., 1996). Interestingly, the presence of a variscite plaque from Gavà in Camino de las Yeseras (Madrid) – a context of the mid of the 3rd millennium BC where variscite beads from Encinasola are also reported – raises the possibility of both raw or partially transformed variscite and finished products travelling together along the exchange networks even during the advanced stages of this phenomenon (Ríos, Liesau, 2011).
Regarding the Encinasola productions, there are only three sites in the study area with available radiocarbon dates where beads of this origin have been identified so far: Alberite (Cádiz), La Pijotilla 3 (Extremadura) and the already mentioned Camino de las Yeseras (Madrid). The latter two can be clearly ascribed to the Copper Age, showing a chronological frame (first half of the 3rd millennium BC) similar to that of other contexts from western Iberia with beads of the same origin (Odriozola *et al*., 2012). Meanwhile, Alberite possesses a much older chronology, ranging from the second half of the 5th millennium to the first half of the 4th (fig. 3), more or less equivalent to other allegedly early depositions of variscite beads in Southern Iberia, such as the Tomb E3 C15 of Campo de Hockey (Cádiz) (Vijande *et al.*, 2015).
The early presence of Encinasola beads in Alberite, and perhaps in Campo de Hockey, would be consistent with the newly published AMS dates from the bottom layers of one of the ditches of Pico Centeno (Odriozola *et al*., 2016), which pinpoint a really early beginning for the mining activities at the site (5295-5051 and 4933-4727 cal BC). However, such dates should be handled with extreme caution, not only due to the possible « old wood effect » mentioned by the authors (Ibid.), but on account of the existence of Iron Age and Medieval dates obtained in samples coming from the same layers (Cut C, UE12 and 13) than the Neolithic ones, suggestive of very complex edaphic processes taking place at the site.
Unlike the two other mining areas, no radiocarbon dates are available for the exploitation at Palazuelo de las Cuevas. However, there are a significant number of C14 dates in the study area for those archaeological contexts where variscite beads of this origin have been recovered (fig. 3). Although such dates are not always reliable when it comes to dating the exact moment of the deposition of the adornments, they strongly hint at the main distribution of the variscite from the Zamora mines taking place during the second half of the 4th millennium and, above all, in the 3rd millennium BC. As for Encinasola, the earlier dates are few and moreover they come from problematic contexts, such as the heavily disturbed mound of Río Fortes (Ávila) (Estremera, Fabián, 2002).
Pending the analyses of the green adornments from early Neolithic contexts such as Illade 0 (A Coruña) (fig. 4), the present state of our knowledge points towards a scarcity of sites – both in western Spain and in Portugal (Carvalho, this volume) – that can be dated back to the 5th millennium BC, some showing problems that impair their ascription to this early period. Amazingly, the best evidence of an early use of variscite from Encinasola and Palazuelo comes, not from Iberia, but from Brittany (France), where dozens of beads of this origin have been documented among the grave goods of several megaliths (Querré *et al*., 2012). An appealing hypothesis that could explain both the early presence of variscite beads in the French sites and their scarcity in the Iberian, is that the powerful Breton groups of the time were taking the most part of these items, in a similar way as certain Portuguese centres will do later on, during the local Chalcolithic period. The presence of Alpine axes in several points of the Iberian Peninsula – some of which undoubtedly travelled from Brittany – would reinforce the idea of early contacts between both areas. The remaining, and most relevant, question is whether there was – in western Iberian early Neolithic period – a socio-economical infrastructure and a level of political integration powerful enough for supporting an export-oriented production as implied by that hypothesis.

However, the scarcity of variscite beads from Palazuelo or Encinasola in sites with early radiocarbon dates does not necessarily mean that there was no variscite available or circulating around western Spain before the second half of the 4th millennium BC. A general look at the chrono-cultural sorting of the 139 contexts containing green beads, managed in this paper, evidences how a good number of them (14%) could be assimilated to the early and middle Neolithic period (fig. 5) thanks to their radiocarbon dates, architecture and/or material culture. It is true, however, that the attribution to the middle Neolithic period of some depositions can be problematic: while the relationship of green beads to passage graves is quite clear across the study area (fig. 2), making it probable that at least part of the adornments belonged to the early occupations of these megaliths – around the first half of the 4th millennium BC –, their long and complicated history (Delibes, 2010) makes it difficult to draw definite conclusions in this direction.

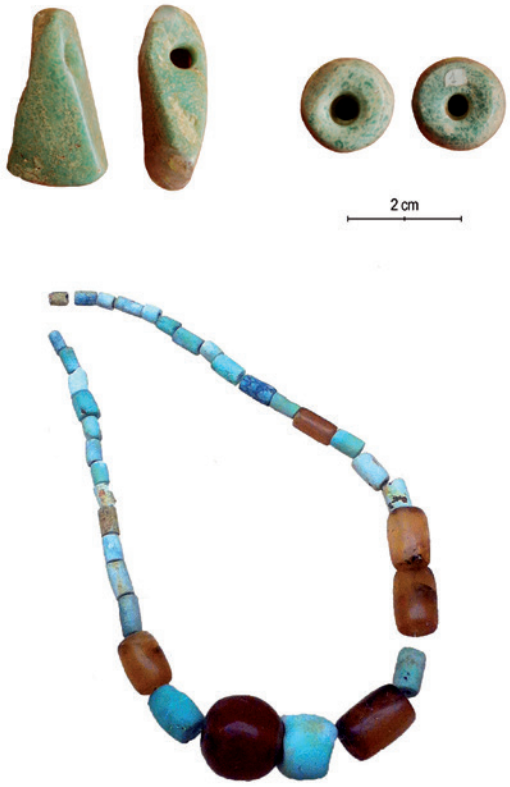


Fig. 4: Some examples of the variscite beads found in the study area. Top: Illade 0 (As Pontes, Galicia); Bottom: Reconstruction of the variscite and amber necklace of Chousa Nova 1 (Silleda, Galicia).

Although a single chrono-cultural sorting can be a daunting task for a study area as wide as that managed here, for it implies the analysis of territories with very different cultural and archaeological traits and disparate rhythms of internal evolution, most contexts analysed can be ascribed to the Chalcolithic and early Bronze Age (fig. 5), therefore upholding the relatively late chronology of the zenith of the distribution of green beads across western Spain.

4. Spatial distribution

Green beads show across the study area two main clusters (fig. 1): one is located in the south-west of the northern Meseta and the north of Extremadura (Salamanca, Cáceres, Ávila and Zamora), the other in the eastern part of the Cantabrian range (Araba, Navarra, Gipuzkoa and Bizkaia). Both areas amount to the 67% of the 139 contexts analysed in this paper. While it is not clear how biased this distribution may be, by the uneven intensity of the research, it is likely that the large concentrations in Cáceres, Salamanca or Ávila are – at least in part – due to the important archaeological investigations carried out in the last decades (Delibes, Santonja, 1986; Bueno, 1988; Fabián, 2006).

On the other hand, it is quite clear that the spatial distribution of the green stone beads is also related with other archaeological factors, such as the importance of the megalithic phenomenon. The relationship between the green beads and some specific megalithic constructions, like the passage graves (fig. 2), makes only logical its higher presence in those regions where those funerary structures are more numerous, such as – again – Salamanca (Delibes, Santonja, 1986), Araba (Fernández, Mujika-Alustiza, 2013) or Cáceres (Bueno, 1988). On the contrary, the total absence of green beads in some areas of the Cantabrian range might be also related with a comparatively lower intensity of the megalithic phenomenon (Ontañón, 2003; Teira, 1994), especially when the presence of evaporitic flint from the Ebro Valley or long sillimanite axe heads whose presumed origin would be the Sistema Central (Domínguez-Bella *et al*., 2004) clearly evidence that these areas were not cut off from the exchange networks at that time.

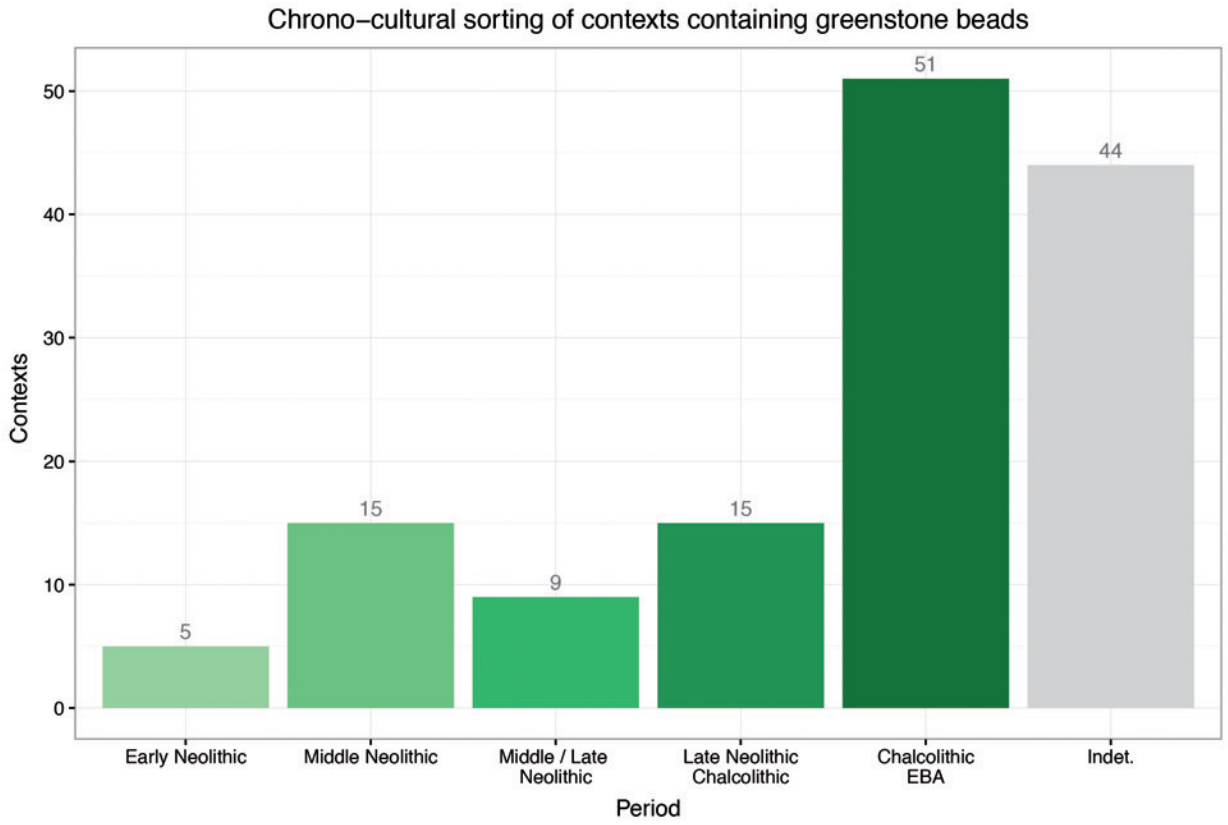


Fig. 5: Chrono-cultural sorting of the archaeological contexts where green beads have been documented.

Galicia – or, for the matter, neighbouring Asturias – is one of the regions where this link between a huge development of the megalithic phenomenon and the presence of green beads is not that clear, since – so far – these adornments have been documented only in six of the more than 4000 mounds recorded. Yet, the fact that an important percentage of the recent excavations in megalithic contexts (Vaquero, 1999; Mañana, 2005; Domínguez-Bella, Bóveda, 2011) have provided green adornments, hints at this scarcity being partially due to the lack of systematic investigations. On the other hand, the presence in Galicia of some of the earliest contexts with green beads in western Spain, such as Illade 0, Chousa Nova I or, perhaps, Monte dos Marxos, suggest that the distribution of these items towards the north-west might have had a relatively early development, maybe related to the presence of variscite in Brittany, a region with which Galicia has been systematically linked in Neolithic times. On the contrary, a diminished importance of this area during the 3rd millennium BC, when local groups were less prone to develop the domestic sphere than in other Iberian regions (Fábregas, 2010), might explain the restricted number of these items in Chalcolithic times. This circumstance is particularly surprising on the face of the chronology of the Palazuelo-originated adornments, implying that it was precisely in the 3rd millennium when the production of the Zamora mines might have reached its peak. The huge development of the Portuguese Estremadura and South-West Iberia sites might have turned the flow of these items towards the south (as suggested by the presence of hundreds or even thousands of green beads in the Chalcolithic sites of Southern and Central Portugal), the north and north-west perhaps becoming a periphery in the distribution network of these objects.

The higher presence of green beads in other points of the study area might be related, besides the aforementioned factors, to their strategic location along important communication routes through which the nodes of the exchange networks would have been connected. This might be the case, for example, of the presence of variscite beads in the Ebro Valley, but also of those close to the Tagus and Duero rivers – which would have probably played a major role in the distribution of the variscite and other items towards the Portuguese territory – and also at both sides of the Vía de la Plata, along which the variscite

from Palazuelo would have reached Casería de Tomillos (Cádiz) (Domínguez-Bella *et al*., 2000) and the tholos of Matarrubilla (Sevilla) (Odriozola, García, 2013). The presence of variscite near key points for the crossing of important geographic features might also have a similar explanation. This could be the case of the concentrations near the mountain passes of the Sistema Central, such as the valleys of the rivers Tormes (Salamanca) and Amblés (Ávila).
The location of those contexts whose variscite beads have been provenanced seems to suggest that – for the time being – the Atlantic and Mediterranean watershed might be considered as a general boundary between the main areas of distribution of the items coming from the western and eastern variscite sources (fig. 6). At the same time, the Sistema Central might have acted as some kind of barrier between the Palazuelo and Encinasola distribution areas. This does not mean that the distribution areas of variscite from the three main Iberian mines has had precise and impregnable limits: the « frontier » between the distributions of the eastern and western variscite sources shows different levels of permeability, which are clearly higher in the case of the western sectors. Thus, variscite from Gavà has reached sites located in those areas well inside the Palazuelo or Encinasola « ranges », perhaps even the Portuguese Estremadura (Odriozola *et al*., 2013); at the same time, the Palazuelo productions travelled South to Cádiz and Sevilla. However, what it is not clear – so far – is whether the variscite from Zamora or Andalusia ever surpassed the borders of the Spanish Meseta and penetrated, for example, the Ebro Valley. This uneven degree of dispersion of variscite from the different Iberian mines can be easily seen in the maximum distance travelled by their items within the study area. Thus, the Palazuelo productions have reached a maximum distance of 552 km (towards southern Iberia), while such distance is shorter for Gavà (498 km) and, overall, for the Encinasola beads (390 km).

The provenance analyses suggest that it was not frequent for a given site to be supplied by more than one production centre. Thus, this double « supply chain » has been documented – so far – only in two sites: Camino de las Yeseras (Madrid), where variscite from both Encinasola and Gavà has been reported, and Casería de Tomillos (Cádiz), with the presence of beads from Encinasola and Palazuelo. Interestingly, the variscite in Camino de las Yeseras has its origin in the two mines that are further away from the site. Such circumstance might be connected with the important role of this area within the exchange networks during late prehistory, since Camino de las Yeseras is only several kilometres away of the Casa Montero flint mines (Consuegra *et al*., 2004). Beyond our study area, the investigations in the Portuguese territory point to a shared supply being relatively frequent (Carvalho, this volume). So, the tendency of sites having beads made in raw materials of heterogeneous origin (fig. 9), suggests that the mixture of raw materials might be quite frequent and variscites from different origins used interchangeably. This should not be surprising, since it seems difficult to believe that prehistoric communities were able to differentiate between variscites of assorted origins, a complicated feat even when using modern, analytical methods.
In this sense, the significant concentration of green stone beads in the megaliths and caves of the eastern Cantabrian range might be due to their equidistance from both the Zamora and the Catalonian mines. The « transitional » location of many of these sites – placed near the aforementioned Atlantic / Mediterranean watershed (fig. 6) – might have granted them access to variscite from both Gavà (along the Ebro Valley) and Palazuelo de las Cuevas (across the northern Meseta).
Finally, we have to bear in mind that the barriers that came into play for defining the distribution boundaries of the variscite beads from the main Iberian mines were probably not only physical and geographic. The existence of political boundaries that limited or even prevented the arrival of raw materials from a specific origin seems to be the most likely explanation for the apparent inability of the variscite beads from Palazuelo to reach the eastern limits of the northern Meseta (fig. 6) while being able to travel far South to Andalusia and even further North, to Brittany. In a similar sense, the absence of variscite adornments among the otherwise rich grave goods of the Andévalo megaliths (Huelva) – located only 75 km away from Encinasola and with a chronology similar to their Portuguese counterparts

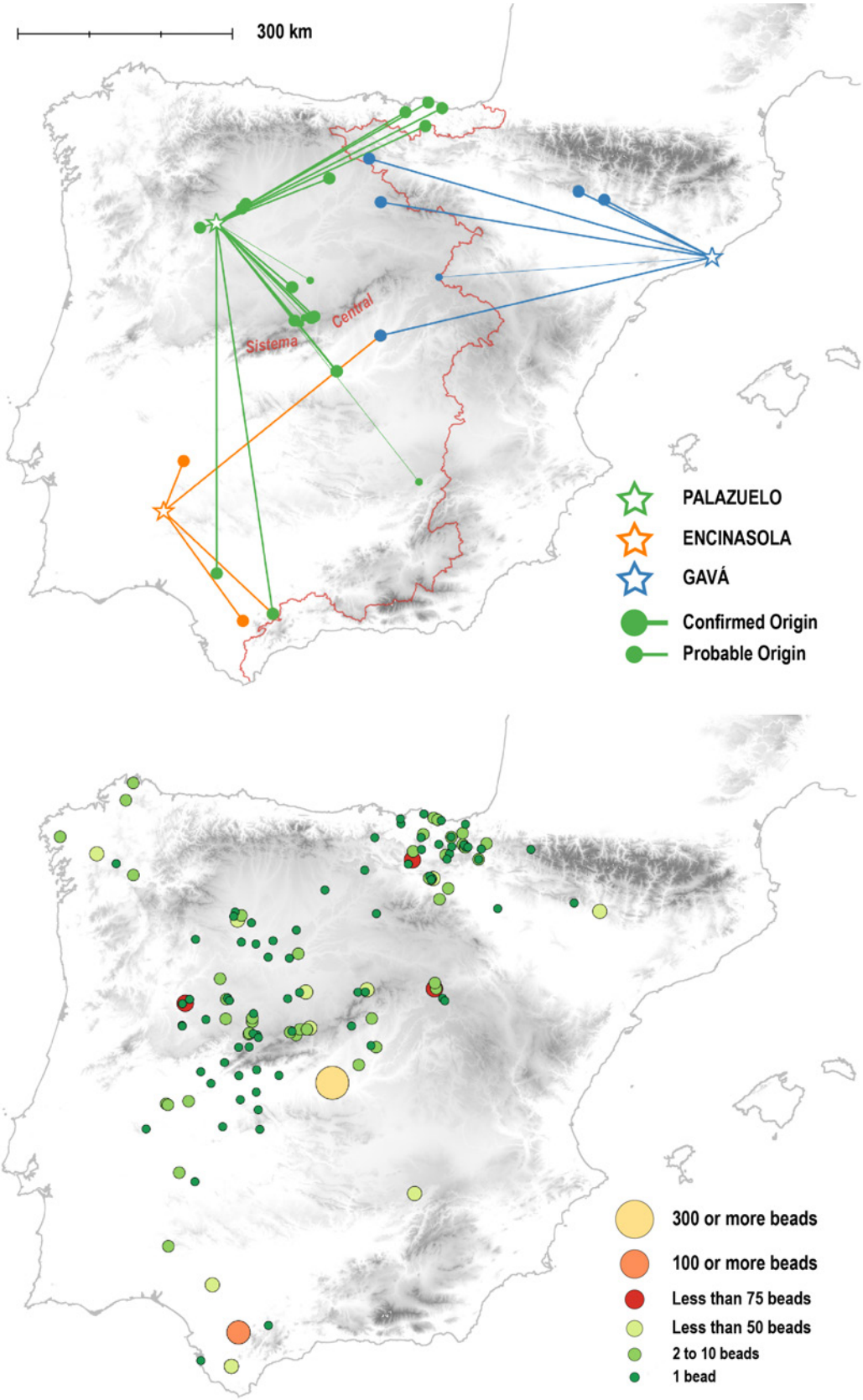


Fig. 6: Archaeological sites in the study area where the provenance of the variscite beads has been analytically determined (red line: Atlantic / Mediterranean watershed). Number of green beads in each site analysed.

where these objects are present (Odriozola, Linares-Catela, 2012) – also points towards the existence of some kind of intangible barriers for the distribution of variscite amidst the communities of this area.

5. Inequalities in the access to the green materials

The number of green beads per site suggests that the ability to acquire them was relatively limited for most communities in the study area (fig. 6). Thus, almost the 80% (111) of the contexts provided five or fewer beads of this material and only in two of them – the dolmen of Alberite (Cádiz) and the artificial caves of Valle de las Higueras (Toledo) – the assemblage rose to more than 100 items (Ramos, Giles, 1996; Bueno *et al*., 2005) (fig. 7). The proximity to the variscite sources does not seem to have been a factor easing access to this raw material: neither an increase in the number of sites with green beads nor in the amount of adornments per site can be detected as we approach Palazuelo and Encinasola (fig. 7). Therefore, it seems that a diffusion of those adornments according to the Renfrew's down-the-line exchange model can be ruled out for the study area, as other authors have already pointed out (Linares, Odriozola, 2011). Naturally, this observation will be verified or falsified as more provenance analyses become available for the study area (in order to remove the doubts caused by the distribution of those green beads that are not really made on variscite).

On the contrary, the huge concentration of beads in some sites – such as the aforementioned Alberite (110) and Valle de las Higueras (*c.* 300), but also in the Portuguese sites of Paimogo (104), Rego da Murta 2 (152), Palmela (433) and, above all, Perdigões (*c.* 3000) – points to the existence of groups, communities or even individuals with a greater capacity to mobilize resources, especially in the final stages of the Neolithic period and during the Chalcolithic. It may be in response to a greater demand from the elites – especially those in the south-west and the Portuguese Estremadura – that the production centres of western Iberia intensified the extractive works in the 3rd millennium cal BC.
Regarding the chronological evolution of the procurement, the mean number of green beads per site (fig. 8) might imply that the highest concentrations of green adornments would have taken place during the early Neolithic period and the Chalcolithic period or the early Bronze Age. However, such impression is highly affected by the presence of sites such as Cueva del Moro or Valle de las Higueras. If we remove these from the study, the picture becomes quite different, with an increasing number of beads per site as we approach the Chalcolithic period. This suggests an increase in the quantities of green stones circulating along the exchange networks, probably due to the fact that it was at that time – during the late Neolithic and Chalcolithic periods – when the three production centres were active, some of them – such as Palazuelo and maybe Encinasola – possibly reaching their peak. Still, even at that time, the constrained mean ranges from two, to less than five beads per site, evidencing that most communities had a limited access to this raw material.

The differences regarding the ability to acquire green stone beads were also operating within the communities themselves, with families, clans or individuals increasingly being able to mobilize more resources than their neighbours; this would have allowed them to get – and even to hoard – exotic or sumptuary items. Adornments, by their very nature of objects to be displayed, would have been the ideal elements for the exhibition of rank or power. Over time, it is possible that their possession would have become a symbol or equivalent of power and distinction and, therefore, their use reserved to the powerful and distinguished.
In this sense, it is likely that the communities of the late prehistory of the study area were not egalitarian. The analysis of the human remains of some megalithic tombs of northern Spain points to a number of individuals usually lower than expected from a population capable of constructing such kind of monuments and also from their generally long-lasting use, suggesting that only a part of the community was actually buried therein (Fernández-Crespo, de-la-Rúa, 2015). Which were the sources of such distinction is, however, much more difficult to establish: the male over-representation among the human remains recovered in

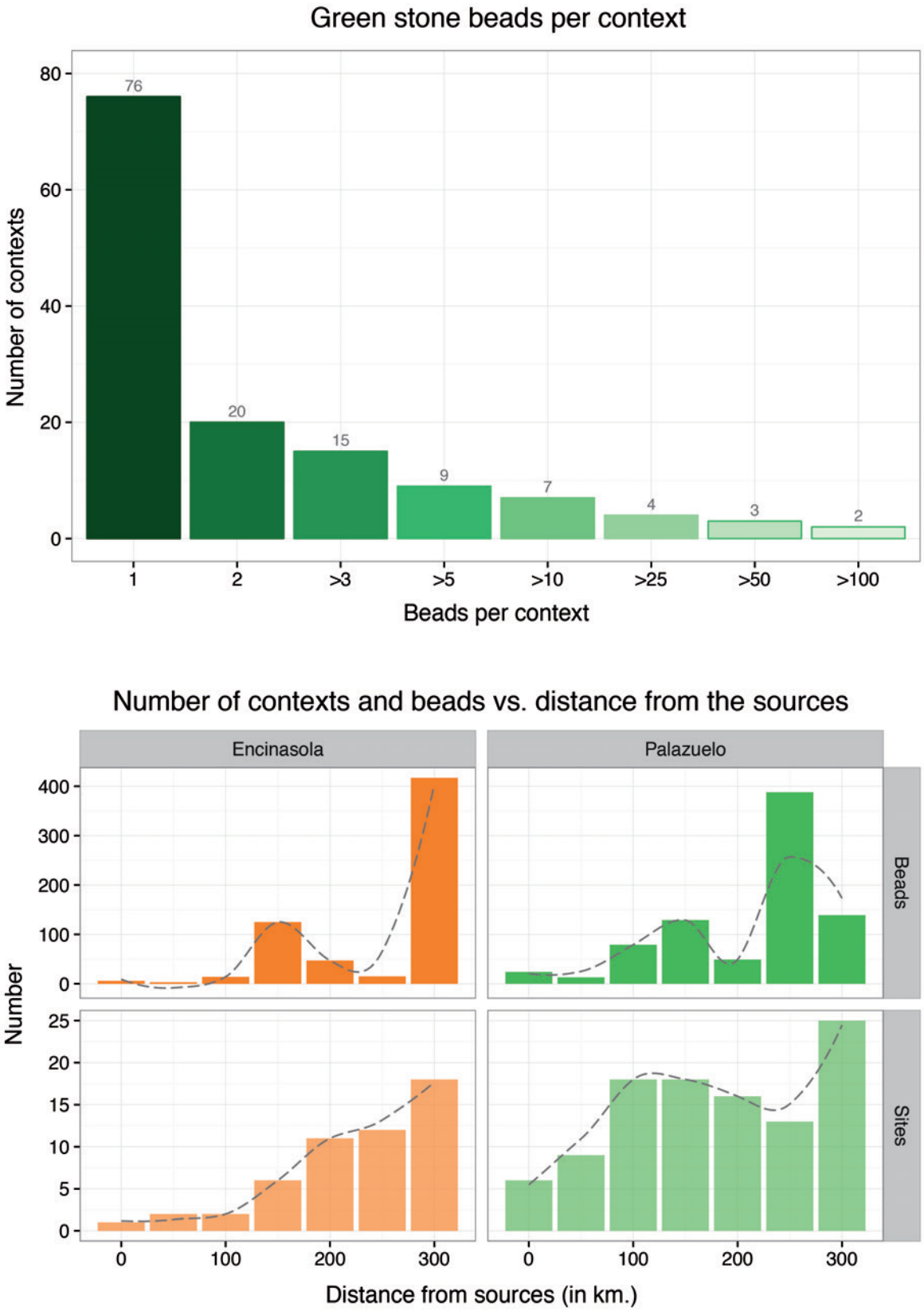


Fig. 7: Contexts according to the number of beads found (the different caves from Valle de las Higueras being analysed together). Distribution of contexts and beads according to their distance from Encinasola and Palazuelo mines.

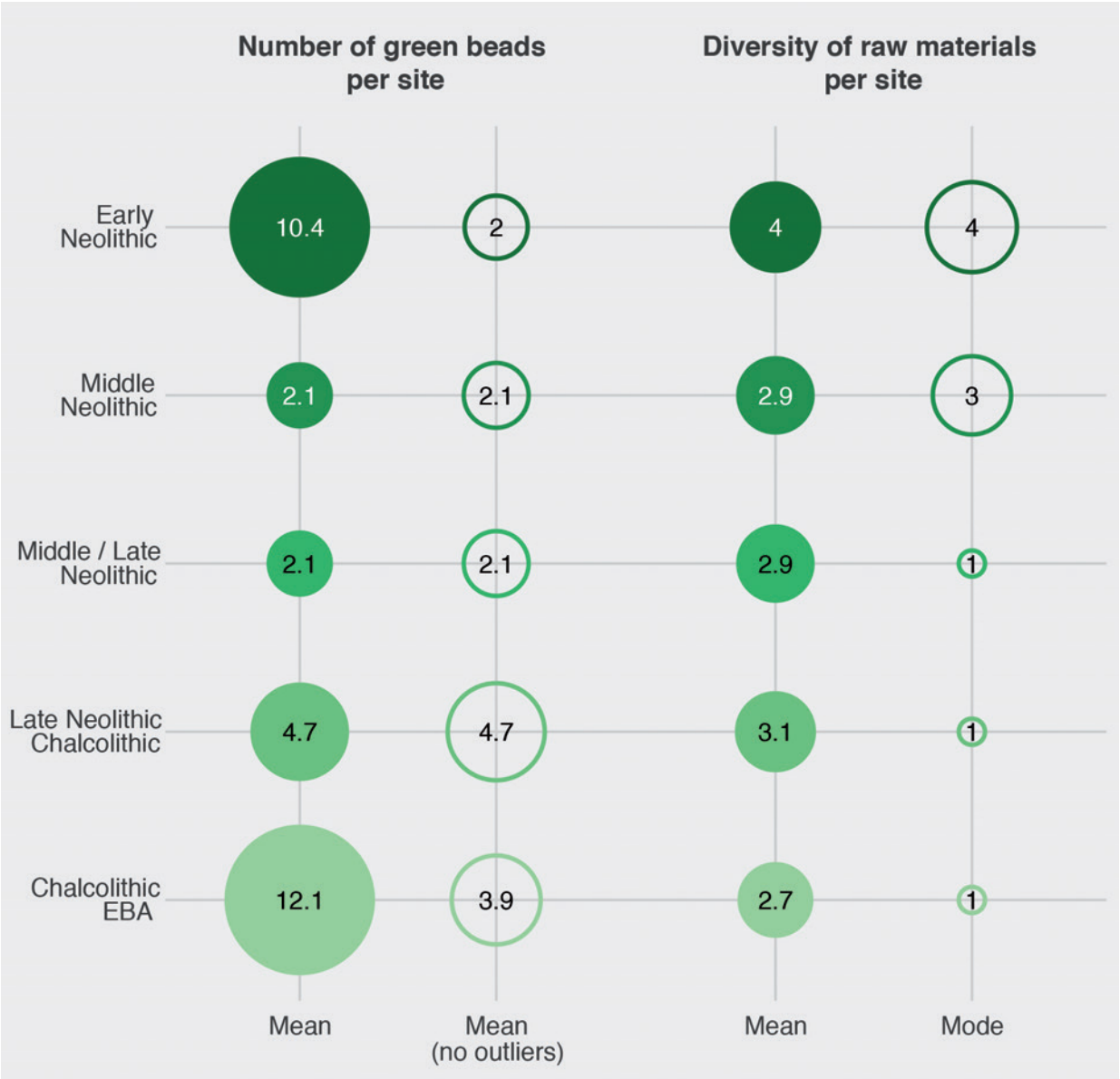


Fig. 8: Average number of green beads per site according to its chronology. Diversity of raw materials among the beads of those sites where the presence of green stone adornments has also been mentioned.

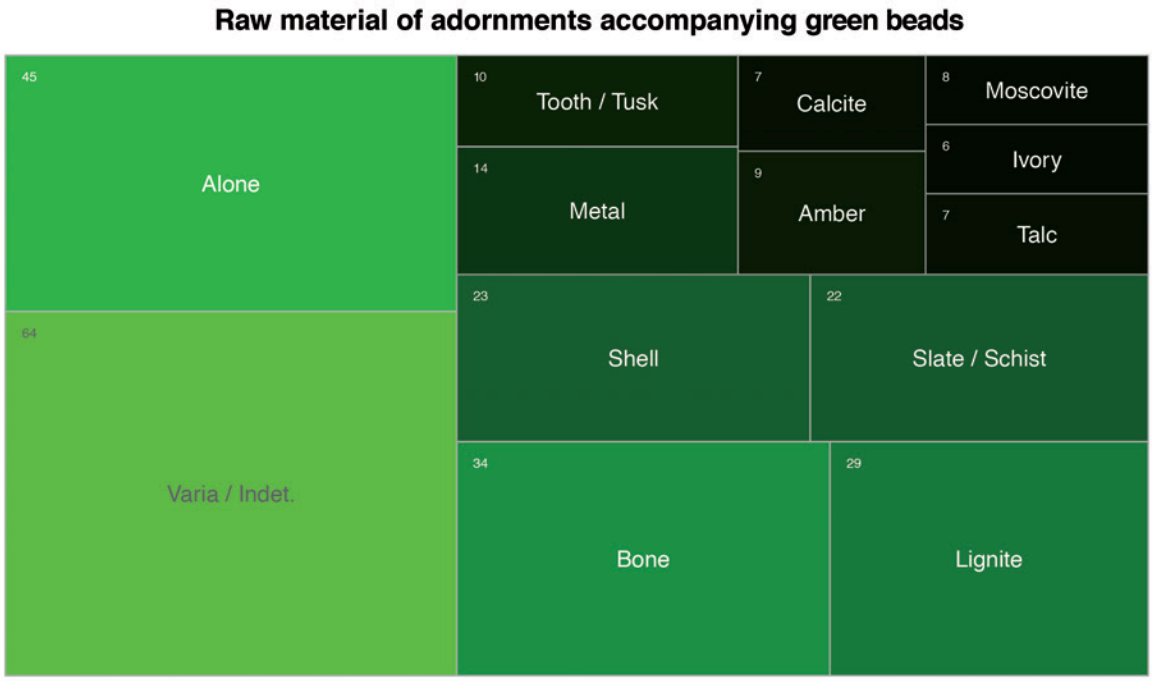
some megaliths containing green beads (such as Alto de la Huesera, San Martín, Collado del Mallo, La Mina, La Tarayuela, La Pijotilla or Chabola de la Hechichera) conveys that gender may have been among the criteria for being buried in some funerary contexts (Ibid.); but this was probably not the only factor or even the most important, as implied by the apparent gender parity detected – although not without problems – in other archaeological sites with green beads, such as Los Zumacales (Alonso *et al.*, 2015).

In a similar scope, it seems that the use of green stone adornments was not accessible to all the members of the community. The remobilization of bodies due to practices that took place during the long use of many funerary contexts or the post-depositional alterations caused by looting, etc. makes very difficult to link the grave goods with specific individuals or even to ascertain if these were offered individually or to all the people buried in a particular site (Delibes, 2010). Still, in those cases where such association between specific grave goods and bodies has been possible, archaeologists have evidenced how green beads would have been carried only by certain individuals: in La Sima II (Soria) the concentration of adornments suggest that there were only five or six necklaces for a minimum of 26 corpses. Furthermore, some of

those implied the use of dozens of beads, while others were little more than pendants composed of only one or two pieces (Rojo *et al*., 2005). Likewise, in Valle de las Higueras (Toledo), only a part of the remains were clearly linked to green stone beads, while others did not carry adornments at all (Bueno *et al*., 2005). In El Miradero (Valladolid), although no green beads were recovered, a single individual was wearing the major part of the adornments recovered at the site (Delibes, 2010). Such differentiation might have begun relatively early; thus, the variscite and amber necklace recovered in the Chousa Nova I mound (Pontevedra) would have apparently been worn by a single individual, who – if we accept that the use of the monument took place shortly after its building – was buried there in the second half of the 5th millennium cal BC (Domínguez-Bella, Bóveda, 2011). Similarly, in the double burial documented in the Pit 2 of Paternanbidea (Huesca), dated back to the last quarter of the 6th millennium cal BC, one of the bodies was wearing a very rich necklace and wristband made of hundreds of beads, including several of variscite, while the second body was apparently buried with no adornments (Baldellou *et al*., 2012).
Clearly, gender does not seem to be behind the differential use of green stone beads, at least in advanced stages of the late prehistory. Thus, in the Chalcolithic/EBA burial of Humanejos (Madrid) a young individual – probably a woman – was buried wearing a variscite necklace (Ríos, Liesau, 2011). Similarly, a woman was the only one clearly linked to personal adornments – represented by a variscite necklace and a shell – in the central chamber of the C3 of Valle de las Higueras. In the antechamber of this same artificial cave, the green stone adornments were linked to three bodies (a man, a woman and a new-born child), so we cannot rule out that the beads were carried by a woman or even by an infant. In this sense, age does not seem to be a clear element discriminating the use of green beads either: the studies carried out in the eastern part of Iberia have shown how variscite beads were primarily linked to infant burials in necropolis such as Bobila Madurell and Camí de Can Grau (Catalunya) (Gibaja, 2003; Gibaja *et al*., 2010). Similarly, there is evidence of green stone beads being worn by sub-adult and infant individuals in some of the sites analysed in this paper, such as the pits 1 and 2 of Paternanbidea.
A question frequently put forward by the researchers is whether the adornments accompanying the individuals were part of their belongings when alive, or these objects had the characteristics of grave goods, as it seems to have happened with polished axes or flint blades, which sometimes were deposited in the tombs without having been previously used (Delibes, 2010). This is a question that is very difficult to answer; however, the documentation of secondary holes in some variscite beads suggests that they were repaired after a fracture that might have taken place during their use. This is the case of Chousa Nova I, Campo de Hockey or Errakatxuetako Atxa (Domínguez-Bella, Bóveda, 2011; Vijande *et al*., 2015). Thus, at least in some cases, the adornments could have been used as prestige items not only in death but also during the lifetime of their owner.

6. Green beads and adornments on other raw materials

It is obvious that green rocks were not the only raw material used for the fabrication of adornments during the late prehistory of the study area. The presence of both mineral and organic materials (variscite, schist, amber, bones, tooth, shell…) in the same sites – sometimes even sharing the same necklaces – reveals the existence of a complex network of exchanges in which non-local, regional and local raw materials would have circulated and intermingled. However, it seems clear that – as other authors have already stated (Thomas, 2011; Villalobos, 2012) – the green raw materials became important over time. Thus, in the study area, the diversity of raw materials in the adornments tended to be higher during the early Neolithic, experiencing a gradual reduction after the late Neolithic period (fig. 8). In fact, the distribution mode (the most frequent value in the deposits) shows that while in the early and middle Neolithic period the green beads were joined by several raw materials, they tended to appear alone in more recent sites. The census of the raw materials occurring together with variscite and other green beads on the sites of the study area (fig. 9) shows a diversity of situations: in a significant number of cases green beads appear alone, followed by associations with bone and lignite/jet, shell and beads made of slate or schist. Moreover,



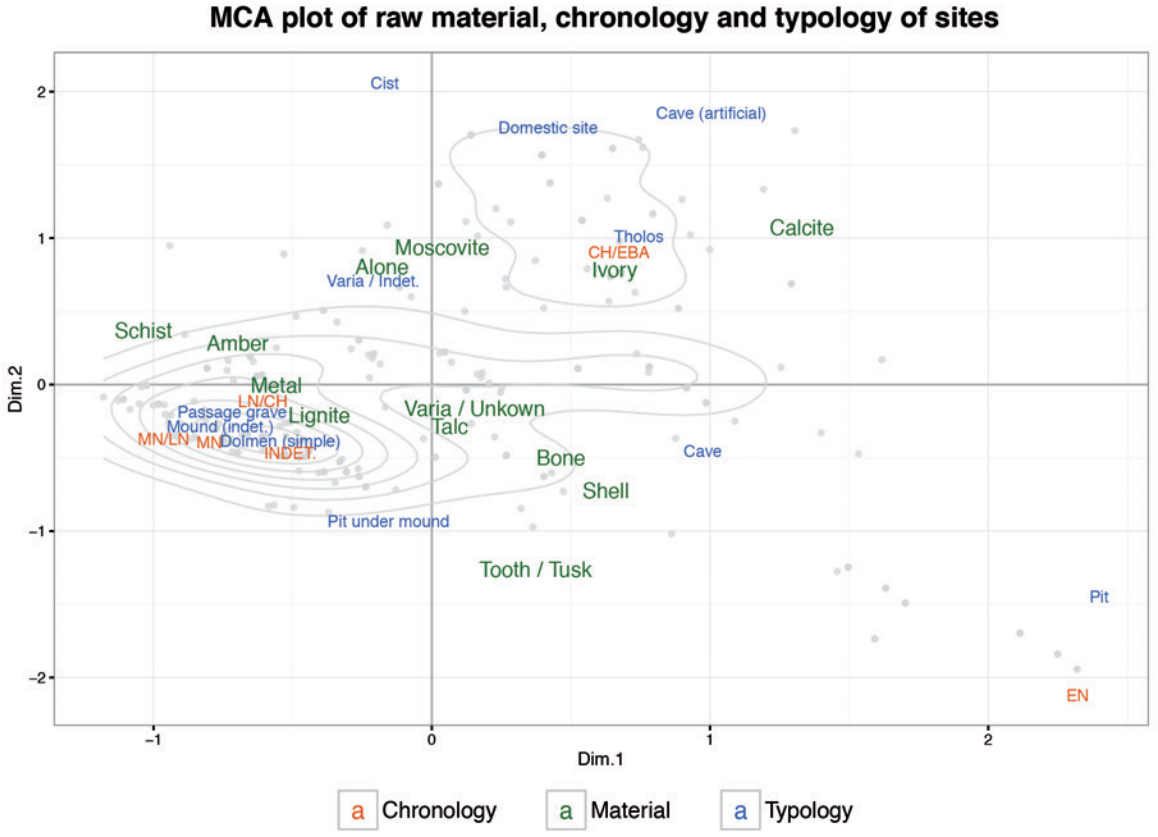


Fig. 9: Treemap displaying the number of sites where beads of different raw materials have been found together with variscite or green stone adornments. Multiple Correspondence Analysis showing the associations between the typology and chronology of the sites where green beads are present and between these and adornments made from other raw materials.

it is highly probable that the number of sites with organic beads would have been higher, particularly in places located in acidic soils, such as Galicia, where bone and shell beads are completely absent of the megalithic goods, while present in burials within small caves where the limestone substratum made their conservation possible (Vaquero *et al*., 2009).

The Multiple Correspondence Analysis of raw materials, chronology and site typology (fig. 9), shows that the most variability is caused by the early Neolithic and Chalcolithic-early Bronze Age sites whilst the middle and late Neolithic contexts have a much more homogeneous nature. Regarding the association between raw materials, chronology and architectonic types, we can see how mounds and diverse megalithic constructions tend to be associated with the middle and late Neolithic contexts, where the variscite used to be accompanied mostly of lignite and metal (gold) beads, the latter probably deposited there during the reuse of the monuments in Bell Beaker times. Meanwhile, green beads tend to appear with organic materials – bone, shell, tooth or tusk – in the early Neolithic contexts, such as caves and pits. This association of organic elements and early chronologies has been pointed out by earlier studies of the prehistoric adornments in different regions of the Iberian Peninsula (Jiménez-Guijarro, 2010), some of which have proposed a gradual substitution of – slightly transformed – organic elements by highly modified, mineral adornments. Our analysis seems to support such an hypothesis; however, this association between the use of tooth, tusk and bone and early chronologies should be handled with care, given the presence of this kind of objects (especially bone) in Chalcolithic or Bronze Age sites as well.
Finally, the MCA analysis makes clear that domestic sites and those well-known late funerary constructions, such as tholoi and artificial caves, are associated to Chalcolithic and early Bronze Age chronologies in which the green beads tend to appear together with calcite beads and ivory, the latter usually in form of « V perforated-buttons ». In some of these sites, especially in southern Iberia, the ivory would have been from Asian elephants (Nocete *et al*., 2012), a detail that underlines the ability of the late prehistory groups of this area to mobilizing sumptuary or luxury objects through long distances.
The geographical distribution of the diverse raw materials accompanying the green beads (fig. 10) does not reveal clear differences, besides a tendency to appearing alone in the northern Meseta, or the greater presence of lignite or bone/tooth beads in the western part of the Cantabrian region. The northern preference for lignite or jet beads has been repeatedly mentioned (Delibes *et al*., 1993; Delibes, 2010) and its importance in this area might be one of the reasons (or the consequences) for the variscite being absent from the western Cantabrian range. It is also worth considering the presence of slate or schist beads – sometimes by the thousands – in areas where this rock is quite common, but also in other zones where it is scarce (Delibes, 2010), suggesting that beads made in fairly common materials were also subject of exchange. Finally, the presence of shells – many of them of a maritime origin – far inland also make clear the existence of long distance contacts between the coast and the interior of Iberia, many of which probably followed the same routes as the variscite from Gavà (Ibid.).

Conclusions

Based on an extensive review of the literature, our paper has sought to offer an inventory about the distribution of green stone beads in western Spain between the early Neolithic period and the beginning of the Bronze Age. This region would have had a key role in this phenomenon, for it is where two of the three main variscite mines exploited during the prehistory are located. Probably for this reason, western Spain is the main stage for an ongoing analytical effort whose results have been instrumental in advancing our knowledge about the production and circulation of green adornments along the Iberian Peninsula and western France during the late prehistory.
The analysis of the chronology and the spatial distribution of the green stone beads and pendants of the study area has allowed us to identify or to confirm a number of evidences strongly suggesting that

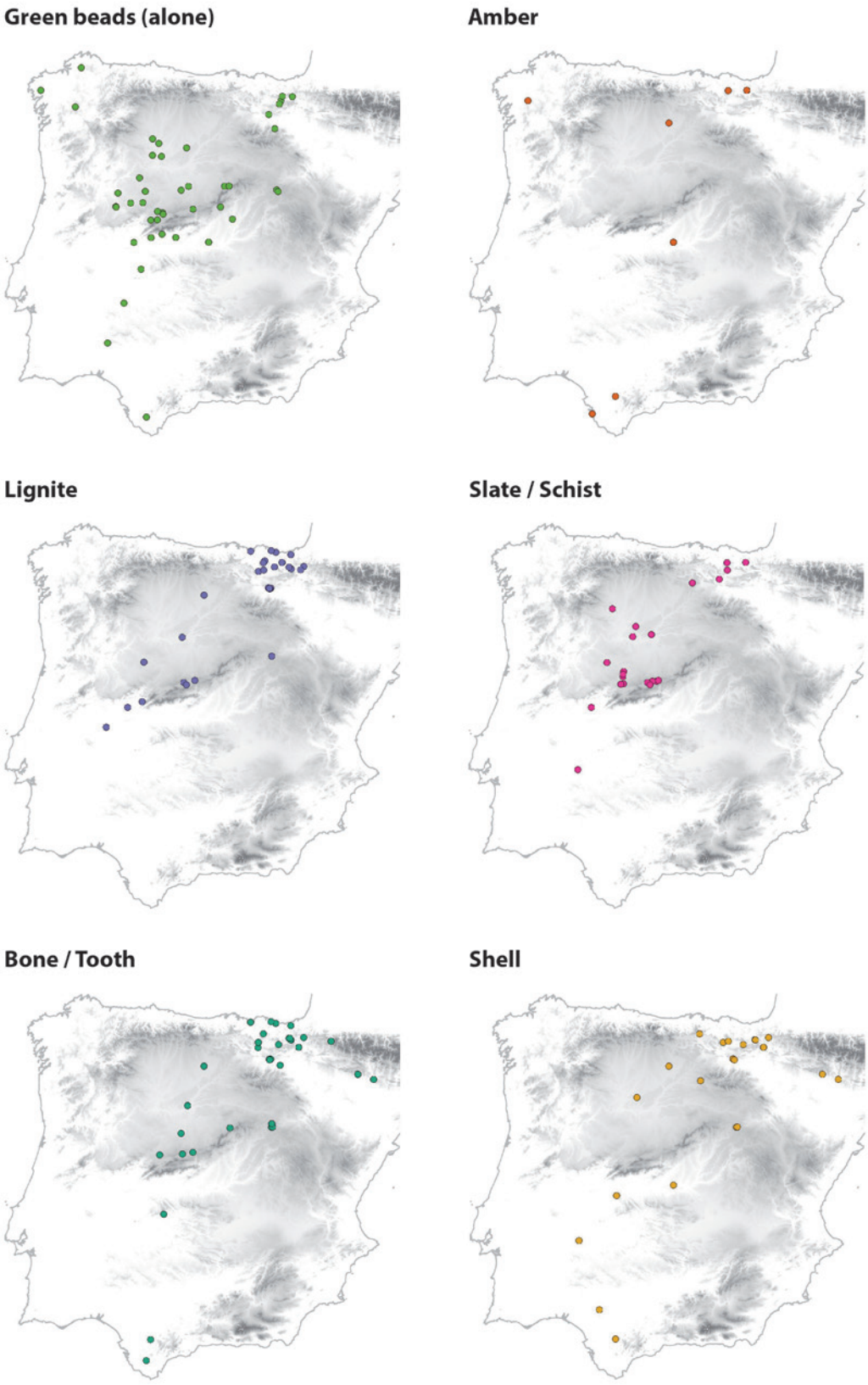


Fig. 10: Distribution of archaeological sites where beads made on different raw materials where found together with variscite or green stone adornments.

the zenith of the production and distribution of green stone beads – including variscite – took place in western Spain in the second half of the 4th millennium cal BC and, above all, during the 3rd millennium cal BC, when it seems clear that at least one of the mines, Palazuelo de las Cuevas, reached its peak of production. Although there is proof of the circulation of green stone beads in older periods – during the early and middle Neolithic period – its intensity seems to have been much lower and, in the case of variscite, it would have been directed towards Brittany, where the communities responsible for the building of the monumental megaliths would have allegedly consumed a large part of the production.

Regarding the spatial distribution of these objects, the still reduced number of provenanced beads suggests that each of the prehistoric mines (Palazuelo, Encinasola and Gavà) had their own distribution « ranges », whose limits – however – seem to have been fairly permeable to the production of other centres. The spatial analysis of green beads does not display, at least for the moment, the drop-off in the density of finds that would be expected in the classic « down-the-line » model of distribution. On the contrary, most sites have had a discrete access to green stone beads regardless of their distance to the theoretical supply sources; meanwhile, certain communities, groups or individuals would have had a much higher capacity to mobilize and to accumulate these commodities, perhaps acting also as redistribution nodes within the exchange network.

Finally, variscite and other green stone beads coexisted with other adornments, made from fairly diverse raw materials, both of organic and mineral nature. Thus, ornaments of local, regional or exotic provenance would have circulated at the same time along the same exchange networks. However, a trend is discernible by which green beads and variscite were gradually gaining importance, until they became the main raw material for making adornments during the 3rd millennium BC.

Reference

Alonso Díez, M., Delibes de Castro, G. y Santiago Pardo, J. 2015. El sepulcro megalítico de Los Zumacales, en Simancas (Valladolid). In *Conocer Valladolid 2014. VIII Curso de Patrimonio Cultural 2014/2015* : 14-35. Valladolid, Ayuntamiento de Valladolid.

Baldellou, V., Utrilla Miranda, P. et García-Gazólaz, J. 2012. Variscita de Can Tintorer en el Neolítico Antiguo del Valle Medio del Ebro. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 307-314. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Borrell, F. et Bosch, J. 2012. Las minas de Variscita de Gavà (Barcelona) y las redes de circulación en el Neolítico. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 315-322. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Bueno Ramírez, P. 1988. *Los dólmenes de Valencia de Alcántara*. Madrid, Ministerio de Cultura, Subdirección General de Arqueología y Etnografía (Excavaciones Arqueológicas en España 155).

Bueno Ramírez, P., Barroso Bermejo, R. et Balbín Behrmann, R. de 2005. Ritual campaniforme, ritual colectivo: la Necrópolis de cuevas artificiales del Valle de las Higueras, Huecas, Toledo. *Trabajos de Prehistoria* 62 : 67-90.

Cassen, S., Boujot, C., Domínguez Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martínez, M.P., Querré,G., Santrot, M.-H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.-M. Pétrequin (eds), *Jade. Grandes Haches Alpines Du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 918-995. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (Collection Les cahiers de la MSHE Ledoux, tome 2).

Consuegra Rodríguez, S., Gallego-García, M.M. et Castañeda Clemente, N. 2004. Minería neolítica de sílex de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid). *Trabajos de Prehistoria* 61 : 127-140.

Delibes de Castro, G. 2010. La investigación de las sepulturas colectivas monumentales del IV Milenio

A.C. en la Submeseta Norte española. Horizonte 2007. In J. Fernández Eraso et J.A. Mujika Alustiza (eds), *Actas Del Congreso Internacional Sobre Megalitismo Y Otras Manifestaciones Funerarias Contemporáneas En Su Contexto Social, Económico Y Cultural* : 12-56. Donostia, Sociedad de Ciencias Aranzadi Zientzi Elkartea (Munibe-Suplemento 32).

Delibes de Castro, G., Rojo Guerra, M.A. et Represa Bermejo, I. 1993. *Dólmenes de La Lora: Burgos.* Valladolid, Conserjería de Cultura y Turismo (Guía Arqueológica, Junta de Castilla y León).

Delibes de Castro, G. et Santonja Gómez, M. 1986. *El fenómeno megalítico en la provincia de Salamanca.* Salamanca, Diputación Provincial de Salamanca.

Domínguez-Bella, S. et Bóveda, M.J. 2011. Variscita y ámbar en el Neolítico gallego. Análisis arqueométrico del collar del túmulo 1 de Chousa Nova, Silleda (Pontevedra, España). *Trabajos de Prehistoria* 68 : 369-380.

Domínguez-Bella, S., Calado, D., Cardoso, J.L., Clop García, X. and Tarriño Vinagre, A. 2004. Raw materials in the Neolithic - Aeneolithic of the Iberian Peninsula. *Slovak Geological Magazine* 1-2 : 17-42.

Domínguez-Bella, S., Morata, D., de la Rosa, J. and Ramos-Muñoz, J. 2000. Neolithic trade routes in SW Iberian Peninsula? Variscite green beads from some Neolithic sites in the Cádiz province (S-W Spain): Raw materials and provenance areas. In *Proceedings of the 32 International Symposium of Archaeometry* : 12. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.

Edo Benaiges, M., Fernández Turiel, J.L., Villalba, M.J. et Blasco, A. 1997. La calaíta en el cuadrante NW de la Península Ibérica. In R. De Balbín Behrmann et P. Bueno Ramírez (eds), *II Congreso de Arqueología Peninsular. Zamora, del 24 al 27 de Septiembre de 1996* : 99-122. Zamora, Fundación Rei Afonso Henriquez.

Estremera Portela, S. et Fabián García, J.F. 2002. El túmulo de la Dehesa de Río Fortes (Mironcillo, Ávila): primera manifestación del Horizonte Rechaba en la Meseta Norte. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 68 : 9-41.

Fabián García, J.F. 1992. El enterramiento campaniforme del Túmulo 1 de Aldeagordillo (Ávila). *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* 58 : 97-132.

Fabián García, J.F. 1995. *El aspecto funerario durante el Calcolítico y los inicios de la Edad del Bronce en la Meseta Norte: el enterramiento colectivo en fosa de "El Tomillar" (Bercial de Zapardiel, Ávila) en el marco cultural de la Prehistoria Reciente en el Sur de la Meseta N-O.* Salamanca, Universidad de Salamanca. Servicio de Publicaciones.

Fabián García, J.F. 2006. *El IV y III Milenio AC en el Valle Amblés (Ávila)*. Valladolid, Consejería de Cultura y Turismo (Arqueología en Castilla y León Monografías 5).

Fábregas Valcarce, R. 2010. *Os petróglifos e o seu contexto: un exemplo da Galicia meridional.* Vigo, Instituto de Estudios Vigueses.

Fábregas Valcarce, R., De Lombera Hermida, A. and Rodríguez Rellán, C. 2012. Spain and Portugal: long chisels and perforated axes. Their context and distribution. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.-M. Pétrequin (eds), *Jade. Grandes Haches Alpines Du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 1108-1135. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté, (Collection Les cahiers de la MSHE Ledoux tome 2).

Fernández Eraso, J. et Mujika-Alustiza, J.A. 2013. La estación megalítica de la Rioja Alavesa: cronología, orígenes y ciclos de utilización. *Zephyrus* 71 : 89-106.

Fernández-Crespo, T. and de-la-Rúa, C. 2015. Demographic evidence of selective burial in megalithic graves of northern Spain. *Journal of Archaeological Science* 53 : 604-617.

Gibaja, J.F. 2003. *Comunidades Neolíticas del Noreste de la Península Ibérica. Una aproximación socio-económica a partir del estudio de la función de los útiles líticos.* Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports International series S1140).

Gibaja, J.F., Majó, T., Chambon, P., Ruíz, J. et Subirà, M.E. 2010. Prácticas funerarias durante el Neolítico.

Los enterramientos infantiles en el noreste de la Península Ibérica. *Complutum* 21(2) : 47-68.

Jiménez-Guijarro, J. 2010. *Cazadores y campesinos. La neolitización del interior de la Península Ibérica.* Madrid, Real Academia de la Historia.

Lazarich, M., Fernández de la Gala, J.V., Jenkins, V., Peralta, P., Briceño, E., Ramos, A., Richarte, M.J., Carreras, A.M., Núñez, M., Versaci, M., Stratton, S., Sánchez, M. et Grillé, J.M. 2009. Paraje de Monte Bajo (Alcalá de los Gazules). Una nueva necrópolis de cuevas artificiales en el Sur de la provincia de Cádiz. *Almoraima* 39 : 67-83.

Linares Catela, J.A. et Odriozola Lloret, C.P. 2011. Cuentas de collar de variscita y otras piedras verdes en tumbas megalíticas del Suroeste de la Península Ibérica. Cuestiones acerca de su producción, circulación y presencia en contextos funerarios. In L. García Sanjuán, C. Scarre and D.W. Wheatley (eds), *Exploring Time and Matter in Prehistoric Monuments: Absolute Chronology and Rare Rocks in European Megaliths, Proceedings of the 2nd European Megalithic Studies Group Meeting (Seville, Spain, November 2008)* : 335-387. Sevilla, Junta de Andalucía.

López Plaza, S. et Piñel, C. 1978. El Poblado Eneolítico de Fontanillas de Castro (Zamora): Primera Aportación a su Estudio. *Zephyrus* 28 : 191-205.

Mañana Borrazás, P. 2005. Túmulo 5 de Forno dos Mouros (Ortigueira, A Coruña). Primeiros resultados. *Cuadernos de Estudios Gallegos* 2 : 39-79.

Martín Benito, J.I. et Blanco Majado, J. 1996. El yacimiento calcolítico de “Las Peñas” (Quiruelas de Vidriales, Zamora). *Revista de Estudios de Benavente y sus Tierras* 6 : 11-29.

Nocete, F., Vargas, J.M., Schuhmacher, T.X., Banerjee, A. and Dindorf, W. 2012. The ivory workshop of Valencia de la Concepción (Seville, Spain) and the identification of ivory from Asian elephant on the Iberian Peninsula in the first half of the 3rd millennium BC. *Journal of Archaeological Science* 40(3) : 1579-1592.

Odriozola Lloret, C.P. et García Sanjuán, L. 2013. Las cuentas de collar de piedra verde de Matarrubilla (Valencina de la Concepción, Sevilla). In L. García Sanjuán, J.M. Vargas Jiménez, V. Hurtado Pérez, T. Ruiz Moreno et R. Cruz-Auñón Briones (eds), *El Asentamiento Prehistórico de Valencina de La Concepción (Sevilla): Investigación y tutela en el 150 Aniversario del descubrimiento de La Pastora* : 485-494. Sevilla, Universidad de Sevilla.

Odriozola Lloret, C.P. et Linares-Catela, J.A. 2012. Cuentas de Variscita: Producción, circulación y presencia en contextos funerarios del Suroeste Peninsular. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 323-332. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Odriozola Lloret, C.P., Mataloto, R., Moreno-García, J., Villalobos García, R. et Martínez-Blanes, J.M. 2012. Producción y circulación de rocas verdes y sus productos en el S-W Peninsular: el caso de Anta Grande do Zambujeiro. *Estudos Arqueologicos de Oeiras* 19 : 125-143.

Odriozola Lloret, C.P., Sousa, A.C., Boaventura, R. et Villalobos García, R. 2013. Componentes de adornos de Pedra Verde de Vila Nova de São Pedro (Azambuja): estudo de proveniências e redes de troca no 3º Milénio A.N.E. no actual território portugués. In J.M. Morais Arnaud, A. Martins et C. Neves (coords), *Arqueologia Em Portugal. 150 Anos* : 457-462. Lisboa, Associação dos Arqueólogos Portugueses.

Odriozola Lloret, C.P., Villalobos García, R., Burbidge, C.I., Boaventura, R., Sousa, A.C., Rodríguez-Ariza, O., Parrilla-Giraldez, R., Prudênçio, M.I., Dias, M.I. 2016. Distribution and chronological framework for Iberian variscite mining and consumption at Pico Centeno, Encinasola, Spain. *Quaternary Research* 85(1) : 159-176.

Ontañón Peredo, R.,2003. *Caminos hacia la complejidad: el Calcolítico en la región cantábrica.* Santander, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, Fundación Marcelino Botín.

Pétrequin, P., Cassen, S., Gauthier, E., Klassen, L., Pailler, Y., Sheridan, A., Desmeulles, J., Gillioz, P.-A., Le Maux, N., Milleville, A., Pétrequin, A.-M., Prodéo, F., Samzun, A., Fábregas Valcarce, R. 2012. Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale. In P. Pétrequin, S.

Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.-M. Pétrequin (eds), *Jade. Grandes Haches Alpines Du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C.* : 574-727. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (Collection Les cahiers de la MSHE Ledoux, tome 1).

Querré, G., Domínguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand et G. Querré (eds), *Roches et Sociétés de La Préhistoire: Entre Massifs Cristallins et Bassins Sédimentaires* : 307-315. Rennes, Presses universitaires de Rennes.

Ramos Muñoz, J. y Giles Pacheco, F. 1996. *El dolmen de Alberite (Villamartín): aportaciones a las formas económicas y sociales de las comunidades neolíticas en el noroeste de Cádiz.* Cádiz, Universidad de Cádiz.

Ríos, P. y Liesau, C. 2011. Elementos de adorno, simbólicos y colorantes en contextos funerarios y singulares. In C. Blasco, C. Liesau y P. Ríos (eds), *Yacimientos Calcolíticos Con Campaniforme de La Región de Madrid: Nuevos Estudios* : 357-370. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid.

Rojo Guerra, M.A., Delibes de Castro, G., Edo Benaiges, M. y Fernández Turiel, J.L. 1996. Adornos de calaíta en los ajuares dolménicos de la provincia de Burgos: apuntes sobre su composición y procedencia. In *Actes I Congrés Del Neolític a La Península Ibérica. Gavà, Bellaterra. 27,28 I 29 de Març de 1995* : 239-250. Gavà, Museu de Gavà.

Rojo Guerra, M.A., Garrido Pena, R., García-Martínez de Lagrán, I., Morán Dauchez, G. y Kunst, M. 2005. *Un Desafío a la eternidad: tumbas monumentales del Valle de Ambrona*. Valladolid, Junta de Castilla y León, Consejería de Educación y Cultura (Arqueología en Castilla y León 14).

Teira Mayolini, L.C. 1994. *El Megalitismo en Cantabria: aproximación a una realidad arqueológica olvidada.* Santander, Universidad de Cantabria.

Thomas, J.T. 2011. Fashioning Identities, Forging Inequalities: Late Neolithic/Copper Age Personal Ornaments of the Portuguese Estremadura. *European Journal of Archaeology* 14 : 29-59.

Vaquero Lastres, J. 1999. *Les Extrêmes distincts: la configuration de l'espace dans les sociétés ayant bâti des tertres funéraires dans le Nord-Ouest ibérique*. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series 821).

Vaquero Rodríguez, M., Alonso Fernández, S., Alonso Fernández, C., Ameijenda Iglesias, A., De Lombera Hermida, A., López-García, J.M., Lorenzo Merino, C., Lozano Ruiz, M., Rodríguez Rellán, C., Rosell i Ardévol, J. et Serna González, M.R. 2009. Nuevas fechas radiométricas para la Prehistoria del noroeste de la Península Ibérica : la Cueva de Valdavara (Becerreá, Lugo).*Trabajos de Prehistoria* 66(1) : 99-113.

Vijande Vila, E., Domínguez-Bella, S., Cantillo Duarte, J.J., Martínez López, J. and Barrena Tocino, A. 2015. Social inequalities in the Neolithic of southern Europe: The grave goods of the Campo de Hockey necropolis (San Fernando, Cádiz, Spain). *Comptes Rendus Palevol* 14 : 147-161.

Villalobos García, R. 2012. Adornos exóticos en los sepulcros tardoneolíticos de la Submeseta Norte Española. El ejemplo de Las Tuerces como nodo de una red descentralizada de intercambios. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 265-272. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Zapata Peña, L. 1995. La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). La industria ósea y los elementos de adorno. *Munibe (Antropologia-Arkeologia)* 47 : 35-90.

Archaeomineralogy of turquoise in Eurasia

Ruslan I. Kostov

Abstract. A review is made on the deposits, distribution and finds of turquoise $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8.4H_2O$ from prehistoric times to the early medieval period on the territory spanning from Southeast Europe (Bulgaria, Eastern Rhodopes, Late Neolithic to Chalcolithic period, end of sixth-fifth mill. BC) to Central Asia (1 – Kyzyl Kum desert area, Neolithic period, sixth mill. BC; 2 – Iranian plateau area). A Turquoise Route (replacing the Lazurite Route) throughout the centuries (with the Kyzyl Kum area as an earlier source area) can be introduced in Central Asia, supplying raw material and turquoise artefacts to the West and to the South. The Western European, Anatolian and Caucasus Mountains, Levant, Sinai Peninsula and Chinese turquoise-bearing areas are also mentioned with examples of turquoise artefacts. Some earlier turquoise finds (eight-seventh mill. BC) must also be studied by mineralogical methods for determination of their probable source. In Europe and Asia turquoise deposits or occurrences are reported from 33 countries. Six main genetic types of turquoise deposits are distinguished (Kuraminsk, Kyzyl Kum, Taushan, Kalmakir, Kioster and Sinai type), which are a base for further on mineralogical, geochemical and archaeomineralogical studies in order to fingerprint the source areas of the turquoise artefacts.
Key words: archaeomineralogy, Eurasia, Neolithic, turquoise

Résumé. Une présentation est fait des dépôts, de leur distribution et des découvertes de turquoise $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8.4H_2O$, de la Préhistoire au haut Moyen-Âge sur un territoire s'étendant de l'Europe du sud-Est (Bulgarie, Rhodopes de l'Est, du Néolithique final au Chalcolithique, fin du VI-Vème millénaire BC) jusqu'à Asie centrale (1 – la zone désertique de Kyzyl Kum, période Néolithique, VIème millénaire BC; 2 – la région du plateau iranian). Une Route de la Turquoise (en replacement de la Route de la Lazurite) à travers les siècles (avec la région de Kyzyl Kum comme zone d'approvisionnement la plus ancienne) a pu se prolonger en Asie centrale, alimentant en matières premières et en objets de turquoise l'Ouest et la Sud. L'Europe occidentale, les montagnes d'Anatolie et du Caucase, le Levant, la péninsule du Sinaï et les gisements chinois turquoise sont également mentionnés comme des exemples d'objets de turquoise. Certaines découvertes supposées être des turquoises très précoces (VIII-VIIème millénaire BC) doivent être également étudiées par des méthodes minéralogiques pour la détermination de leur provenance probable. Les dépôts et la présence de turquoise sont signalés dans 33 pays d'Europe et d'Asie. Six principaux types génétiques de gisements de turquoise sont distingués (Kuraminsk, Kyzyl Kum, Taushan, Kalmakir, Kioster et la type Sinaï), qui constituent une base pour développer de plus importantes études minéralogiques détaillées, des études géochemiques et archéominéralogiques pour déterminer les empreintes digitales propres à chacune des source géologiques des objets archéologiques en turquoise.
Mots-clés : archéominéralogie, Eurasie, Néolithique, turquoise

Introduction

Turquoise $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8.4H_2O$ is a hydrated copper aluminum phosphate which is usually of a light blue or greenish color. It crystallizes in the triclinic system, but rarely forms crystals. The name turquoise (French *turquoise*, German *Turkis*) has been explained for the fact, that the mineral is supposed to reach Europe from Central Asia through Turkey. Both Pomponius Mela and Pliny the Elder refer to the "Turcae" north of the Sea of Azov. The Oxford dictionary explains for turquoise: "so named as coming from Turkestan, where first found, or through the Turkish dominions". Marco Polo during his visit to Asia (1271-1295) mentions "*pierres qui s'appelent turquesses*". The Persian word *ferozah (firozah, firilza)* for turquoise means "victorious" and is derived from the word *feroz* or *firoz* "victory". In India the mineral is

not found and is named after Persian influence *peroja* (Laufer, 1913). An alternative idea for the etymology of turquoise is the name of the medieval Persian town Turshiz (Tarshish) known as a trade centre.
The terms *callais* and callaina (green dye callaicum) were introduced by Pliny the Elder (*Natural History*, Book XXXVII), but it is now thought that he was referring in both cases to turquoise. The callais, which is listed in his list of inferior stones, and therefore must have been regarded by him as something totally distinct from his *callaina* (a superior gem), has much better claims to stand for turquoise; for "it resembled lapis-lazuli, only was whiter, and of the tint of the sea where it is shallow" (King, 1867). In 1864 French mineralogist Damour made chemical analyses of *callais* beads from a tomb at Mané-er-Hroek (Locmariaquer) and showed that they consisted of a hydrated aluminium phosphate – variscite.
In an inscripture from the time of the Darius, found at Susa, turquoise (Sumerian – NA_4AŠ.GÌ.GÌ; Akkadian – *ashgikû*) is mentioned as applied for decoration brought from the Khwarezm region (Moorley, 1994). This is the first historical information, which locates the turquoise sources in the Kyzyl Kum area. In Mesopotamia, an inscribed turquoise pendant, listed as neck-stone, is attributed to a Middle Assyrian ruler "favorite of the gods Enlil and Minuta", and the material is suggested to be of an Iranian origin (Ismail, Tosi, 1976).
Theophrastus in his treatise *Περὶ λίθων* (~315 BC) writes: "Those stones used in inlay work come from the neighbourhood of the Bactrian desert and are collected by expeditions of men on horseback in the season of the Etesians, when the strong winds shift the sand and expose them to view. The stones are small, or at any rate not large". An interpretation as *Βακτρανών* is discussed in part 25 on the Bactrian "emerald". The interpretation can be turquoise *Bactrian stone* as a main decorative stone, supported by the numerous archaeological artefacts, and the Bactrian desert corresponds to the Kyzyl Kum desert (Kostov, 2006).
Pliny's *callais* is mentioned with the description: "the best sort of which occurs in Carmania". The properties ascribed by Dioscorides, as well as by Aristotle and Theophrastus to lapis-lazuli were later attributed to turquoise by Arabian authors (Ibn al-Beithar; al-Tifaschi) and this fact may suggest that in cases the Ancients looked upon turquoise as a variety of lazurite (Pogue, 1915). In De *virtutibus lapidum* written by Arnoldus Saxo in the late 12th century one can find an introduction of the mineral: "The turquoise is a stone of a yellow color, verging on white; it is so called from the regions of Turkey, whence it originates" (Pogue, 1915).
Georgius Agricola (1493-1555) in *De natura fossilum* also mentiones *callais:* "Now I shall speak of the stones which have such a great variety of color that different kinds of gems seem grouped under one name. Among these is the jasper, which is green… The Cyprian variety is a pale green like *callais* – which Dioscorides writes *terebinthizusa*, and Pliny called by an inappropriate name. A variety as blue as a calm sky or like an early autumn sky is found in Cappadocia, near the river Thermodos. It is a deep blue suffused with milk. Some of the ancients call it for this reason *ἀεϊζασαν* and others *boreas*, but moderns call it *turcica*. Such are the Caspian and Persian stones. The former are found around the Caspian Sea and especially near Lake Neusin and also near the Iberians and Hyrcanians. The latter are mined from the mountains surrounding the city of Crerma. They are found also in Scythia, beyond the Imans in the region which they call Cuniclum" (Pogue, 1915).
In Europe turquoise occurrences are known in 20 countries: Armenia, Azerbaijan, Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, France, Georgia, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Norway, Poland, Portugal, Romania, Russia, Serbia, Spain and the United Kingdom. In Asia turquoise occurrences are known in 14 countries: Afghanistan, China, Egypt (Sinai, Asiatic part), India, Indonesia, Iran, Israel, Japan, Kazakhstan, Mongolia, Russia (Asiatic part), Tajikistan, Turkmenistan and Uzbekistan.

1. Balkan area, South East Europe

On the Balkans, turquoise has been found as beads in the multi-period prehistoric (Late Neolithic-Chalcolithic; sixth-fifth mill. BC) site Orlovo in the Eastern Rhodopes (South Bulgaria), linked to the

near-by Spahievo ore field (Kostov *et al*., 2007; Chapman, Kostov, 2010). At Spahievo, the turquoise mineralization, which is usually represented by small veinlets, is found at the surface of the deposit and to a depth of 100 m in a strongly faulted and silicified zone amid Priabone andesites (Kunov *et al*., 1978). Another gemstone workshop with turquoise beads and blanks is known in the Eastern Rhodopes at the Vurkhari Chalcolithic site (fifth mill. BC; Chapman, Kostov, 2010). Besides the Spahievo polymetallic ore field (Bryastovo and Chala turquoise occurrences) the mineral is listed also among the supergene minerals of the Obichnik Au-Ag occurrence (Kunov *et al*., 1978). In Greece a single turquoise occurrence is reported from trachytes in the Vathi Kilkis area of Northern Macedonia (Dimitriadis, 1974). The Serbian turquoise occurrence at Veliki Krivelj, north of the Bor deposit is also only of mineralogical interest (Skaberne, Drovenik, 1988). Botryodal tiny crusts of turquoise are found at Sândominic, Gurghiu Mountains in Romania (data of Szakáll *et al*.).

2. Western Europe

Early researchers of the Carnac area in France mention among the finds some turquoise beads, but they recognize that the raw material is of a different nature. Thus, Zacharie de Rouzic in 1908 writes that at the dolmens at Plouharnel are found "three turquoise necklaces"… and at Mont St. Michel are found "necklace beads, of which some are of common, while other are of precious material – notably those made of a species of turquoise."
In Western Europe (France; Spain), turquoise beads confirmed by analytical methods are described in Neolithic context (age data in France by J. Vaquer): grotte René Carrié à Termes (Neolithic Final, 1 bead), dolmen des Fades ou Palet de Roland à Pépieux (Neolithic Final, 1 bead) and ossuaire IV at Claousos à Auriac (Neolithic Late II, 1 bead) (Aude; data of Chantret *et al*.); Trou du Loup, Armissan, also in Aude (Neolithic, 1 bead; data of Roscian *et al*.); Roaix (in Vaucluse) (Neolithic Final, 2 beads – Forestier *et al*., 1973; 3015-2207 BC, 1 bead – data of Schvoerer *et al*.); from the Final Neolithic in the dolmens at Cayla, Saint-Martin-de-Londres (1 bead), La Bergerie de l'Hortus, Rouet (1 bead), II d'Uglas, Saint-Martin-de-Londres (1 bead) all in Hérault, and from the dolmen des Gavots, Orgon (Bouches-du-Rhône; 1 bead) (data of Roscian *et al*.); from the dolmen du Ranc d'Aven à Grospierres (Ardèche; Final Neolithic, 1 bead) (data of M. Errera); from the timulus de Saint-Michel, Carnac (Morbihan) (2 beads; data of S. Cassen *et al*.); from the dolmen de Beg an Havre (1 bead) and from the megalithic tomb Tuchen-pol (6 beads) (both Ploemeur, Morbihan; data of N. Le Maux); Monte da Morá in Spain (Neolithic, 1 bead; data of Vázquez Varela) and Bòbila Madurell in Spain (4100-3200 BC, several beads; data of Gibaja Bao). They are discriminated from the similar in colour variscite beads, which are dominating during this period (Querré *et al*., 2014). Their possible origin can be from the turquoise-variscite occurrences in France (Montebras) or Spain (Gava; Pontevedra).

3. Central Asia

On the territory of Central Asia (Uzbekistan and parts of Kazakhstan and Tajikistan) turquoise is to be found in 5 main regions with the following occurrences (Vinogradov *et al*., 1966; Pruger, 1971; Menchinskaya, 1989; mark* for sites with turquoise diggings): 1 – Sultanuizdag (Tebinbulak*; Sultanuizdag*); 2 – Kyzyl Kum (Bukantau Ridge or Northern zone – Irlir*; Ayakashti-1*; Ayakashti-2*; Turbay-1*; Turbay-2*; Altintausskoe; Kuniya*; Djaman-Kaskyr*; Karatau*; Derbez*; Djilandi*; Yuzkuduk; Southern zone on the Tamdytau, Auminzatau and Kuldjuktau ridges with Shatimtau*; Taskazgan*; Kushuktau; Ayakkuduk*; Uirektitau*; Beltau; Tamditau; Taushan*; Taskazgan*; Yaktash; Kurgantau, Karashoho); 3 – Samarkand (Agalikskoe; Karatyubinskoe; Nuratinskoe; Ukhum); 4 – Chatkalo-Kuraminsk (Karamazar Mountain; Ilaq region) northeast of Khodjent (Ungurlikan* or Ilaq Mine; Kalmakir*; Golduran*; Togap*; Akturpak*; Shaugaz; Kyzyltash*; Biryuzakan*; Tashtepe or Bolgali); 5 – Isfarinsk (Isfarinskoe*).
On the territory of Kazakhstan are known several turquoise occurrences: Kok-Mola in the Mugodjar Mount and Sarysay in the Aktyubinsk District; Zhilandi or Maikain in the Pavlodarskaya District; at

the Karatau Mountains – Kanatkazgan in the Karagandinskaya District; Aksumbe and Kurumsak in the Southern Kazakhstan District. In Turkmenistan turquoise is reported from the Karakalinsk Region.
Studies at archaeological sites have proved the local source from the Kyzyl Kum area for turquoise, with the earliest pits and quarries at the Tamdytau Mountains (at Bessapan) dated to the sixth mill. BC (Pruger, 1989; Ivanova, 2013). Some other of the earliest (Neolithic – Khwarezm area, Beshbulak, Lyavlyakan and Tuzkan area sites; Kelteminarskaya culture) turquoise artefacts from the Kyzyl Kum area (Lyavlyakan 59 and Beshbulak sites) are dated back to the fourth-third mill. BC (Vinogradov *et al*., 1966; Tosi, 1974). Turquoise production is marked also from the first half of the second mill. BC in the Zeravshan area. Imported from Bactria and Sogdiana turquoise beads are found in the cemeteries of the pastoral tribes in the second mill. BC in the Fore-Urals zone. Turquoise and copper appear at Kopet Dag-3 (sixth-fifth mill. BC) sites and at Kopet Dag-6 (3400-2800 BC) sites, the source supposed to be from the Iranian plateau (Hiebert, 2002). In the Sultanuizdag area intensive ancient turquoise mining is reported during the first-second century, and in the Chatkalo-Kuraminsk area – during the eight-ninth century (Menchinskaya, 1989).
A lot of medieval turquoise and copper mines are known at the Ilaq Mountain: Ungurlikan, Togan, Golduran, Kalmakir, Kyzyltash and Biryuzakan, only the first and the last one accepted as mainly turquoise deposits (Pruger, 1971). Most of the deposits in the Kyzyl Kum desert region are been under exploitation in medieval times during the 10-14th and 17-18th centuries, but some new archaeological discoveries from Neolithic and Antiquity period sites have pointed to a broader chronological activity (Vinogradov *et al*., 1966).
In an Chinese treatise *Pei shi* (644 AD) turquoise *sê-sê* is reported from Sogdiana and Persia, and Ibn Haukal (978 AD) specifies the district of Upper Nasiya in Ferghana as a source of the mineral (Laufer, 1913). Al-Biruni (11th century) gives data for turquoise from Ilaq, but the deposits are already exhausted at his time, and in *Djahan-nameh* of Bekran (12-13th century), the turquoise known as *Khodjent*, is mentioned to be mined in a mountain rich of ores (Pruger, 1971). According to al-Gaffari (16th century) five principal kinds of turquoise are distinguished: Nishapuri, Gaznewi, Ilaqi, Kermani and Khwarezmi (Laufer, 1913).

4. The Bactrian lands

The archaeological investigations undertaken in the second part of the 20th century in Afghanistan, Uzbekistan and Turkmenistan revealed a previously unknown ethno-cultural complex known under the conventional name of Bactrian-Margiana Archaeological Complex – BMAC (Sarianidi, 1985). The BMAC is dated to the second mill. BC and is considered to be a fifth center of Old World civilization together with Mesopotamia, Egypt, India and China. Western researchers used the term Oxus Civilization and the earliest appearance of this civilization is the initial occupation of the oases and valleys in Central Asia during the Bronze Age.
In the Armenian geography *Ashkaratzyuitz* (seventh century) in listing the regions, peoples and tribes, after the Bulgarians (Bulgh) on the west are mentioned the Khwarezmians, where in the district of Tur has been obtained the *Khwarezmian stone* and the best carnelian (Kostov, 2006). The *Khwarezmian stone* is probably not lazurite, but turquoise, known in the past from the mountain ridges in the area.
Because of their blue colour, lazurite and turquoise are often wrongly described in ancient and medieval treatises. The rare and prestigious for the early civilizations in Mesopotamia and Ancient Egypt lazurite, because of the difficulties with its supply from the single source area in the Hindu Kush, has been replaced by the easier to be found turquoise. Usually it appears as small veinlets in the host rock. That is why this gem material is rarely used for small amulets or in glyptic art. It is applied mainly as beads or inlays in gold jewellery.
During the period of the Greek-Persian and Greek-Bactrian rule, as well as after the beginning of the Common Era (Kushan Bactria, Tokharistan) and later, throughout the Middle Ages, there are no data for

trade of large quantities of lazurite, and the main blue coloured gem mineral is turquoise. This is confirmed by a lot of gold artefacts decorated with turquoise inlays found at the Tillya Tepe (Hill of Gold) necropolis (first century BC – first century AD) in Afghanistan – the six Tillya Tepe tombs reveal prestige gold and gem jewellery (~20000 artefacts), reflecting a complex history of art influence and contacts (Sarianidi, 1985). The turquoise intaglio in a gold ring depicting Athena is considered rare in ancient glyptic art. As principal in such respect is suggested the bust of Empress Livia holding a bust portrait of Augustus on turquoise of large dimensions from the Marlborough collection (King, 1867). Turquoise inlays are known in other cultural centers as Elam, Assyria and Urartu, as well as among the Scythians to the North.
It has been noted that the Belour (Bolor) Mountains (*c*. Kostov, 2006) of Turkestan abound in rubies, lazurite, and turquoise. Turquoise artefacts are described from the protoceramic 1B period (6000 BC) at Mehrgarh (Pakistan). The source of the gem material is suggested to be Mont Chaghai, but this idea has not been confirmed. Some small turquoise occurrences are mentioned in Afghanistan (Pogue, 1915). The mineral is evident sporadically in India during the third mill. BC (Harappa).

5. The Persian lands

Some finds of turquoise beads (seventh mill BC; Pre-Pottery Neolithic) are known from Iran at Ali Kosh and from Iraq at Jarmo (Schoop, 1995; Ivanova, 2013). Turquoise and white stone beads or pendants are reported from at Tell es-Sawwan, from the late sixth-fifth mill. BC site Yarin Tepe in Iraq, as well as from Tepe Zagheh and Ali Kosh in Iran, from the fifth mill. BC sites Tall-e Muski, Tall-e Bakun A, Tepe Hissar in Iran and in the fourth-third mill. BC site Tepe Gawra in Iraq (Pruger, 1989; Moorley, 1994; Ivanova, 2013). To this list may be added the late sixth/fifth mill. BC sites Djeitun and Anaw-I in Turkmenistan and Mehrgarh-III in Pakistan. At the early fifth mill. BC Neolithic site Tell es-Sawwan (Iraq) are reported seven cases of graves with turquoise beads, some of them found on small alabaster figurines (el-Wailly, Abu es-Soof, 1965). The rarity of the mineral after the third mill. BC in Mesopotamia is sought to be explained with a rejection of use of green stones (Tosi, 1974). A better explanation can be made on the base of the knowledge of raw material sources and remote distance trade as in the case of lazurite (Kostov, 2006).
The Iranian highlands are rich in different metallic and non-metallic deposits and long distance trade and large scale production has played an important role in proto-urban settlements (fourth-third mill. BC; Tepe Yahia, Shahr-i-Sohta) in relation with Mesopotamia – at Tepe Yahia in Iran, turquoise bearing artefacts, together with other gem material are known since the fourth mill. BC. No evidence has yet been yielded for prehistoric turquoise mining in the Iranian highlands (Moorley, 1994). Mining activity about 4000 BC is suggested for both the Northern (Nishapur) and Southern (Kerman) parts of Iran, and Iranian turquoise is supposed to be found in Mesopotamia since 3000 BC (Lowry, Lowry, 2010). Traces of mining for turquoise as well as turquoise beads are mentioned near the Chalcolithic site Tal-i Iblis near Kerman and Yazd (Schoop, 1995). Concerning the antiquity of turquoise in Persia, Laufer (1913) doesn't find any ancient Iranian name for the mineral, and even Avestian literature makes no allusion of it (the word *ferozah* is considered New Persian, consequently not older than the ninth century).
The earliest historical report of mines at Nishapur (Neyshabur) is made by Ibn Haukal (978 AD; citing Istakhi, 951 AD): "The villages and the towns in the plain around Nishapur are numerous and well populated. In the mountains of Nishapur and Tus are mines, in which are found brass, iron, turquoises, santalum, and the precious stone called malachite; they are said to contain also gold and beryl" (Laufer, 1913; Pogue, 1915). As-Saalibi (961-1038) only mentions the Nishapur mines and al-Biruni (973-1050) writes that turquoise is found at the mountain San, in the Khan-Diwand area near Nishapur.
Al-Tifaschi (1184-1253) writes that turquoise originates from a mine situated in the mountain of Nishapur and it is exported into all countries: "Regarding its good and bad qualities and its mining – I refer to the places in which the mines of the turquoise are found — it may be stated that this stone is extracted from the mountains of Nissabur, from which it is taken to many other countries. There is, however, a variety found in Neshawar [Peshawar?], but the one from Nissabur is better" (Pogue, 1915).

Muhammed Ibn Mansur (~1300) listed five productive areas of turquoise in Central Asia: Nishabur, Ghasnah, Irak (Ilaq?), Kerman and Khwarezm, thus pointing out to the equal representation of mining activity in both the Iranian highlands and the Kyzyl Kum – Karamazar areas.
Early reports on the geology and mineralogy of the turquoise deposits located about 50 km to the northeast of Nishapur (Al-Murzah mountain) are published by several researchers, which describe the complex labyrinth-like underground mines reaching a depth of 100 m (Pogue, 1915; Manutchehr-Danai, 1977). The productive zone occupies about two-three km^2 on the Al-Murzah mountain at different levels. By genesis the deposits are of a post-Tertiary hydrothermal-metasomatic type, related to major faults, where the brecciated volcanic rocks include the stockwerk type turquoise mineralization. Turquoise of inferior quality has been gathered from the placer deposits. The oldest mine is Abdurrezzagi, located in the most eastern part of the productive area. The next valleys with mines to the west are Derreh-i-Dar-i-Kuh, Derreh-i-Siyah, Derreh-i-Sabz, and the westernmost valley contains the Kemeri mine.
Several other turquoise mines are mentioned in other places in Iran: Khorassan province – Zeberkuh, in the Tabbas district; at Kaleh Zeri, near Basiran, between Birjand and Neh; Kerman Province – between Kerman and Yezd (Pogue, 1915). Turquoise from two Iranian localities, Nishapur and Damghan, ranges from sky-blue to apple-green, and material of both colours from both localities are been chemically examined with the sky-blue turquoise lowest (0.38-0.55% Fe_2O_3 compared to 1.60-2.72% Fe_2O_3 in green samples) in iron content (Khorassani and Abedini, 1976).
Rare and sporadic turquoise of a supergene origin is described among a limonitized and silicified dyke from the copper Sar Cheshmeh deposit, southwest of Kerman (Haynes, 1980). Other recent finds of turquoise in Iran are reported from the Allahabad iron deposit in the Zeber-Kuh-Sarhangi Mountains, from the polymetallic Bavanat deposit (Jian) in the Fars Province, from the Darreh-Zerresk and Ali-Abad copper deposits, Taft-Yazd Province, from the Kerman Province (Douman, Fritz, 2008) and Baghu, Semnan Province (Liaghat *et al*., 2008). In a review on mineral deposits of Iran are listed seven turquoise deposits: Ghareh, Kahnouj, Chah Ebrahim, Chah Poshi, Neignan, Baghu and Neyshabur (Ghorbani, 2013).

6. Caucasus Mountains and Anatolia

In Northern Caucasus, turquoise is listed from Khudesskoe Cu-Zn deposit in the Karachay-Cherkessia Republic (Russia). In Georgia, turquoise in found at the polymetallic Madneuli deposit, and a suggestion is made for possible turquoise diggings in ancient times (Gvakhariya and Nazarov, 1962). Turquoise vein mineralization up to 40-50 mm in size is reported from the Tekhutskoe copper deposit in Armenia (Seiranyan and Sarkisyan, 1981). In Azerbaijan, turquoise is reported from the Garadag copper deposit.
Probably the earliest turquoise beads (sixth mill. BC) are reported from the Neolithic site Kamil Tepe in Azerbaijan. Several turquoise beads together with shell and carnelian beads, and a single copper bead are known from the Late Chalcolithic Alikemek Tepesi site (see Chalagan Tepe, Kjul Tepe and a Maikop site from an Early Bronze Age culture; Ivanova, 2013).
In Anatolia, both low-grade and better in quality turquoise-like artefacts found at Çatal Höyük are considered most likely to originate from the Taurus region. Turquoise has been reported as used in the production of ornaments found at the Tepecik-Çiftlik site (data of Bıçakçı *et al*.)

7. Sinai Peninsula and Levant

About 120 angular pieces of turquoise are recovered from the excavation of Neolithic tombs (~fifth mill. BC) in southwestern Sinai (data of A. Close, T. Minichillo). Near Serabit el-Khadim at the Sinai Peninsula, turquoise deposits were discovered probably by the middle of the fourth mill. BC. In Ancient Egypt turquoise (mefkat; mafaket) has been used commonly in Middle Kingdom and Second Intermediate Period and New Kingdom and Third Intermediate Period, and rarely from Late Predynastic to Old Kingdom and First Intermediate Period and Late Predynastic to Ptolemaic/Roman period with three sources in

the Sinai: one at Serabit el-Khadim (active Middle Kingdom to Late Predynastic), a second one in Wadi Maghara (active Early Dynastic to New Kingdom) and a possible third source at the Bir Nasib copper mine (active Middle Kingdom to New Kingdom) (Harrell, 2012). An inscription representing Semerkhet, the seventh king of the First Dynasty, indicates that Wadi Maghara was the first production site ~3200 BC. Field and mineralogical studies describe the occurrence of turquoise in the Paleozoic succession within the Lower Carboniferous Um Bogma Formation and the Cambrian-Ordovician Adedia Formation, which is mainly represented by sandstones stained with iron oxides and secondary copper minerals (Hussein *et al*., 1997). In Egyptian mythology the goddess Hathor was associated with turquoise, malachite and copper (*Lady of Turquoise*) and a temple dedicated to her was erected near the mines.
In the Near East area, probably the earliest turquoise artefacts are reported from the Pre-Pottery Neolithic period site Jericho (eighth mill. BC), as well as from the Pre-Pottery Neolithic B site (seventh mill. BC) Nahal Issaron in the Southern Negev (Goring-Morris, Gopher, 1983). Different green beads, including two cases of single turquoise beads, are reported from the Pre-Pottery Neolithic sites Gigal and Hatoula in Israel, their source suggested being from Serabit el-Khadim (data of D. Bar-Yosef Mayer, N. Porat). Turquoise beads are reported also from the Chalcolithic levels (fifth-fourth mill. BC) of Nahal Qanah, northeast of Tel Aviv. Green to greenbluish beads in some publications may be linked to the so called "Eilat stone" (an aggregate of chrysocolla and malachite) from copper diggings in sandstones, which is produced since the sixth mill. BC from the Timna area.
Several turquoise beads, probably from the Sinai deposits, are reported at the Pre-Pottery Neolithic cites Shkârat Msaied, Basta, Beidha and Baja in Jordan (Hauptmann, 2007). About 150 turquoise ornamental elements together with other stone, shell and a few copper beads are discovered in Pre-Pottery Neolithic B period (eight mill. BC) burials at Tell Halula in Syria (Clop, Álvarez, 2013). Among the different gemstones at the Qatna royal tomb (second mill. BC) in Syria are found also carnelian and turquoise inlays in a rosette, as well as six variscite beads and inlays (data of J. Zöldföldi).

8. Ancient China and the Himalayan-Tibet area

Turquoise in China is known mainly from the Hubei Province (Yun County – Yungaishi; Zhushan County, to be traced back before 2000 BC – Huangcheng, Jinliantong, Labashan and Qingu). Other deposits or occurrences are reported from the Shaanxi (Baihe County), Shanxi (Yue'ertan), Henan, Anhui (Shaxi-Changpushang), Jiangsu (Yuertan) and Yunnan (Gejiu County) Provinces and the Xinjiang Autonomous Region (Hami County). In Mongolia turquoise is discovered at the Erdenet copper deposit.
At least five common types of turquoise objects are reported in the Early Neolithic Peiligang Culture (seventh-sixth mill. BC) of the Huai River valley (Henan Province), where beads of different shape were popular in an area of about 300 km^2, far from the nearest turquoise mine. Similar in age are supposed to be turquoise artefacts from the settlements of the Zongri Culture along the Yellow River. Another early Neolithic site with turquoise artefacts is the Jianghu site (7000-5800 BC) in Henan Province. Turquoise is found occasionally in the Liangzhu culture sites, while in the tombs of the Neolithic age along Yellow River valley, turquoise artefacts took a large percent – from the Yangshao (5000-3000 BC) to the Longshan culture (3000-2000 BC), and later on to the Xia Dynasty (Gan *et al*., 2010).
At a Late Neolithic (1600 BC) Dadianzi cemetery (Inner Mongolia), 36 female and 48 male graves are associated with turquoise beads. According to data by Y. Qin *et al*., turquoise artefacts from Middle Spring (580-560 BC) and Autumn period (476-221 BC) sites in Hubei Province are linked by trace element analysis to raw material from Hubei and Shaanxi Province.
In later periods turquoise artefacts are frequently found, and the mineral is treasured up till now also in the Tibetan plateau and some of the neighboring regions (by the Mongolian, Tibetan and Nepalese people). Probably the earliest Chinese record for a turquoise tien-tse producing site (Hunan, Hubei) is made by Tao Tsungi in 1366 (Laufer, 1913). The finest turquoises are obtained from a mine of the Gangs-chan (Glacier) mountains of Ngari-Khorsum (West Tibet), which is supported by the fact that the kings of

Ladakh have received a tribute of turquoises from the region of Gug, or the three districts of Ngari (Rutok, Gug and Purang). The extensive use of turquoise in that region points to a local supply, with possible localities in the region between Lhasa and the China-Tibetan border, Djaya to the west of Bathang and mountains of the Derge State in Eastern Tibet (Laufer, 1913; Pogue, 1915). A specific ethnomineralogical application of turquoise is the headdress perak among the population in the Ladakh (Northern India) area and some neighboring regions.

9. Genetic types of turquoise deposits

The origin of turquoise is linked by most researches to hydrothermal (Gvakhariya, Nazarov, 1962; Seiranyan and Sarkisyan, 1981; Menchinskaya, 1989) or supergene (weathering) genesis (Boriskin, Kuzmina, 1980). Three genetic types of turquoise deposits are distinguished in Central Asia: Kuraminsk, Kyzyl Kum and Kalmakir (Menchinskaya, 1989). A new genetic scheme can be suggested with six main types of turquoise deposits.

The first Kuraminsk type is represented by the Biryuzakan (Tajikistan), Ungurlikan (Uzbekistan), Nishapur (Iran), King and Villa Grove (Colorado, USA), Kingman and Turquoise Hill (Arizona, USA), Cerrillos and Burro Mountains area (New Mexico, USA) deposits. The host rocks are mainly acid volcanic rocks and the turquoise mineralization is of a stockwerk type with quartz veins in fractured zones, often associated with iron oxides and processes of kaolinization.

The second Kyzyl Kum type is represented by the Ayakshti-1 and Djaman-Kaskir (Uzbekistan), Aksumbe (Kazakhstan), Isfarinskoe (Tajikistan), Punta Corveiro (Spain) and Zhushan (China). The host rocks are metamorphosed carbonaceous-siliceous sediments (slates; shales) in cases with processes of graphitization. The turquoise mineralization is also linked to quartz veinlets.

The third Taushan type is represented by the Beltau, Ayakkuduk and Taushan deposits in Central Kyzyl Kum (Uzbekistan), as well as the Karatyubinskoe deposit (Uzbekistan). This type is represented by turquoise mineralization in the same rocks as in the second type, but on the contacts with igneous rocks.

The fourth Kalmakir type is represented by copper or copper-polymetallic deposits: Kalmakir and Akturpak (Uzbekistan), Tekhutskoe (Armenia), Garadag (Azerbaijan), Erdenet (Mongolia) and Castle Dome (Arizona, USA), including also Spahievo (Bulgaria). The turquoise mineralization is located in the weathering crusts and is associated with other secondary copper and iron minerals, including phosphates.

A fifth Kioster type can be introduced, represented by phosphate mineralization (turquoise; variscite) linked to tin-bearing deposits – Kioster (Russia), St. Austell (United Kingdom) and Caceras area (Spain).

As a sixth Sinai type are distinguished the copper-bearing sandstones with turquoise mineralization (Egypt).

Conclusion

The earliest known utilization of turquoise in Europe as a gem or decorative material in artefacts is dated back to the end of sixth-fifth mill. BC on the Balkans (Eastern Rhodopes area, Bulgaria). The earliest turquoise pits from the Kyzyl Kum area in Uzbekistan are dated back to the sixth mill. BC. The Sinai Peninsula deposits are known since the fourth mill. BC. The earliest turquoise artefacts in the Near East are dated to the eight-seventh mill. BC, in Neolithic China – seventh-sixth mill. BC, and in the Iranian highland and the Caucasus area – sixth mill. BC. In Neolithic Western Europe, where variscite dominates as a gem material, some turquoise beads are dated to the fourth-third mill. BC.

Mining and distribution of turquoise in Central Asia can be traced chronologically in several periods in prehistoric, antiquity and medieval times on the territories of Bactria and Persia. In addition to the introduced Great Lapis-lazuli Route from the Hindu Kush mountains to the West and Great Nephrite Route from the Kunlun Mountains to the East, a Great Turquoise Route can be introduced, supplying with raw material (from the two major turquoise mining areas in Central Asia) and artefacts the West and the South.

In Europe and Asia turquoise is reported from 33 countries. In a new genetic classification six main genetic types of turquoise deposits are distinguished (Kuraminsk, Kyzyl Kum, Taushan, Kalmakir, Kioster and Sinai), which are a base for further on detailed mineralogical and archaeomineralogical studies in order to locate the provenance of turquoise artefacts.

The ability to identify macroscopically turquoise as well as the geological source of the mineral is controversial and many of the samples in museum collections labeled as turquoise are not mineralogical turquoise. Turquoise is often misidentified by malachite, chrysocolla, variscite, "odontolite", apatite, amazonite, lazurite, or faience and glass. The phosphate minerals within the turquoise group are also of potential interest to a future study. Earlier reports of turquoise artefacts have to be properly confirmed by mineralogical methods. As most suitable to identify the origin of turquoise artefacts, as well as long distance trade, routes and sources, are suggested the microprobe, geochemical and spectroscopic methods, fingerprinting specific genetic types of turquoise deposits.

References

Boriskin, V. and Kuzmina, S. 1980. Peculiarities of the genesis of turquoise in Central Asia. In V. P. Petrov (ed.), *Gem and Coloured Stones* : 265-282. Moscow, Nauka.

Chapman, J. and Kostov, R. 2010. The ornaments. In J. Chapman (ed.), *From Surface Collection to Prehistoric Lifeways* : 40-79. Oxford, Oxbow Books.

Clop, X. y Álvarez, A. 2013. Ajuares funerarios y materias primas en Tell Halula. In M.M. Montaña (ed.), *Tell Halula: un pobladode los primeros agricultores en el valle del Éufrates, Siria* : 430-434. Secretaría General Técnica (tomo II).

Dimitriadis, S. 1974. Kallait in a weathered trachite rock of Vathi Kilkis area. *Annales Géologiques des Pays Helléniques* 25 : 328-332.

Douman, W. and Fritz, E.A. 2008. A new source of Persian turquoise: Kerman, Iran. *Gems & Gemology* 44(2) : 183-184.

Forestier, F.-H., Lasnier, B. et L'Helgouac'h, J. 1973. À propos de la "callaïs". *Bulletin de la Société préhistorique française* 70(6) : 173-180.

Gan, F.-X., Cao, J.-Y., Cheng ,H.-S., Gu, D.-H., Rui, G.-Y., Fang, X.-M., Dong, J.-Q. and Zhao, H.-X. 2010. The non-destructive analysis of ancient jade artifacts unearthed from the Liangzhu sites at Yuhang, Zhejiang. *Science China* 53(12) : 3404-3419.

Ghorbani, M. 2013. *The Economic Geology of Iran*. Dordrecht, Springer.

Goring-Morris, A. and Gopher, A. 1983. Naḥal Issaron: A Neolithic settlement in the Southern Negev. *Israel Exploration Journal* 33(3-4) : 149-162.

Gvakhariya, G. and Nazarov, Yu, 1962. Turquoise from the Madneuli deposit (Georgia). *Mineralogical Proceedings* 16 : 410-415.

Harrell, J.A. 2012. Gemstones. In W. Wendrich (ed.), *UCLA Encyclopedia of Egyptology* : 1-23. Los Angeles, UCLA (1).

Hauptmann, A. 2007. *The Archaeometallurgy of Copper: Evidence from Faynan, Jordan*. Berlin, Springer.

Haynes, S.J. 1980. Turquoise color and supergene environment, Sar Cheshmeh, Iran. In A.V. Sidorenko (ed.), *Gem Minerals* : 105-110. Leningrad, Nauka.

Hiebert, F. T. 2002. The Kopet Dag sequence of early villages in central Asia. *Paléorient* 28(2) : 25-42.

Hussein, A.A.A., Eldougdoug, A.A., Takla, M.A. and El-Eraky, F.Y. 1997. Mineralogy, chemistry and origin of Egyptian turquoise, west central Sinai, Egypt. *Annals of the Geological Survey of Egypt* 20(1) : 361-379.

Ismail, B.K. and Tosi, M. 1976. A turquoise neck-stone of King Ninurta-apal-Ekur. *Sumer* 32 : 105-111.

Ivanova, M. 2013. *The Black Sea and the Early Civilizations of Europe, the Near East and Asia*. Cambridge, Cambridge University Press.

Khorassani, A. and Abedini, M. 1976. A new study of turquoise from Iran. *Mineralogical Magazine* 40 : 640-642.

King, C.W. 1867. *The Natural History of Gems or Decorative Stones*. London, Bell & Daldy.

Kostov, R.I. 2006. *Precious Minerals and Metals in the Life of the Ancient Bulgarians*. Sofia, TANGRA TanNakRa.

Kostov, R.I., Chapman, J., Gaydarska, B., Petrov, I. and Raduntcheva, A. 2007. Turquoise – archaeomineralogical evidences from the Orlovo prehistoric site (Bulgaria). *Geology and Mineral Resources* 14(7-8) : 17-22.

Kunov, A, Punev, L. and Karajova, B. 1978. Turquoise – a new mineral for Bulgaria. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology* 8 : 44-45.

Laufer, B. 1913. Notes on turquoise in the East. *Field Museum of Natural History* 169 : 1-71.

Liaghat, S., Sheykhi, V. and Najaran, M. 2008. Geochemistry, petrology and genesis study of Baghoo turquoise deposit (Damghan). *Journal of Science* 34(2) : 133-142.

Lowry, J.D. and Lowry, J.P. 2010. *Turquoise*. Layton, Gibbs Smith.

Manutchehr-Danai, M. 1977. On the turquoise deposits of Nishapur (NE Iran). *Gems & Gemology* 15(10) : 315-319.

Menchinskaya, T.I. 1989. *Turquoise*. Moscow, Nedra.

Moorey, P.R.S. 1994. *Ancient Mesopotamian Materials and Industries*. Oxford, Clarendon Press.

Pogue, J.E. 1915. *The Turquoise*. Washington, National Academy of Science.

Pruger, E.B. 1971. Turquoise from Ilaq and the turquoise "Ilaq mine". *Soviet Archaeology* 1 : 118-126.

Pruger, E.B. 1989. The place of Kyzyl Kum in the history of production and distribution of Central Asian turquoise. In M. Masson (ed.), *Ancient Merv* : 192-205. Ashkhabad, Ylym.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. and Cassen, S. 2014. PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* 318(A) : 149-156.

Rowan, Y.M. and Golden, J. 2009. The Chalcolithic Period of the Southern Levant. *Journal of World Prehistory* 22 : 1-92.

Sarianidi, V. 1985. *The Golden Hoard of Bactria*. New York, Harry N. Abrams.

Schoop, U. 1995. *Die Geburt des Hephaistos*. Leidorf, Espelkamp.

Seiranyan, V.B. and Sarkisyan, S. 1981. Geological backgrounds of prospecting for turquoise in Armenia. *Reports of Academy of Sciences of the Armenian SSR* 34(1) : 52-60.

Skaberne, D. and Drovenik, M. 1988. Tirkiz i halloysit iz bakrovega rudišča Veliki Krivelj, vzhodna Srbija. *Rudarsko-metalurški zbornik* 35 : 37-41.

Tosi, M. 1974. The problem of turquoise in protohistoric trade on the Iranian Plateau. *Memorie Italiano di Paleontologia Umana* 2 : 148-162.

Vinogradov, A.V., Lopatin, S.V. and Mamedov, E.D. 1966. The turquoise of the Kyzyl-Kum from the history of its quarrying and processing. *Anthropology & Archeology of Eurasia* 4(4) : 11-28.

El-Wailly, F. and Abu es-Soof, B. 1965. The excavations at Tell es-Sawwan. *Sumer* 21 : 17-32.

CHAPITRE V : LES MODÈLES DE CIRCULATION DURANT LE NÉOLITHIQUE

Production et diffusion de parures néolithiques en séricite et autres micas en quart nord-ouest de la France dans son contexte européen

Nicolas Le Maux et Serge Cassen, avec la collaboration de Juliette Durand, Marc Laroche, Didier Le Gouestre et Emmanuelle Vigier

Résumé. Les parures en séricite et autres micas se rencontrent principalement au sein des assemblages funéraires sur l'ensemble du quart nord-ouest de la France. L'étude des contextes montre leur emploi à travers une chronologie longue, marquant les sociétés de la fin du Néolithique ancien dans les sépultures individuelles, mais surtout celles du Néolithique moyen 2 où on les retrouve dans les tombes à couloir, jusqu'au Néolithique récent et final dans les tombes à vestibules. Alors que la production de ces parures semble bien circonscrite en Loire-Atlantique, grâce notamment à la reconnaissance spatiale de concentrations de mobilier mais aussi d'ébauches et la présence de gîtes filoniens, leur diffusion porte sur un rayon de 300 km. Ces parures constituent, de plus, un très bon exemple de produit de substitution à celles en variscite et turquoise d'origine ibérique. Mais ces parures en mica ne concernent pas seulement le nord de la France. Comme le montre notre premier inventaire, on rencontre également ce type de minéralisation parmi les parures des communautés d'Europe occidentale (Suisse, Italie du Nord, Midi de la France, Espagne et Portugal), dont nous tâchons d'évoquer les éventuelles interactions.
Mots-clefs : pendeloque, perle, séricite, mica, production, échanges, contextes funéraires.

Abstract. Adornments made from sericite and other micas are found mainly in funerary contexts across the northwestern quadrant of France. The analysis of such contexts shows that these objects were used over a long time, as they appear in individual burials dated back to the end of the early Neolithic period, but especially in those contexts belonging to the middle Neolithic 2 period, where they are found in passage graves and even in the tombs with vestibules of the late Neolithic period. Even when the spatial clustering, as well as the identification of roughouts and the presence of vein deposits of this raw material, suggests that the production of sericite adornments was well circumscribed to the Loire-Atlantique, their distribution reaches a radius of 300 km. Furthermore, these ornaments are a very fine example of a good substitute for those objects made from Iberian variscite and turquoise. However, these adornments are not confined to northern France, as evidenced by our first inventory; thus, this type of mineralisation was also used by other western European communities (Switzerland, northern Italy, southern France, Spain and Portugal) as a raw material for making ornaments, the communities among which, we now try to discuss the possible interactions.
Keys-words: pendant, bead, sericite, mica, production, exchanges, funerary contexts.

Introduction

« Le Mystère de la *Callaïs* » (Balagny, 1939) commence à être bien cerné grâce aux apports scientifiques de cet ouvrage, lui-même dépositaire de 150 années de recherches. Mais nous sommes encore loin de mesurer l'ensemble de « ce qui accompagne et se substitue » (titre de la 2e présentation de S. Cassen au colloque de Carnac) aux échanges à longue distance de callaïs sur la façade atlantique. Exemple significatif, les parures en séricite sont souvent mentionnées, mais aucune synthèse n'a mesuré la portée du phénomène qui dépasse la région des Pays de la Loire. Elles ont souvent été mélangées au sein des callaïs et confondues avec des variscites ou fibrolites. L'emploi de ces parures ne se limite pas au nord de la France mais s'étend à d'autres communautés d'Europe occidentale. Nous proposons une approche spatiale de 300 parures en mica d'Europe, définissant les bassins de production et d'utilisation pour évaluer leurs liens éventuels.

1. Parures du nord de la France

1.1 Historique

L'étude des parures en séricite n'est pas chose nouvelle. La première mention revient à F. Gaillard (1883) : « pendeloque un peu celtiforme (…) en talc micacé », provenant des explorations de Rogarte (Carnac). Cette appellation de « talc » sera employée à maintes reprises, de la fin du XIXe au début du XXe siècle.
Longtemps après, suite aux fouilles du tumulus de Dissignac (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique), les analyses pionnières de parures déterminèrent un élément en séricite (Forestier, *et al.,* 1973). Sous l'impulsion des fouilles de la direction des Antiquités Préhistoriques des Pays de Loire, les travaux successifs ont concerné la Loire-Atlantique (L'Helgouac'h, 1973 ; L'Helgouac'h *et al.,* 1989), avant de reconnaître ce type de matériau au sein des monuments funéraires régionaux du Maine-et-Loire, de la Vendée et du Morbihan (L'Helgouac'h, 1980 ; Lasnier et L'Helgouac'h, 1999). F. Herbaut (2001) a cité d'autres perles à Sandun, la Grande Grée (Guérande, Loire-Atlantique), mais sa tentative de synthèse des parures en séricite est restée vaine, en l'absence de caractérisations et la reprise des termes désuets issus de descriptions anciennes.
À plus de 300 km, la fouille de Derrière la Chapelle à Saint-Martin-la-Garenne (Yvelines) a révélé une pendeloque atypique (fig. 1) au sein d'une sépulture Blicquy – Villeneuve-Saint-Germain (B-VSG), dont l'analyse minéralogique a permis d'identifier une variété verte de muscovite de la famille des micas (groupe des « micas blancs », phyllosilicates) (Le Maux *et al.,* 2011). De nouvelles parures ont ensuite été reconnues lors d'inventaires menés en bassin de Seine-Normandie : pendeloques des Fiefs à Orville, Loiret (fig. 1) ; pendeloque d'Éteauville à Lutz-en-Dunois, Eure-et-Loir (fig. 2, clichés inédits ; Le Maux *in*, Laroche, 2011) ; pendeloque de Tigy, Loiret (fig. 2, parure inédite) ; ou encore, quatre perles de la Butte de la Luzerne à Vierville, Manche (fig.3 ; Le Maux, 2014). D'ailleurs, la pendeloque de Tigy présentait, trait spécifique, des plages de sciage longitudinal (fig. 2). Cela nous a conduit à la reprise des éléments sciés de roche verte en moyenne vallée de la Loire et Basse-Normandie (Le Maux, 2015a et b ; Le Maux et Guillemant, 2015). Le potentiel de ces parures en quart nord-ouest de la France méritait qu'un inventaire soit enfin réalisé afin de restituer dans sa globalité le phénomène de production et de diffusion dont l'ampleur était encore insoupçonnée. Le retour au mobilier était indispensable. Nous avons donc procédé à l'examen minutieux des collections patrimoniales : Du Chatellier au Musée d'Archéologie nationale ; Miln et Le Rouzic au Musée de Préhistoire de Carnac.

1.2 Corpus, contextes et chronologie

Cette étude concerne 147 éléments de parure du groupe des micas du quart nord-ouest de la France. Nous avons consulté 110 d'entre eux (74,8 %), tandis que 37 autres ont été incorporés depuis différentes sources (25,2 %). Ce dernier groupe a été intégré sur la base de données photographiques recueillies (n=32, soit 21,8 % du corpus) et/ou en raison de la crédibilité des sources bibliographiques, pour des pièces consultées ou analysées par d'autres – quatre éléments décrits par P.-R. Giot (1989 ; Giot, inédit a et b). Pour quatre individus supplémentaires, ce sont les descriptions qui nous ont permis de les inclure. Elles exposaient clairement les caractéristiques essentielles de ce matériau.
Le corpus se compose de 107 perles (72,8 % de l'ensemble), de 36 pendeloques (24,49 %) – dont huit exemplaires sont des pendeloques hachettiformes (5,4 %) – complété de 4 ébauches (2,7 %).
Elles proviennent de 49 lieux distincts [tabl. 1]. Les contextes connus et assurés concernent la plupart de ces parures (n=126, pour 85,7 % du corpus) qui sont essentiellement issues de contextes funéraires, mais pas exclusivement, puisqu'on en trouve marginalement en site d'habitat et – ou d'enceinte. En effet, si 119 individus intègrent la composition de mobilier funéraire (81 % du corpus, 94,5 % des pièces en contexte), 7 autres sont connus en contextes domestiques.

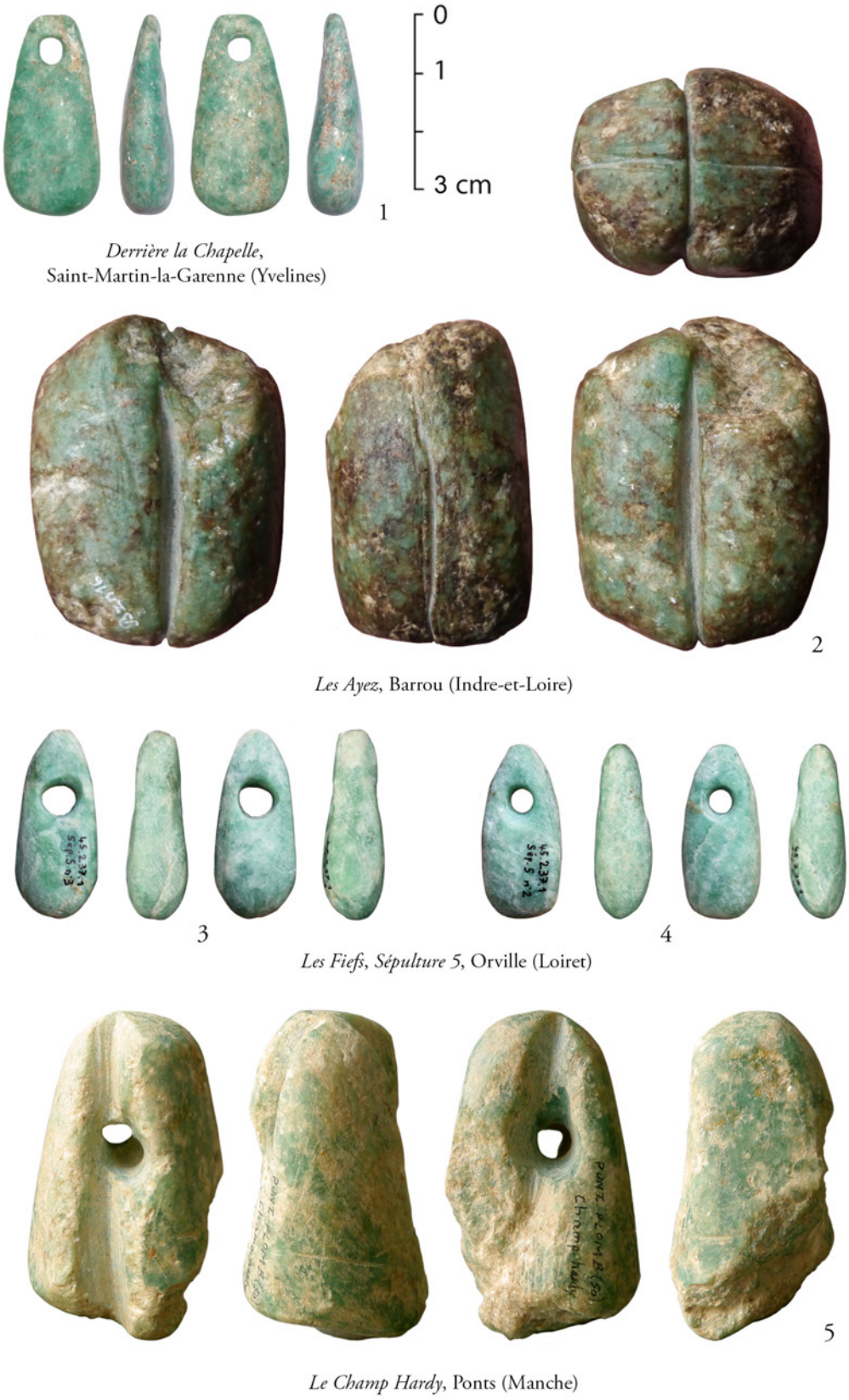


Fig. 1 : Pendeloques (n° 1, 3-4), ébauche de pendeloques (n° 2) et volumineuse pendeloque, cassée en cours de redébitage (support partionné par sciage pour l'obtention de deux nouvelles pendeloques : n°5) en séricite, du B-VSG (n° 1 et 5) et du Néolithique moyen 1 de type Cerny-Videlles (n° 3 et 4). Photo et DAO : N. Le Maux.

Commune	Lieu dit	Dép.	Ébau.	Per.	Pend.	Total	Contexte	Attribution chrono.	Collection	Bibliographie
Planguenoual		22			1	1	Hors contexte		MAN	Lemoine 1886
Ermenonville-la-Grande	La Grande Ferme	28			1	1	Hors contexte		Coll. privée ?	Cintrat 1909
Lutz-en-Dunois	Eteauville	28			1	1	Sépulture collective	NR / F (?)	Coll. privée	Nouel 1971
Plobannalec-Les-conil	Kerhoas	29			1	1	Dolmen à chambres		MAN	Millon 1906
Plomeur	Beg an Dorchenn	29		1		1	Tombe à couloir		Penmarch ?	Giot et Guilcher 1947
Ploudalmézeau	Keralous	29			1	1	Hors contexte		Coll. privée ?	L'Hostis 1953
Plozévet	Penker	29		1		1	Allée couverte	NR	MAN	Du Chatellier 1883
Tréguennec	Parc ar Hastel	29		1	2	3	Tumulus, sépultures en coffre	NM II	Penmarch	Boisselier 1940
Barrou	Les Ayez	37	1 pend.			1	Hors contexte		Coll. privée	Guillemant 1982
Loches	Vauchignard	37			1	1	Hors contexte		Coll. privée	Cordier 1987
Guérande	Sandun, La Basse Grée	44		2		2	En surface d'un site d'enceinte	NM I/NM II	SRA	L'Helgouac'h 1983
Guérande	Sandun, La Grande Grée	44	2 perles	3		5	Fosses sur site d'enceinte	NM I/NM II	SRA	Letterlé 1991
Pornic	La Joselière (Le Pissot)	44			1	1	Séputure transeptée		Dobrée	L'Helgouac'h et al. 1989
Pornic	La Boutinadière (Le Pré-daire)	44			1	1	Séputure transeptée		Dobrée	Lisle de Dréneuc 1885
Saint-Nazaire	Dissignac	44		2		2	Tombes à couloir	NM II	SRA	L'Helgouac'h 1984
Saint-Nazaire	Route des Fréchets	44			1	1	Contexte inconnu		Coll. privée	L'helgouac'h 1980
Baccon	Les 40 Mines	45			1	1	Hors contexte		Coll. privée	inédit
Baccon	Climat de Chesnay-Ouest 1	45			1	1	Hors contexte		Coll. privée	inédit
Dordives	Sans provenance - Parti pris	45			1	1	«Sous un Dolmen» (?)		Chât.-Landon	Richard 1991
Orville	Les Fiefs	45			2	2	Sépulture en fosse, nécropole	NM I	Nemours	Simonin et al. 1997
Tigy	Le Cornet	45			1	1	Hors contexte		Coll. privée	inédit
Beaufort-en-Vallée	Le Boulerot	49		1		1	Niveau de sol non précisé		SRA	Poissonnier et al. 2006
Valanjou	Gonnord	49			1	1	Hors contexte		Mus. Angers	Cordier 1984
Le Lion-d'Angers	L'Isle Briand	49		36		36	Chambre mégalithique		CCE Angers	L'Helgouac'h 1980
Ponts	Le Champ Hardy	50			1	1	Fosse d'habitat	Fin B-VSG	SRA	Ghesquière et al. 2001
Vierville	Butte de la Luzerne	50		4		4	Tombe à couloir A	NM II	Caen	Verron 1973

Commune	Lieu dit	Dép.	Ébau.	Per.	Pend.	Total	Contexte	Attribution chrono.	Collection	Bibliographie
Arzon	Er Lannic	56		1		1	Enceintes de stèles		Carnac	Le Rouzic 1930a
Arzon	Grah Niol	56		1		1	tombe à couloir		MAN	Gaillard 1895
Carnac	Kerlagat 2 (ouest)	56		3		3	tombe à couloir		Carnac-perdu	Le Rouzic 1930b
Carnac	Le Lizo	56	1 perle			1	Camp - enceinte		Carnac	Le Rouzic 1933
Carnac	Le Lizo	56		1		1	Tombe à couloir		Carnac	Le Rouzic 1933
Carnac	Le Moustoir	56			1	1	tombe mégalithique ouest	NM II	Vannes	Galles 1865
Carnac	Mané Hyr - Kergroix	56		28		28	Tombe à couloir		MAN	Gaillard 1885
Carnac	Rogarte	56		11	1	12	Tombe à couloir		MAN	Gaillard 1883
Crac'h	Parc Guren	56			2	2	Tombe à couloir		Carnac	Le Rouzic 1898
Crac'h		56		1		1	Hors contexte		MAN	inédit
Grand-Champ	Lost-er-Lenn	56		1		1	tombe à vestibule	NR / F	SRA	Lecornec 1972
Guidel	Lann-Blaën	56		1		1	Tombe à couloir		MAN	Matin 1911
Locoal-Mendon	Sans provenance - Parti pris	56			1	1	Hors contexte		Carnac	Inédit
Ploemel	Sans provenance - Parti pris	56		2		2	Contexte inconnu		Carnac	inédit
Ploemeur	Tuchen-Pol	56		1	1	2	tombe à couloir		MAN	Le Rouzic 1965
Quiberon	Conguel	56		2		2	tombe à couloir	NR / F	MAN	Gaillard 1892
Saint-Philibert	Dolmen de La Pointe	56			1	1	tombe à couloir		Carnac	Luco (abbé) 1882
La Trinité-sur-Mer	Kervilor	56			1	1	Contexte inconnu		Carnac	Jacq 1940
La Trinité-sur-Mer	Er Hourig - La Vigie	56		1	5	6	Tumulus		Carnac	Le Rouzic 1902
L'Aigle	Près d'Orgères	61			1	1	Hors contexte		MAN	Le Maux 2015b
Saint-Martin-La-Garenne	Derrière la Chapelle	78			1	1	Sépulture individuelle	fin B-VSG	INRAP	Le Maux et al. 2011
Le Bernard	Pey de Fontaine	85		2	1	3	Tumulus		Hist. Vendée	Lasnier et L'Helgouac'h 1999
Liglet	Glandon	86			1	1	Hors contexte		NC	Gobillot 1911

Tabl. I : Corpus et contextes du mobilier en séricite du quart nord-ouest de la France. Dép. : département ; Ébau. : ébauches ; Per. : perles ; Pend. : pendeloques ; NR / F : Néolithique récent-final ; NM I/NM II : Néolithique moyen 1 et 2. Données : réal. N. Le Maux.



Le Cornet, Tigy (Loiret)



Éteauville - Pilier P1, Lutz-en-Dunois (Eure-et-Loir)



Parc Guren - Tombe à couloir nord, Crac'h (Morihan)

Fig. 2 : Diversité des pendeloques composées de séricite. Ébauche longiligne partitionnée par sciage sur le support d'une plus ancienne et volumineuse pendeloque (n° 1). Pendeloque oblongue achevée, que l'on devine issues de partition à partir d'un procédé similaire (n° 2). Hachettes-pendeloques (n° 3-4). Photo et DAO : réal. N. Le Maux.

Nous ne pouvons pas détailler ici chacun des contextes de ces parures. Mais ce travail de fond déjà intégralement rédigé, trouvera bientôt sa place dans un autre support (30 contextes assurés et 19 lieux de découvertes sommairement contextualisés ; Le Maux, travail en cours). Nous infirmons cependant la mention de parure en séricite d'un site non inclus au listing (Les Pichelots, Les Alleuds, Maine-et-Loire ; Gruet, 1986, p. 144). Après contrôle et analyses, ce fragment de bracelet est composé en serpentinite. Nous nous cantonnons à évoquer ces sites à travers une lecture chronologique et contextuelle de l'emploi de ces parures et nous nous référons au tableau de synthèse qui présente l'essentiel des données.

À l'inverse des parures en variscite ibérique, aucune pendeloque en séricite ne fait partie de la composition du mobilier des plus anciennes sépultures néolithiques du Bassin parisien. Les premières parures apparaissent toutefois à la fin du Néolithique ancien pour la culture B-VSG comme dans la sépulture individuelle de Saint-Martin-la-Garenne (Yvelines ; fig. 1) ou sur le site d'habitat du Champ Hardy à Ponts (Manche ; fig. 1). Peuvent aussi être rattachées à cet ensemble, les deux pendeloques de la sépulture individuelle n° 5 de la nécropole des Fiefs à Orville (Loiret ; fig. 1), datée du Néolithique moyen 1 de type Cerny-Videlles et qui appartient au groupe des sépultures sous dalle de type Malesherbes. Au contraire des nombreuses parures en *callaïs* vraie et de rares chrysoprases et cristaux de roche, aucun des trois tumulus carnacéens ne contient d'ornements en séricite.

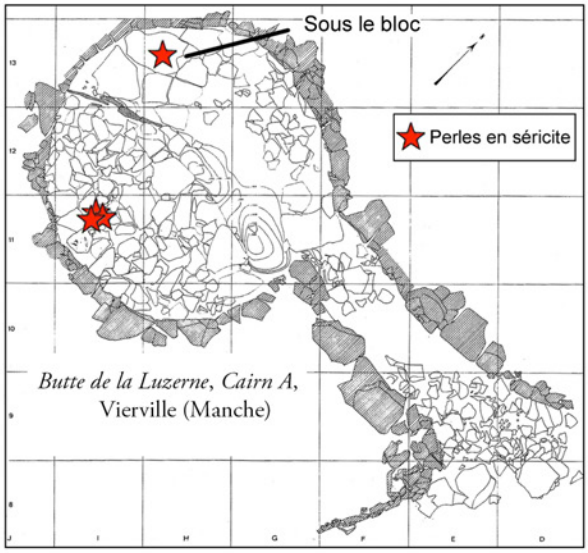
Toutefois c'est dans les tombes à couloir et les édifications mégalithiques assimilées du Néolithique moyen 2, que l'on rencontre le plus de parures en séricite. On compte 62 éléments provenant de 13 tombes à couloir. Une bonne partie (n=19) est issue de tombes à couloir à chambres circulaires (quatre sites : Rogate, Carnac ; Parc Guren/Nord, Crac'h ; Lann Blaën, Guidel, Morbihan ; Butte de la Luzerne/Cairn A, Vierville, Manche, fig. 3). On peut joindre à ce groupe de sépultures les trois autres individus du Pey de Fontaine au Bernard (Vendée) même si leur localisation reste imprécise au sein du site. L'effectif le plus important concerne toutefois les tombes à couloir à chambres quadrangulaires avec 36 éléments présents sur cinq contextes (Kerlagat 2/ouest et Mané Hyr, Carnac, fig. 3 ; Conguel, Quiberon ; Er Pointe, Saint-Philibert, Morbihan ; Dissignac, Saint-Nazaire, Loire-Atlantique). Une autre perle provient de la tombe à couloir du Lizo (Carnac, Morbihan) mais le type de chambre est inconnu.
Citons pour ce groupe architectural, les trois parures des tombes à couloir à cabinets latéraux et terminaux de Grah Niol (Arzon) et Tuchen Pol (Ploemeur, Morbihan) ; les deux éléments des sépultures transeptées de La Boutinadière et de La Joselière (Pornic, Loire-Atlantique) et la pendeloque de la sépulture quadrangulaire du Moustoir 1 (Carnac, Morbihan, un individu). Avec deux éléments, les édifications de la tombe à couloir compartimentée de Beg an Dorchenn à Plomeur et le dolmen à chambre ouverte de Kerhoas à Plobannalec-Lesconil (Finistère) se rattachent à cet horizon. C'est aussi le cas de la chambre mégalithique quadrangulaire et restes architecturaux plus vastes mais imprécis de l'Isle Briand du Lion-d'Angers (Maine-et-Loire) où 36 perles sont connues (fig. 4).

Dans quelques cas, la qualité du contexte rend l'interprétation délicate. On pense au tumulus à sépultures en coffre du Parc ar Hastel en Trégennec (Finistère), site complexe duquel ont été extraites trois parures, ou au tumulus d'Er Hourig à La Trinité-sur-Mer (Morbihan) à structures internes restant inconnues, et où six éléments ont été mis au jour, ainsi qu'à la double enceinte de stèles de l'îlot d'Er Lannic à Arzon (Morbihan), d'où provient, sans précision, une dernière perle en séricite.

Cependant la majorité de ces sites funéraires montrent des traces évidentes de réutilisations au Néolithique récent ou final, et seules quatre de ces tombes dévoilent un mobilier homogène du Néolithique moyen 2. Il s'agit de Dissignac à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique ; fig. 5) où les deux perles en séricite sont rattachées à l'utilisation des deux tombes à couloir au début du IVe millénaire (Cassen *et al*., ce volume) ; de la tombe à couloir A de la Butte de la Luzerne à Vierville (Manche) de la fin du Ve millénaire, où l'on compte quatre perles en séricite (dont une placée sous une dalle fait l'objet d'une



1



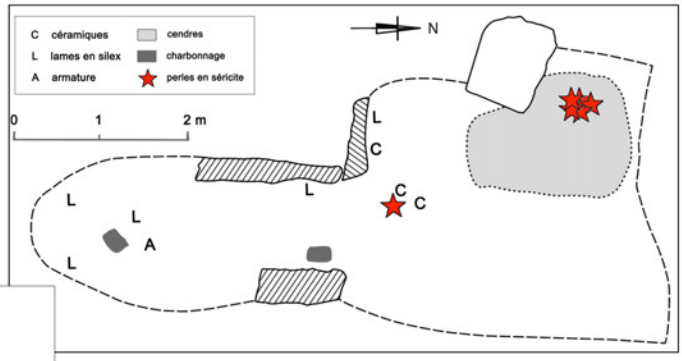
2



3

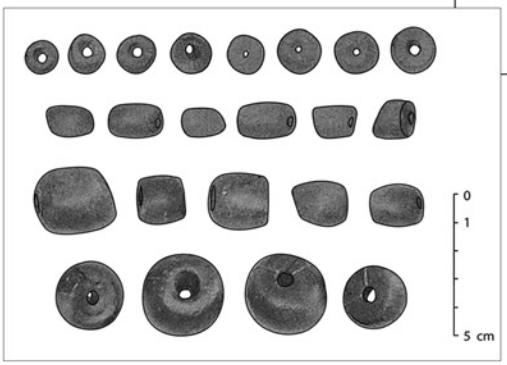


4



Mané Hyr, *Kergroix*, Carnac (Morbihan)

5



6

Fig. 3 : Perles discoïdes et olivaires en sériciteverte et noire issues de tombes à couloir. 1-3 : Cairn A de la Butte de la Luzerne (Vierville). 4-6 : Mané Hyr (Carnac). Photo, dessins et DAO : réal. N. Le Maux, sauf n° 2 : plan remodelé d'après G. Verron 1975 ; n° 5-6 : redessinés N. Le Maux d'après archives de F. Gaillard (inédit a et b, 1885).



Fig. 4 : Collier du monument mégalithique de L'Isle Briand au Lion-d'Angers (Maine-et-Loire) tel qu'il était monté par J. L'Helgouac'h après ses fouilles. Ces 36 éléments de parure en séricite représentent encore à ce jour la plus grande série connue, loin devant celle du Mané Hyr au Kergroix de Carnac (Morbihan ; 28 éléments). Photo et DAO : N. Le Maux.

déposition ; fig. 3) ; d'une des fosses localisée près de la stèle à Parc ar Hastel en Tréguennec (Finistère) où une perle en séricite composait un dépôt de cinq éléments de parure contenus dans une céramique Néolithique moyen 2 ; enfin, de la tombe occidentale du Moustoir 1 de Carnac (Morbihan) dont l'entrée obturée rapidement garantit l'homogénéité du dépôt (Cassen *et al*. ce volume). Une pendeloque en séricite en provient, accompagnée d'une perle en variscite. C'est à ce jour la seule association affirmée de ces types de parures, à l'inverse des sites où ces deux minéralisations sont connues, sans qu'une déposition commune ne soit démontrée (La Joselière ; Dissignac ; Er Lannic ; Grah Niol ; Rogarte ; Kerlagat et Tuchen Pol).

Pour le Néolithique moyen indifférencié, des sites d'enceintes ont aussi livré sept perles, ébauches de perles et produits semi-finis à La Grande et La Basse Grée de Sandun (Guérande, Loire-Atlantique ; fig. 5) issues de fosses, d'un niveau archéologiques et de ramassages de surface.

Seuls trois sites sont concernés pour les phases récentes et finales du Néolithique : la tombe à vestibule de Lost er Lenn à Grand-Champ (Morbihan), l'allée couverte de Penker à Plozévet (Finistère) et la sépulture collective d'Éteauville de Lutz-en-Dunois (Eure-et-Loir) présentant tous un seul élément. Alors que ces deux premiers dévoilent une occupation restreinte au Néolithique récent-final, un certain doute est émis pour Éteauville. Quelques rares vestiges du Néolithique moyen y ont en effet été individualisés (Laroche, 2001 ; étude de la collection en cours : N. Le Maux, R. Irribarria et M. Laroche).

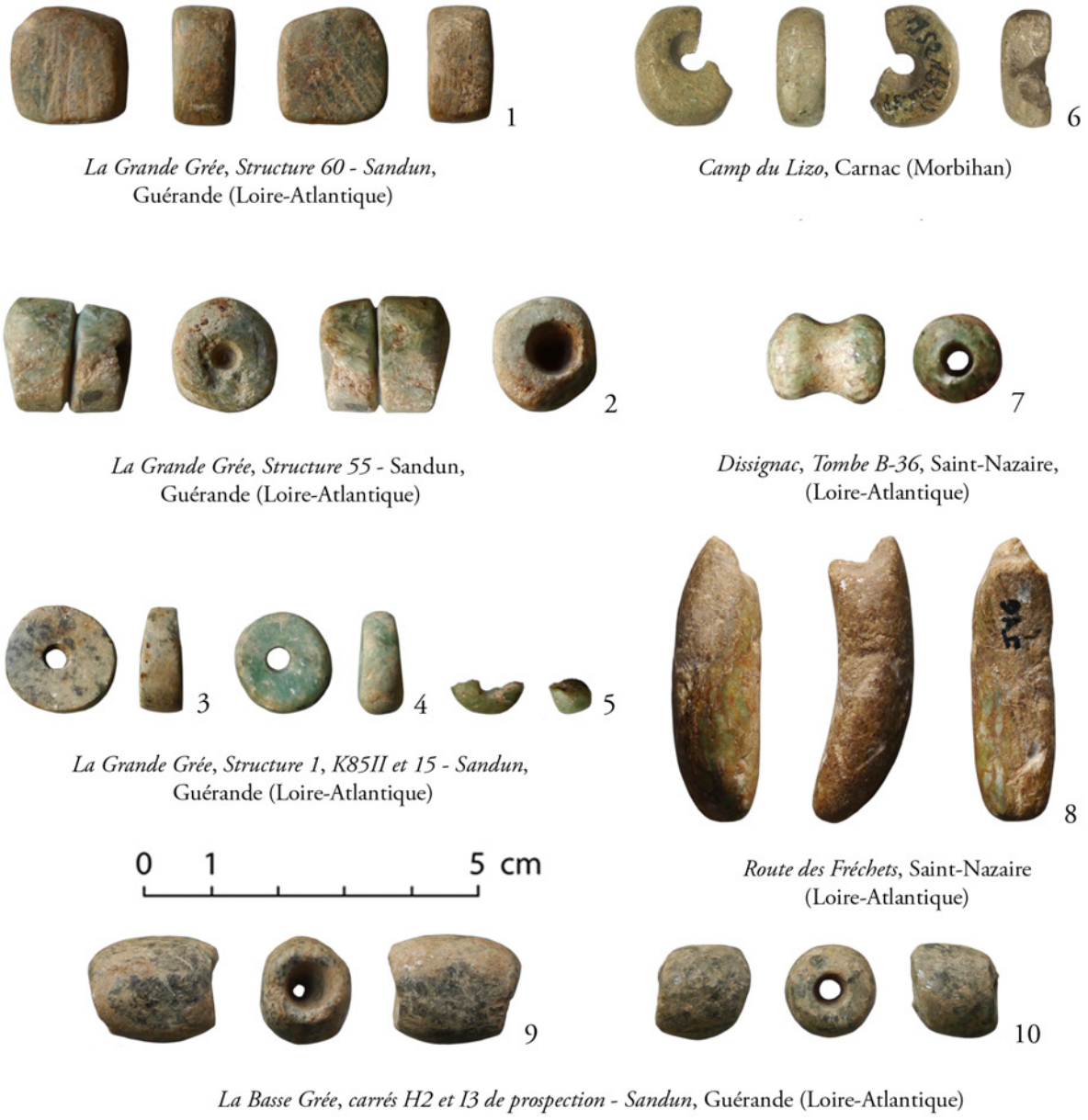


Fig. 5 : Parures et témoins de production sud armoricains en séricite. Différents stades de fabrication : ébauches (n° 1, 2 et 6) ; produits semi-finis (n° 8-10) et produits finis (n° 3-5 et 7). Cl. : N. Le Maux, sauf n° 6 : M. Pérez-Bleuzen ; DAO : réal. N. Le Maux.

Les 21 parures hors contexte (14,3%) se répartissent sur 19 sites, dont 6 armoricains et 13 autres plus à l'est, surtout en Région Centre (14 pendeloques, 1 ébauche de pendeloques et 6 perles dont 2 produits semi-finis) ; il s'agit la plupart du temps de découvertes anciennes ou fortuites, de prospections, de contextes érodés, détruits et non reconnus. La majorité sont des pendeloques et pourraient correspondre à d'anciennes sépultures remaniées. Enfin, 32 autres parures (dont 2 ébauches) issues de 22 sites, sont peut-être en mica, mais sont laissées en attente de vérification.

1.3 Production et distribution

Nous sommes contraints de ne pas présenter les informations d'ordre typologique, typo-chronologique propre et comparée avec les éléments en variscite, de même que la caractérisation technologique, les informations relatives aux biographies parfois longues et complexes et les différentes chaînes opératoires. Évoquons simplement qu'un même constat typologique global peut être établi avec les parures en variscite (Herbaut et Querré, 2004), puisque l'on constate également qu'après le Néolithique ancien et moyen 1 à inhumations individuelles, les pendeloques oblongues en séricite disparaissent progressivement des tombes à couloir durant le Néolithique moyen 2, au profit des perles discoïdes qui perdureront jusqu'au Néolithique récent-final.
D'autre part, la distribution des parures en séricite au nord de la France est peu ou prou similaire à celles en variscite (Cassen *et al.*, ce volume). Dans les deux cas, elles marquent principalement les communautés du sud de l'Armorique (fig. 6). La Loire-Atlantique et le Finistère sont bien représentés avec 8 sites et 15

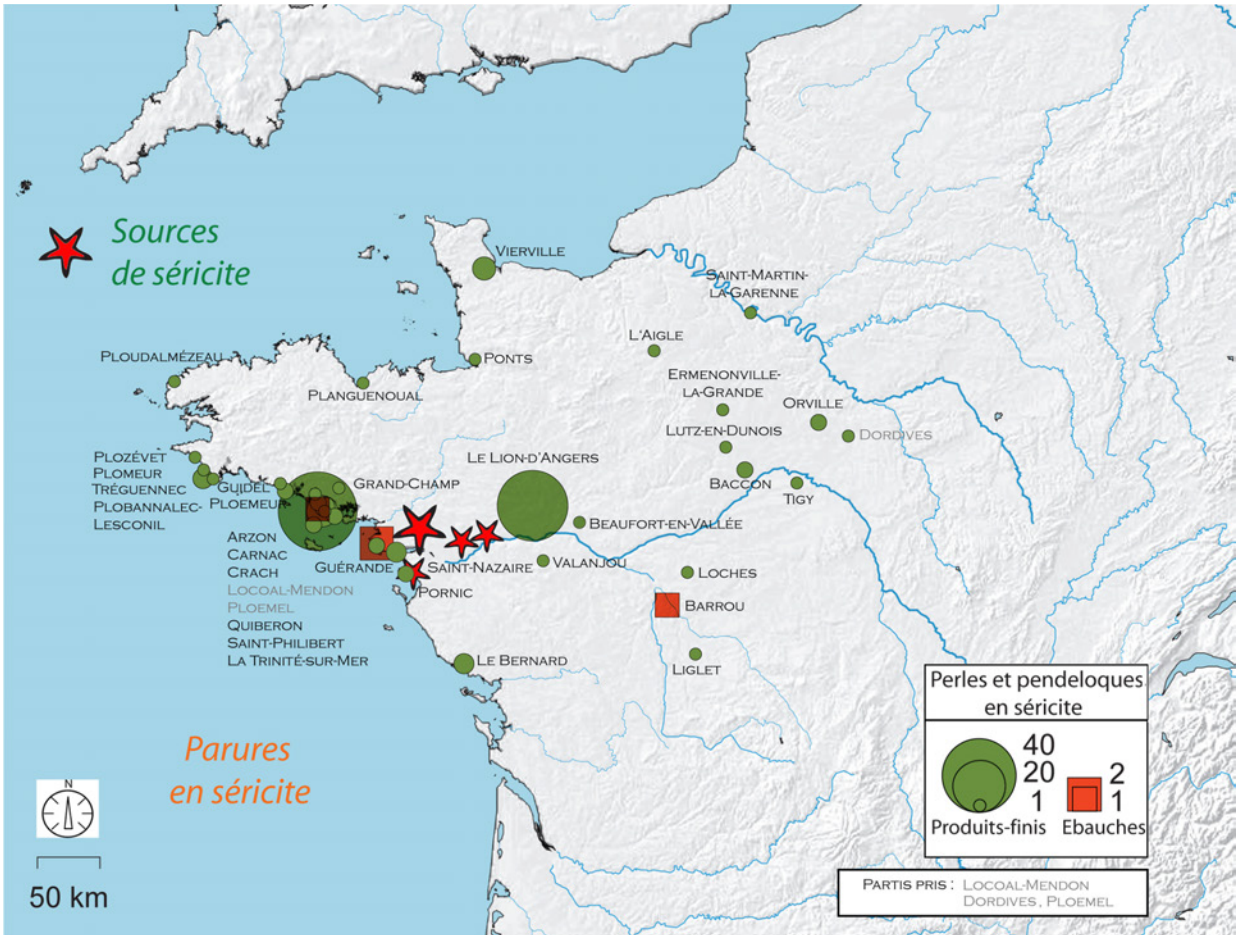


Fig. 6 : Distribution des parures en séricite du nord de la France. Cartographie : réal. L. Jammet-Reynal et N. Le Maux, DAO : réal. N. Le Maux.

parures (26,7 % et 11,9 %), mais c'est autour du golfe du Morbihan que se concentre plus de la moitié des sites et des parures (n=67, 53,2 %), fréquences néanmoins pondérées par l'importance statistique du site du Lion-d'Angers en Maine-et-Loire d'où provient la plus large série (n=36, 28,6 % ; fig. 4).

Des témoins de production sont reconnus en Loire-Atlantique (fig. 5), tel que les deux ébauches de perle du site de Sandun, La Grande Grée (Guérande) : un palet quadrangulaire inégalement poli, à rainures subparallèles de découpe ; une ébauche de perle double à rainure de partition externe, à entames de perforation biconique et polissage par facettes assez sommaire. On dénombre aussi deux autres produits semi-finis sur le site voisin de Sandun, La Basse Grée, de façonnage plutôt avancé, à perforations brutes, le polissage par facettes de ces deux perles n'est pas soigné. Enfin, signalons, à Saint-Nazaire, route des Fréchets, une pendeloque abandonnée à un stade plutôt avancé, partiellement polie, d'aspect boudiné, à perforation cassée lors de la finition. Ces relatives concentrations d'ébauches, de produits semi-finis et la dispersion régionale des éléments de parures aboutis (fig. 6-7) suggèrent que la production s'effectue depuis les gîtes de Loire-Atlantique.
Un schéma est induit par la répartition des témoins de production : la Grande Grée de Sandun constitue le premier relais spatial où les étapes initiales de fabrication sont représentées (n° 1 et 2, fig. 5). Les palets, supports des futures perles, sont soit achevés in situ, soit diffusés sous cette forme vers d'autres sites où le façonnage des perles est finalisé. C'est le cas au camp du Lizo (Carnac, Morbihan, où nous avons recensé un petit palet de séricite débité, mal dégrossi, de forme ovalaire aménagé à partir d'un support quadrangulaire, cassé en deux lors de la jonction des cônes de perforation (n° 6, fig. 5). La fin du cycle de production s'y opère donc avant que ces perles ne soient déposées au sein du mobilier funéraire des sites mégalithiques morbihannais. Dans cet ordre d'idées, le nodule partitionné des Ayez de Barrou (Indre-et-Loire ; n° 2, fig. 1) est un témoin important puisqu'il s'agit d'une ébauche pré-débitée de pendeloques, ayant diffusé sous cette forme depuis les sources de matière première présumées (Le Maux et Guillemant, 2015). Enfin, la portée de diffusion des produits à débiter ou en cours de façonnage atteint 100 km, lorsque les produits finis sont acheminés vers l'est, l'ouest et le nord sur un rayon de 300 km.

1.4 Analyses des matériaux

Les analyses que nous avons entreprises sur ces parures du groupe des micas du nord de la France concerne surtout la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en réflexion spéculaire (FTIR-RS) dont le protocole et quelques-uns des résultats sont présentés par ailleurs (Le Maux *et al*., 2011 ; Le Maux, 2015a et b ; Le Maux et Guillemant, 2015). Des analyses par composantes principales en découlent. D'autres caractérisations en microscopie infrarouge selon le même procédé ont aussi été réalisées. Finalement, des mesures MEBE (microscope environnemental à balayage électronique) en EDS (Electron Dispersion Spectroscopy) sous vide partiel, ainsi que quelques tests en spectroscopie Raman restent tous deux inédits. D'anciennes analyses ont aussi été incorporées, comme celles en DRX (diffractométrie des rayons X) et au Raman, des examens de frottis, ainsi que des déterminations initiales menées par PIXE sous Aglae (Querré *et al*., ce volume), et d'autres nouvellement réalisées pour l'occasion. Enfin, pour compléter ce cortège d'analyses, quelques lames minces et d'autres mesures DRX sont prévues.

Au même titre que la description des matériaux, de leur groupement macroscopique et des sources d'origine potentielles de la matière première, nous éludons les résultats issus des analyses dont le volume rend leur présentation inconcevable ici, réservant cette étude à une future publication. Notons seulement que 108 éléments de parure ont directement été analysés par nos soins (73,5% du corpus), cumulant 466 analyses par FTIR-RS (plus de 4 analyses par pièce), ainsi qu'une caractérisation élémentaire plus poussée par MEBE (78 mesures, 8 échantillons).

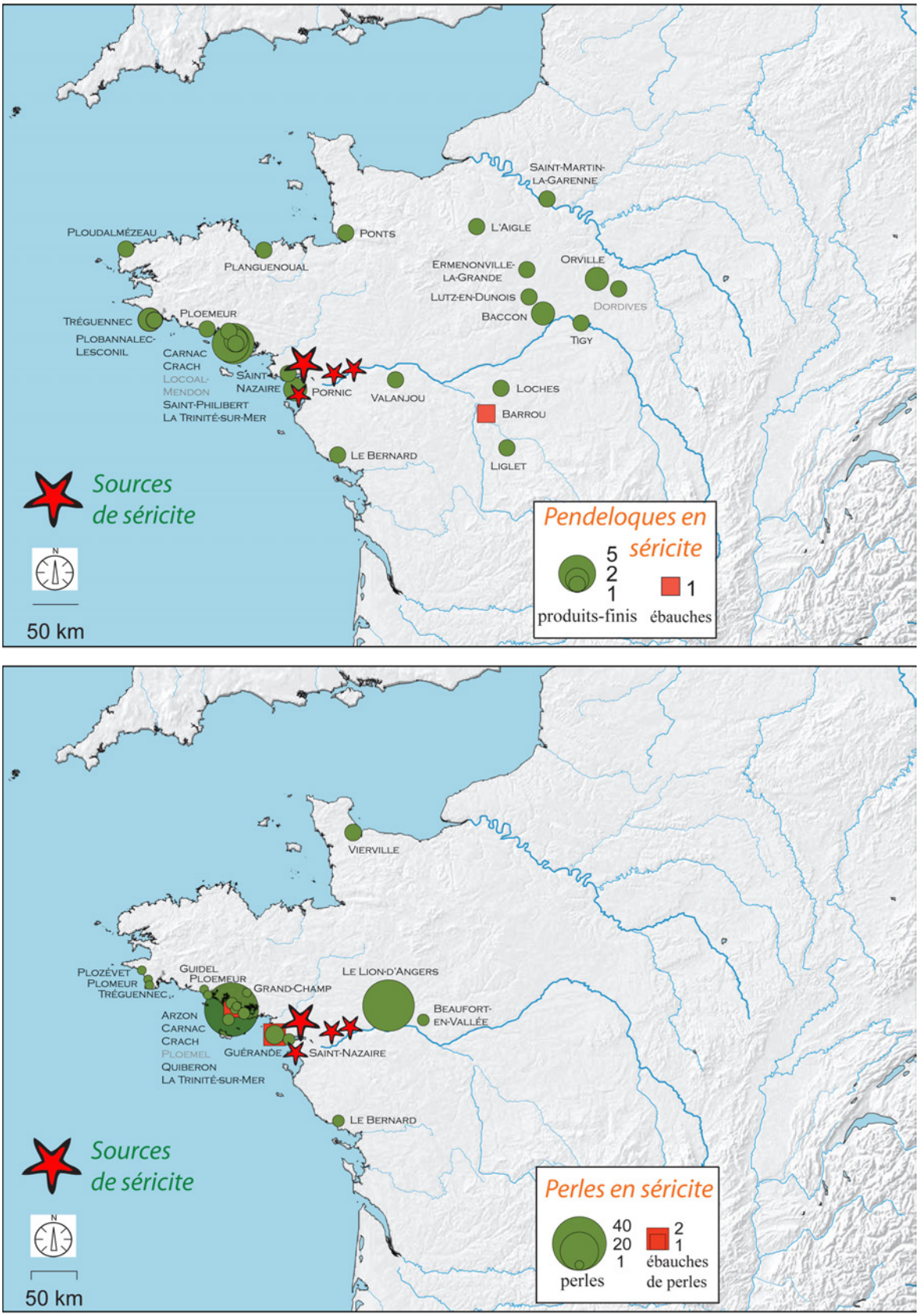


Fig. 7 : Distribution des pendeloques (en haut) et des perles (en bas) en séricite du nord de la France.
Cartographie : réal. L. Jammet-Reynal et N. Le Maux, DAO : réal. N. Le Maux.

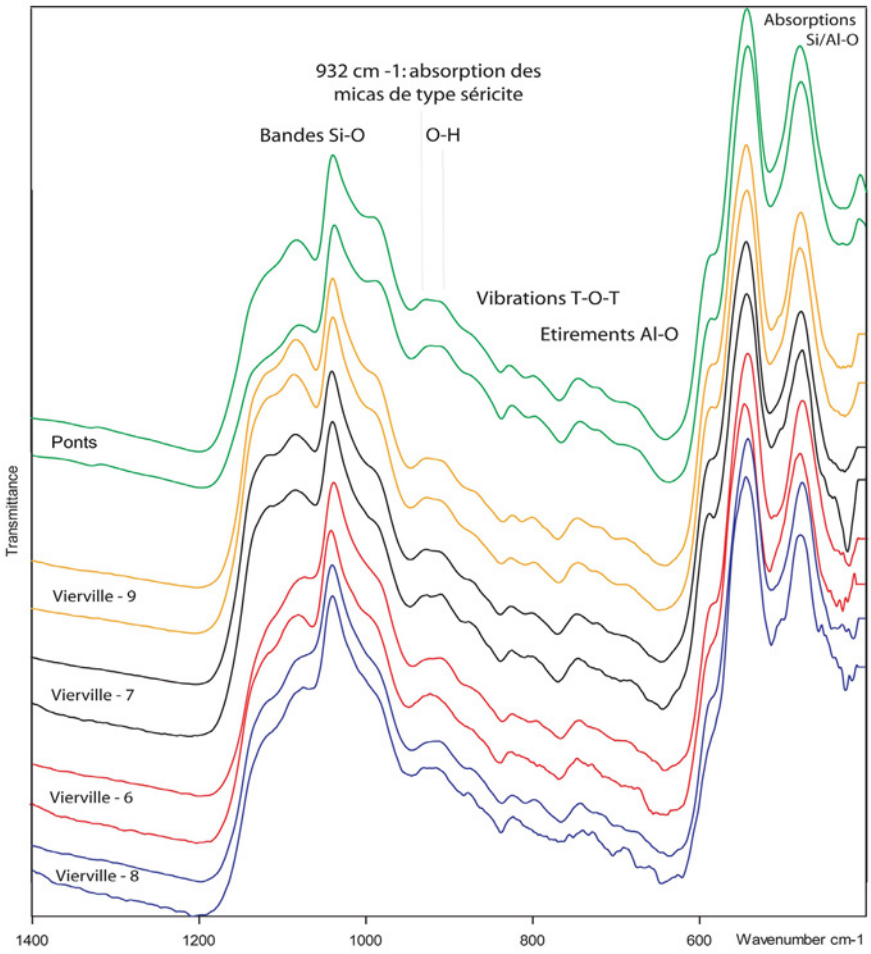


Fig. 8 : Exemple d'analyses par spectroscopie infrarouge (FTIR-RS) des parures en séricite du Champ Hardy à Ponts et de La Butte de la Luzerne/Cairn A à Vierville (Manche). Acquisition, montage et DAO : réal. N. Le Maux.

Ces parures se composent majoritairement de muscovite monominérale (fig. 8). Toutefois, nous choisissons d'employer ici le terme générique de séricite (utilisé couramment dans le vocable minéralogique pour désigner de manière non spécifique des muscovites à grains fins, mais aussi, des phengites et des hydro-muscovites à grains fins), non pas en tant qu'espèce minérale au sens propre – puisque cette dénomination n'est pas reconnue en tant que variété minérale à part entière au sein de la classification – mais en raison du poids historique de ce terme dans notre discipline, longtemps utilisé par les géologues de la région de Nantes afin de caractériser le mobilier et les gîtes (Forestier *et al*., 1973 ; Lasnier et L'Helgouac'h, 1999). Au-delà, les analyses montrent également que certaines parures ont une minéralogie plus complexe, presque entièrement composées de mica calcique de type margarite, ou bien, plus souvent, elles varient entre séricite et margarite, dominant selon les cas et les zones. Sur d'autres, on constate une association de séricite, de margarite, d'inclusions de sillimanite et de taches noires, probables tourmalines de type chrome-gravite. D'autre part, certains éléments en séricite, toutefois peu nombreux, comportent des lentilles de sillimanite, mais leur pourcentage modal est en général compris entre 0,5 et 2 %. Dans deux cas seulement, il atteint 5 et 15 %. Enfin, des veines de quartz ou de la calcite sont parfois contenues dans une matrice purement sériciteuse.

2. Les parures en micas en Europe occidentale

Un inventaire bibliographique a été mené sur l'Europe occidentale (France, Suisse, Italie, Espagne et Portugal) afin de comparer les productions de parures en micas retrouvées parmi le mobilier dans le nord de la France et d'examiner si d'autres sources potentielles de ces matériaux étaient envisageables. On s'interroge sur l'éventuelle portée de diffusion des parures en séricite issues des productions de la région nantaise, et sur les contacts et les échanges avec les communautés d'autres régions.

2.1 Midi de la France, milieu alpin et plaine du Pô

Quelques parures en micas sont connues dans le sud de la France (Roscian *et al*., 1992). Ces parures représentent au moins 128 exemplaires répartis sur 9 sites selon les indications cartographiques, ou à un nombre compris entre 43 et 63 individus présents sur 11 sites sur les décomptes départementaux. La nature minéralogique exacte des micas n'est pas renseignée et une catégorie mixte entre paragonite et muscovite est créée. Une parure en mica noir identifiée à la Grotte des Morts, Dufort-et-Saint-Martin-de-Sossenac (Gard) évoque d'ailleurs des parures du sud Bretagne (Rogarte et Mané Hyr à Carnac, Morbihan ; fig. 3), alors qu'au tumulus III de Caillassoux, Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes), des parures « vert pâle » indiquent soit des muscovites ou des paragonites. Outre ces deux exemples, nulle distinction claire n'est faite. On peut citer par importance statistique et par gradient est-ouest : les tumulus IV et III de Caillassoux (Saint-Vallier-de-Thiey) et la Tholos II de Cannaux (Andon, Alpes-Martimes) ; le Dolmen de la Pierre de la Fée (Draguignan) et le Dolmen de San Sébastien II (Plan-de-la-Tour à Sainte-Maxime, Var) ; le Dolmen de Marviel (Rouet, Hérault) et la Grotte des Morts (Dufort-et-Saint-Martin-de-Sossenac, Gard) et enfin, la Grotte de Thézan (Thézan-des-Corbières, Aude).

Ces parures en mica sont donc inégalement représentées sur six départements le long de l'axe méditerranéen. L'arrière-pays grassois semble constituer l'épicentre de la production de ces parures et de leur diffusion, qui s'estompe d'ailleurs progressivement d'est en ouest le long du golfe du Lion (fig. 9). Enfin, les deux variétés (paragonite et muscovite) de Provence-Alpes-Côte-d'Azur indiquent qu'il s'agit d'une zone mixte, où la consommation de parures de faciès différents induit des gîtes d'approvisionnement, des logiques de production et de diffusion distincts dans une chronologie longue entre Néolithique moyen et final.

La tombe 87 de la nécropole de Vidy (Lausanne, Vaud) est une ciste de type Chamblandes du tournant du Ve et du IVe millénaire, qui comporte dans la tombe principale une perle vert-bleu clair et un vase de la culture des Vasi a Bocca Quadrata (Moinat, 2007). L'analyse diffractométrique de cette perle indique une composition en paragonite pure (Thirault, 2007). Il est le premier à rapprocher cette perle de Vidy, des 14 éléments de parures de sites plus méridionaux d'Italie. Il s'agit surtout d'anneaux-disques entiers ou fragmentés, exemplaires du Néolithique ancien et moyen, inégalement répartis entre le Piémont où les témoins sont plus nombreux (Turin ; Alba) et la plaine centrale du Pô en Lombardie (Campo Costiere, Vhò di Piadena, Cremona) jusqu'à l'extrême nord-est de la plaine du Pô (Frioul-Vénétie julienne) au-delà du delta du fleuve (Sammardenchia, Pozzuoli del Friulli) (fig. 9). En Piémont, ce matériau est d'ailleurs encore employé au IIIe millénaire (neuf éléments à Boira Fusca à Cuorgné). Depuis les travaux d'É. Thirault et le renouveau des idées quant à la diffusion transalpine de ces parures en paragonite, certains gîtes ont été identifiés au Mont Viso (Piémont ; Pétrequin *et al*., ce volume) et constitueraient l'origine du matériau dont l'exploitation serait concomitante de la fabrication des haches en jades alpins. D'autres parures en paragonite ont aussi été nouvellement identifiées en milieu alpin ou préalpin (France du sud-est, Suisse, Italie ; ibid.).

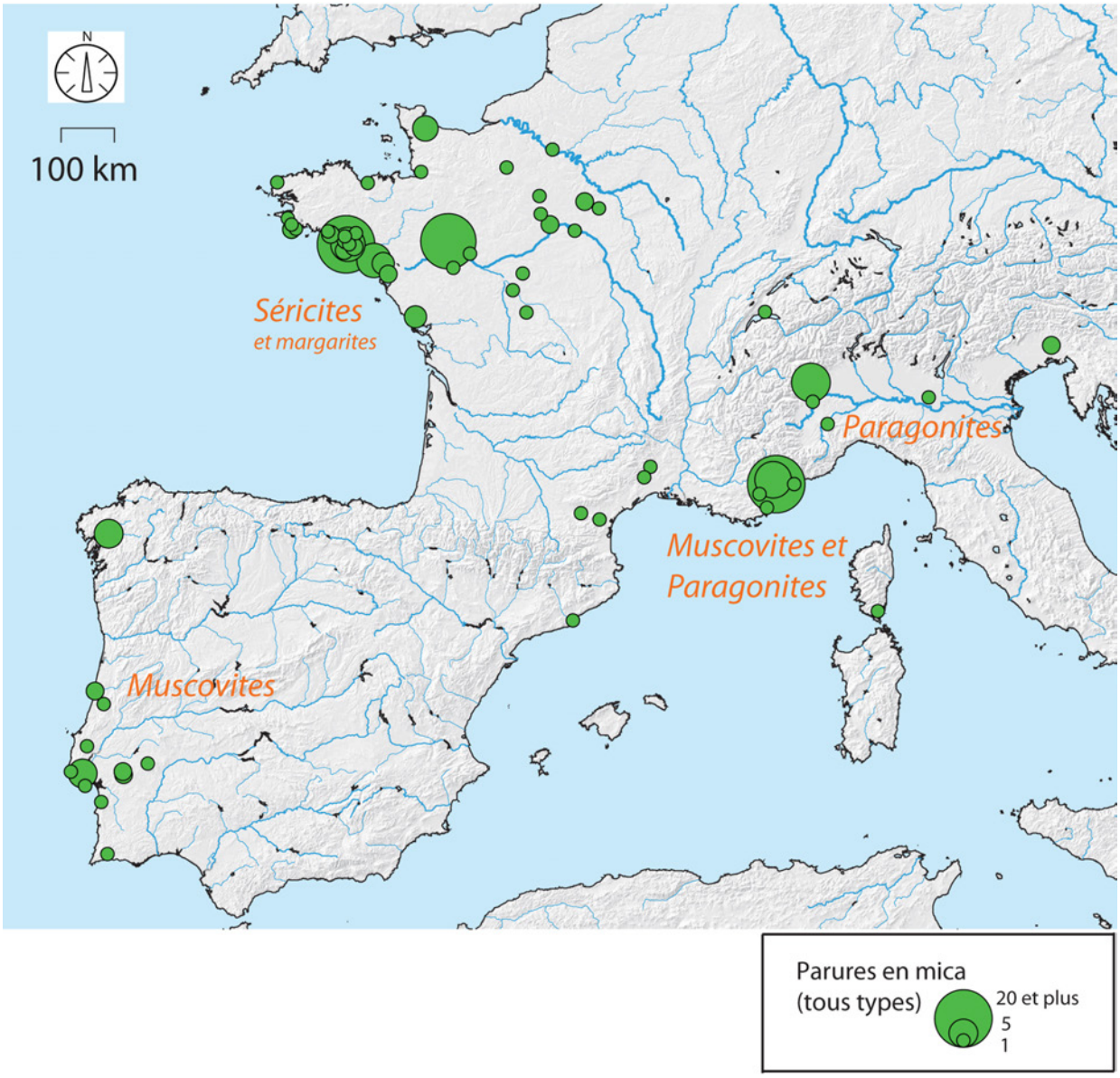


Fig. 9 : Distribution européenne des parures du groupe des micas. Noter la dichotomie entre façade atlantique (séricites et muscovites) et Europe alpine (muscovites et paragonites). Cartographie : réal. L. Jammet-Reynal et N. Le Maux, DAO : réal. N. Le Maux.

2.2 Péninsule Ibérique

Des travaux précurseurs ont signalé l'importance des parures en micas au Portugal (Canélhas, 1973). Cette étude signale 11 parures en muscovite réparties sur 9 sites assez mal renseignés, issues d'explorations anciennes comme à l'Anta n°9 d'Estremoz, celle de Montemor-o-Novo (district d'Évora) et pour une des grottes de Cascais (district de Lisbonne) ou de probables prospections comme à Prangança (Serra de Montejunto, Lisbonne). D'autres sites, certains mégalithiques, sont parfois bien documentés, comme pour le district de Setúbal : Pedra Branca, Montum de Bairo, Vale Figueira à Melides ; Lapa do Bugio à Sesimbra ; celui d'Alto da Féteria à Pombal (district de Leira) ; d'Alcalar à Mexilhoeira Grande, Portimão (district de Faro) ; et enfin, celui de Comenda da Igreja, Montemor o Novo à Nossa Senhora do Bispo (district d'Évora ; fig. 10). Peu de renseignements chronologiques étayent ces découvertes hormis les sépultures en grotte de Lapa do Bugio du Néolithique final et Campaniforme (Cardoso, 1992), ainsi

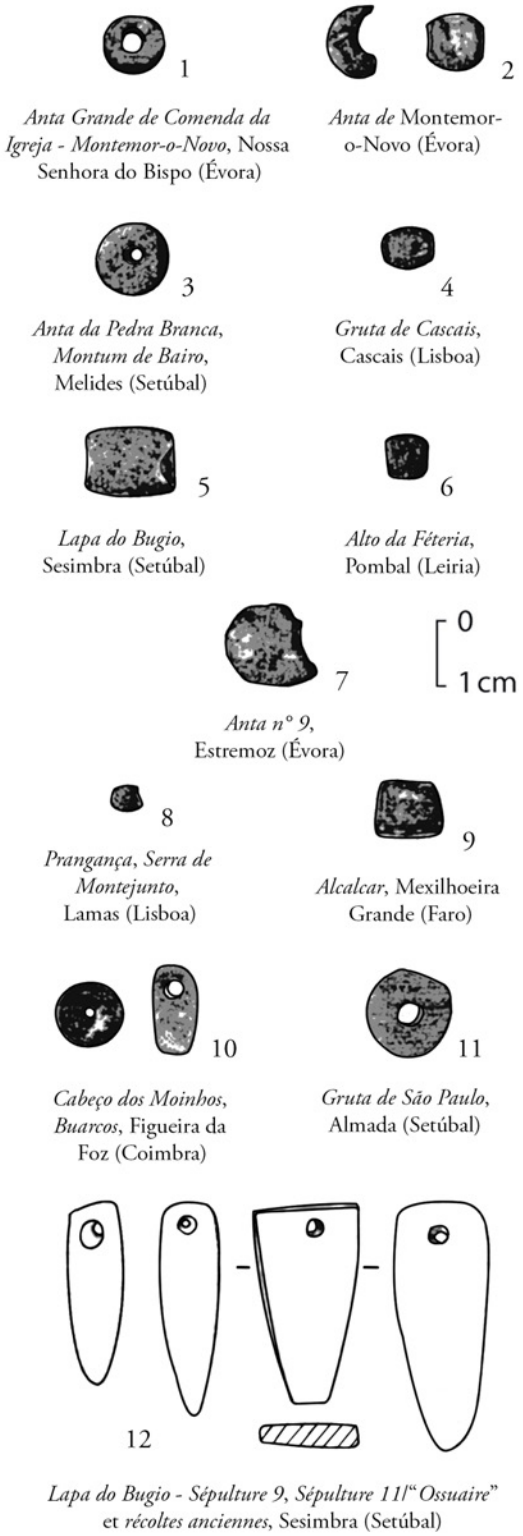


Fig. 10 : Perles et pendeloques portugaises en muscovite. Redessinées d'après photo de J. C. Lopes *in* Canélhas, 1973, n° 1-9 ; d'après Gonçalves et Reis, 1982, n° 10-11 ; d'après Cardoso, 1992, n° 12. Dessins et DAO : réal. N. Le Maux.

que la tholos d'Alcalar du tournant des IIIe et IIe millénaires, et les dépôts campaniformes individualisés de Pedra Branca (Salanova, 2003).

Ce travail fut ensuite complété de trois perles en muscovite provenant de Cabeço dos Moinhos, Serra da Boa Viagem à Figueira Da Foz (Buarcos, district de Coimbra) (Gonçalves, 1980), et de Gruta de São Paulo à Almada (district de Setúbal) (Gonçalves et Reis, 1982). Monument mégalithique et nécropole dans une grotte naturelle, le premier site date du Néolithique moyen mais fut revisité au Néolithique final, alors que le second correspond exclusivement au Néolithique final. Les parures en muscovite portugaises sont comprises du Néolithique moyen régional (de 4500 av. J.-C., débuts des architectures monumentales), au Néolithique final.

Cette dernière étude s'appuie sur la répartition spatiale afin d'illustrer la distribution lusitanienne des parures (Ibid.). Rencontrées dans les deux tiers sud du pays, de Coimbra jusqu'à Faro, elles abondent sur la côte ouest et au centre du Portugal (districts de Lisbonne, de Setúbal et d'Évora ; fig. 9). Elles représentent 24,5 % des ensembles, taux supérieur au nord de la France, où 147 parures en micas atteignent 14 % des effectifs cumulés avec les *callaïs* (n= 900).

Sur l'important site de Lapa do Bugio à Sesimbra (péninsule de Setúbal ; Cardoso, 1992), daté de la fin du Néolithique, le terme de variscite est employé pour désigner tous les éléments de parure, suivi du terme plus générique de « minéraux verts » en description. À nul moment n'est évoquée la détermination de muscovite pour ce site pourtant relevée par ailleurs (Canélhas, 1973). Hormis de nombreuses perles, on compte quatre pendeloques dont formes et modules rappellent celles en séricite françaises (fig. 10). Elles pourraient probablement être composées de mica.

La grotte artificielle de São Paulo 2 (Almada, Setúbal ; Gonçalves *et al*., 2004) est une chambre circulaire à couloir creusée à même la roche de la fin du IIIe millénaire qui fait écho à grotte naturelle voisine du Néolithique final et sa perle en muscovite (Gonçalves et Reis, 1982). Au moins 230 perles et pendeloques en pierre verte y sont indentifiées mais pas décrites. Notre récent examen atteste qu'elles se composent

essentiellement de variscite. Or, un doute subsiste pour trois perles possiblement en mica et des analyses complémentaires seraient en ce sens nécessaires.

Ces parures portugaises en muscovite ont probablement été produites autour des zones de concentration de mobilier du centre du pays (fig. 9). On s'interroge sur ce qui a poussé les populations éloignées et sans contacts soutenus entre elles, à sélectionner les mêmes matériaux pour la confection régionale des parures. Elles viendraient remplacer celles en *callaïs* qui ne peuvent être produites localement et dont le besoin est cependant réel. Ce postulat montre cependant quelques limites, puisque les gisements espagnols exploités sont spatialement assez proches des secteurs portugais concernés. Ainsi, le gîte d'Encinasola (Huelva, Andalousie) est distant de 100 km des témoins en muscovite d'Estremoz, de Comenda d'Igreja et de Montemor-o-Novo (Évora) ; alors que les gîtes déjà plus éloignés de Palazuelos de las Cuevas (Zamora, Castilla y León) sont distants de 270 km des parures en muscovite (Cabeço dos Moinhos à Figueira da Foz, Coimbra). Seul l'accroissement des besoins locaux en parures de couleur verte à la fin du Néolithique pourrait l'expliquer lorsque ces gîtes de production sont encore actifs.

Cette caractérisation des parures s'est étendue à toute la péninsule Ibérique (Edo *et al*., 1990 ; Villalba *et al*., 2001). Sans indiquer les sites, d'autres exemplaires sont signalés. Il s'agit d'une perle en muscovite du nord-est de la péninsule Ibérique/Catalogne, et cinq autres, localisées au nord-ouest de l'Espagne (Ibid. tabl. I, p. 271). Nous avons vu que les parures en muscovite du Portugal s'inscrivent exclusivement au sein d'un groupe relativement compact au centre et au sud du pays (Gonçalves et Reis, 1982). Aussi, nous considérons que les cinq exemplaires du nord-ouest de la péninsule Ibérique doivent vraisemblablement être issus d'un secteur clairement distinct, et les rattachons arbitrairement à la Galice pour notre cartographie. Avec ces nouveaux témoins, l'Espagne nord occidentale et orientale complètent ainsi l'aire géographique des deux bassins portugais et méditerranéen (fig. 9).

Conclusion

L'inventaire préliminaire du mobilier en mica du nord de la France, réalisé par la reprise des séries existantes et pour la plupart inédites, s'est avéré fructueux puisqu'il a permis de déceler presque 150 éléments de parures. Une caractérisation physico-chimique systématique, par le biais de méthodes strictement non destructives (FTIR-RS, MEBE), était une condition *sine qua non* à la fiabilité de cette synthèse. Ces analyses ont été déterminantes avec l'identification de plusieurs faciès minéralogiques du groupe des micas, mélangeant parfois variétés potassiques (muscovites, désignées ici comme séricites) et variétés calciques (margarites).

Ces parures sont majoritairement associées aux pratiques funéraires, mais pas exclusivement. La plupart ont ainsi été retrouvées au sein de contextes sépulcraux variés qu'il convenait d'appréhender afin de saisir leur chronologie. À l'image des parures en variscite, leur emploi s'inscrit du Néolithique ancien au début du Ve jusqu'au IIIe millénaire dans des contextes campaniformes. S'ajoutent des pièces hors contexte, mais néanmoins capitales pour la restitution des diffusions et des modalités de production. Ces productions sont issues des gîtes filoniens de Loire-Atlantique où se concentrent ébauches et produits semi-finis. Elles diffusent sur une centaine de kilomètres vers des sites consommateurs afin d'y être achevées et d'intégrer par la suite le mobilier funéraire sur des distances de 300 km. Ce type de parure doit également être considéré comme une véritable alternative régionale à l'acquisition des callaïs d'origine ibérique. Ce « matériau de substitution » permettait ainsi de pallier la rareté et les difficultés d'accès des variscites et des turquoises pour des communautés friandes en matières minérales vertes du sud de la péninsule Armoricaine.

Enfin, un inventaire sud-européen innovant forme un premier tour d'horizon sur la question des parures en micas. Les estimations liminaires s'élèvent au moins à 300 éléments et seront revues à la hausse

avec les nouvelles études des paragonites (Pétrequin *et al.*, ce volume). Un vrai potentiel d'étude existe donc en Europe méridionale. Comme en France septentrionale, il se pourrait que ces parures soient manifestement plus abondantes que l'on ne le pense de prime abord et que les phénomènes sous-jacents de production et de diffusion soient également complexes et s'inscrivent à travers une chronologie longue. Ainsi, quatre principales zones sont concernées par les parures en micas. Alors que trois d'entre elles sont surtout marquées par les parures en muscovite, de différentes variétés parfois (nord-ouest de la France ; Midi de la France et Catalogne ; façade atlantique de la péninsule Ibérique), la quatrième concerne l'arc du massif Alpin (Suisse, arc alpin interne italien et externe français) auquel la plaine du Pô italienne se greffe, pour une aire géographique globale qui se distingue par l'emploi quasi-exclusif d'une autre variété de mica (paragonite).

La région Provence-Alpes-Côte-d'Azur constitue le point de jonction où l'emploi de parures micacées distinctes est attesté (muscovite et paragonite). Cette zone de contact, dont la frontière est indivisible en l'état, apparaît perméable et non hermétique aux flux de diffusion de ces deux types de minéralisations. Une dualité peut alors être soulignée entre une Europe occidentale atlantique où l'emploi de muscovite-séricite est exclusif et une autre Europe plus centrale, comprenant aussi bien le Massif alpin que l'Italie du nord subalpine où l'usage de paragonite prédomine. L'arrière-pays niçois des environs de Grasse (Alpes-Maritimes) constituerait l'épicentre du phénomène de production de parures en muscovite, qui rayonnerait en termes de diffusion sur tout le golfe du Lion jusqu'aux contreforts de l'arc pyrénéen et peut-être même plus loin, jusqu'en Catalogne.

Les correspondances sont très fortes entre les parures en muscovite du nord de la France et celles du centre et sud Portugal. La présence de pendeloques lusitaniennes appartenant certainement au groupe des micas renforce d'ailleurs ce rapprochement. On peut ainsi raisonnablement s'interroger sur les contacts entre les communautés néolithiques de ces deux entités géographiques et des échanges à longue distance auxquels elles ont participé, à l'image des circulations lointaines et certainement par voie maritime, des parures ibériques occidentales en variscite. Serait-il possible alors que certaines parures en muscovite aient accompagné ces échanges depuis les côtes portugaises et de Galice jusqu'au littoral sud de la Bretagne, ou au contraire, les productions de parures des Pays de la Loire ont-elles participé à des échanges en retour jusqu'en péninsule Ibérique ? D'autre part, certaines comparaisons peuvent être faites entre variété noire de séricite retrouvée sur des sites morbihannais et gardois. Elles pourraient constituer des indices d'échanges entre nord et sud de la France. Enfin, une autre variété calcique de mica semble également un bon marqueur d'éventuelles diffusions.

Il conviendra de statuer ultérieurement sur ces questions dans un travail postdoctoral. À l'image de ce que nous avons entrepris ici pour le quart nord-ouest de la France, l'étude directe des collections d'Europe méridionale est désormais nécessaire. Une caractérisation du reste du mobilier par le protocole analytique cité ici, couplée avec la réunion d'échantillons naturels dans l'optique de recherche des sources de matière première, seront nécessaires pour mener à bien ce travail à l'échelle européenne.

Remerciements

Nous remercions les organisateurs du colloque « *Callaïs* » tenu à Carnac pour leur invitation à contribuer à la publication des actes ; H. Multon, A. Villes et le personnel du Musée d'Archéologie nationale ; celui du Musée de Préhistoire de Carnac, dont M. Pérez-Bleuzen pour ses clichés, de tous les musées, membres de l'Inrap, des associations, des SRA, ainsi qu'aux très nombreux prospecteurs, amis et collègues concernés, dont G. Richard, Y. Dufour, G. Pradeau, C. Broucke, M. Montaudon, S. Corson, R. Guillemant, R. Touzé, D. Cliquet, J.-Y. Gallais, P. Le Nen, et dont il serait vain, faute de place, d'exprimer ici la liste exhaustive. Espérons que chacun puisse malgré tout recevoir ici notre entière gratitude. Nous exprimons également

notre vive reconnaissance aux laboratoires d'analyses : A. Badou, F. Fröhlich, M. Lebon et X. Gallet du Centre de Spectroscopie Infrarouge (MNHN) et J.-Y. Mevellec de l'Institut des Matériaux J. Rouxel de Nantes (IMN) ainsi que C. Pelé-Meziani d'Arc'Antique et enfin, T. Calligaro et le Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France de Paris. Nous saluons aussi L. Jammet-Reynal et C. Rodríguez Rellán pour la cartographie initiale et la traduction.

Bibliographie

Balagny, (Colonel), P. 1939. Le Mystère de la Callaïs. *Bulletin de la Société archéologique de Nantes* 79 : 173-216.

Boisselier, G.-A.-L. 1940. La Nécropole de Tréguennec en Plonéour-Lanvern (Finistère). *Bulletin de la Société préhistorique de France* 37(1-2) : 29-35.

Canélhas, M.G.S. 1973. Estudo Radiográfico de "Calaítes" Portuguesas. *Revista Guimarães* 83(1-4) : 125-145.

Cardoso, J. L. avec la coll. de Monteiro, R., Ferreira, O., Da, V., Coelho, A.V.P., Guerra, F., Gil, F.B. et Pais J. 1992. A Lapa do Bugio Setúbal Arqueológica. *Setúbal* 9-10 : p. 89-225.

Chatellier (du), P. 1883. Nouvelles explorations dans les communes de Plozévet et de Plouhinec (Finistère). Sépultures de l'époque du Bronze. *Revue archéologique* 3ème série(2) : 1-19.

Cintrat 1909. Un curieux objet trouvé à Ermenonville-la-Grande. *L'Homme préhistorique. Revue mensuelle illustrée d'archéologie et d'anthropologie préhistoriques* 9 : 275-276.

Cordier, G. 1984. *Inventaire des Mégalithes de la France, 1 – Indre-et-Loire.* Joué-lès-Tours, G. Cordier (deuxième édition entièrement refondue).

Cordier, G. 1987. Exemples tourangeaux de sciage des roches au Néolithique. *Bulletin de la Société préhistorique française* 84(9) : 278-281.

Edo, M., Blasco, A. et Villalba, M.J. 1990. Approche de la carte de distribution de la variscite des mines de Can-Tintorer, Gavà (Catalogne). In M.-R. Seronie-Vivien et M. Lenoir (dir.), *Le silex – De sa genèse à l'outil. Actes du Vème colloque international sur le silex, Bordeaux 17 Septembre au 2 Octobre 1987* : 287-298. Paris, Centre national de la recherche scientifique (Cahiers du Quaternaire 17).

Forestier, F.-H., Lasnier, B. et L'Helgouac'h, J. 1973. À propos de la "Callaïs", Découverte d'un gisement de variscite à Pannecé (Loire-Atlantique). Analyse de quelques "perles vertes" néolithiques. *Bulletin de la Société préhistorique française* 70(5) : 173-180.

Gaillard, F. 1883. Le Dolmen de Rogarte près de la Madeleine et le coffre de la Madeleine en Carnac (20 Novembre 1883). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 241-245.

Gaillard, F. 1885. L'habitation gauloise du Mané-Gohenne, à Kergroix en Carnac. *Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris* 3ème série(8-1) : 639-642.

Gaillard, F. 1892. Le dolmen de la pointe du Conguel. *Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris* : 37-48.

Gaillard, F. 1895. Le dolmen de Grah' Niol, à Arzon (Morbihan), 10 Août 1895. *Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris* IVème série(6) : 272-283.

Gaillard, F. inédit a, 1885. Plan encré de la tombe à couloir et chambre quadrangulaire du Mané Hyr en Kergroix à Carnac (Morbihan), adressé à la Société d'Anthropologie de Paris en 1885. *Archives de la Société d'Anthropologie de Paris, Lot : SAP 132 (16)*. Paris, Réserve de la Bibliothèque Centrale du Muséum National d'Histoire Naturelle, 1 plan.

Gaillard, F. inédit b, 1885. Photographie noir et blanc du collier du Mané Hyr en Kergroix à Carnac (Morbihan), adressée à la Société d'Anthropologie de Paris en 1885. *Archives de la Société d'Anthropologie de Paris, Lot : SAP 132 (18)*. Paris, Réserve de la Bibliothèque Centrale du Muséum National d'Histoire Naturelle, 1 cliché.

Galles, R. 1865. Fouilles du tumulus du Moustoir Carnac. Rapport à la commission topographique des Gaules. R*evue archéologique ou recueil de documents et de mémoires relatifs à l'étude des monuments, à la numismatique et à la philologie de l'Antiquité et du Moyen Âge* Nouvelle série 6ème année(12) : 15-25.

Ghesquière, E., Marcigny, C. et Carpentier, V. avec la coll. de Durand, J. et Giazzon, D. 2001. Témoins d'occupation domestique du Néolithique ancien à Pont/Plomb « Le Champ Hardy » (Manche). *Revue archéologique de l'ouest* 18 : 5-12.

Giot, P.-R. 1989. Le Tertre de Parc-ar-Hastel en Tréguennec. *Bulletin de la Société archéologique du Finistère* 118 : 18-20.

Giot, P.-R. inédit a. *La pointe de la Torche, de la Géologie à la Préhistoire*. Manuscrit non publié. Rennes, Laboratoire Archéosciences.

Giot, P.-R. inédit b. Le tumulus de Prat-ar-Hastel en Tréguennec (Finistère). À la mémoire de Georges-A.-L. Boisselier, Gaston Fourneaux et Jean-Louis Courrot. Manuscrit non publié. Rennes, Laboratoire Archéosciences, .

Giot, P.-R. et Guilcher, A. 1947. Essai de chronologie des successions pré- et protohistorique de la baie d'Audierne (Finistère). *Bulletin de la Société préhistorique française* 44(3-4) : 1-6.

Gobillot, L. 1911. Note sur une pendeloque néolithique trouvée à Liglet (Vienne). *Bulletin de la Société préhistorique de France* 8(5) : 334-337.

Gonçalvès, A. et A.H. De B. 1980. Elementos de adorno de cor verde provenientes de estações arqueológicas portuguesas. Importencia do seu estudo minéralógico. In *Separáta de actas da 1.a mesa-redonda sobre o Neolítico e o Calcolítico em Portugal, 1980* : 5-22. Porto, Instituto de Antropologia « Dr. Mendes Corrêa » (Trabalhos do Instituto de Antropologia « Dr. Mendes Corrêa » 40).

Gonçalvès, A., A.H. De B. et Reis, M. De L. 1982. Estudo minéralógico de elementos de adorno de cor verde provenientes de estações arqueológicas portuguesas. *Potugalia, Revista do Instituto de arqueológia da Faculdade de Letras da Universidede do Porto 1981/1982* II/III : 153-166.

Gonçalvès, V.S., Andrade, M. et Pereira, A. 2004. As placas de xisto gravadas da gruta artificial S. Paulo 2 (Almada). *Revista Portuguesa de Arqueologia* 7(2) : 73-96.

Gruet, M. 1986. Les Pichelots, site néolithique d'affinité Cerny en Maine-et-Loire. In *Actes du 10ème colloque interrégional sur le Néolithique, Caen 30 Septembre au 2 Octobre 1983* : 143-147. Rennes, revue archéologique de l'Ouest (supplément 1).

Guillemant, R. avec la coll. de Le Roux, C.-T. 1982. Contribution à l'étude des haches polies en roches dures découvertes dans la région Pressignienne. Découverte d'un objet énigmatique en fibrolite probablement finistérienne à Barrou (Indre-et-Loire). *Bulletin des Amis du Grand-Pressigny* 33 : 20-22.

Herbaut, F. 2001. *La parure néolithique dans l'Ouest de la France.* Thèse de doctorat, Université de Nantes.

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Jacq, M. 1940. *Catalogue du Musée archéologique James Miln-Zacharie Le Rouzic. Carnac, Morbihan. À la mémoire de Zacharie Le Rouzic, sa vie scientifique – militaire – publique, et une publication inédite sur les menhirs-statues bretons. Monument historique.* Vannes, Impr. Lafolye et J. de Lamarzelle.

Laroche, M. 2011. La sépulture collective d'Éteauville, commune de Lutz-en-Dunois (Eure-et-Loir) : dans les coulisses de la fouille de l'abbé Nouel. *Revue Archéologique du Loiret et de l'axe ligérien, Histoire de l'Archéologie Régionale* 35 : 99-111.

Lasnier, B. et L'Helgouac'h, J. 1999. Perles. In R. Joussaume, *Le tumulus du Pey de Fontaine au Bernard (Vendée). Gallia-Préhistoire* 41 : 210-213.

L'Helgouac'h, J. 1973. Circonscription des Pays de la Loire. *Gallia préhistoire* 16(2) : 427-438.

L'Helgouac'h, J. 1980. À propos des rapports entre le Massif armoricain et le Centre de la Gaule au Néolithique : le site mégalithique de l'Isle-Briand au Lion d'Angers (Maine-et-Loire). In *Études sur le Néolithique de la région Centre. Actes du 5e colloque interrégional sur le Néolithique de Saint-Amand-Montrond, 28-30 octobre 1977* : 32-40. Saint-Amand, Clerc.

L'Helgouac'h, J. 1983. Circonscription des Pays de la Loire. *Gallia préhistoire* 26(2) : 335-351.

L'Helgouac'h, J. 1984. Une architecture prestigieuse, il y a 7 000 ans : Le tumulus mégalithique de Dissignac, à Saint-Nazaire. *Groupe 303, Recherches et Créations, Pays de La Loire* 3ème trimestre 1984 : 20-33.

L'Helgouac'h, J., Le Gouestre, D. et Poulain, H. 1989. Le monument mégalithique transepté de La Joselière

(ou du Pissot), au Clion-sur-Mer (Loire-Atlantique). *Revue archéologique de l'ouest* 6 : 31-50.

L'Hostis, L. 1953. La pierre polie dans la région de Ploudalmezeau. *Bulletin de la Société préhistorique de France* 50(3) : 154-169.

Lisle de, D.P. 1885. Dictionnaire archéologique de la Loire-Inférieure (époques primitive, celtique, gauloise et gallo-romaine). Arrondissement de Paimbœuf. *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et de la Loire-Inférieure* 1885 : 1-81.

Lecornec, J. 1972. La Sépulture mégalithique de Lost-er-Lenn, Grandchamp (Morbihan). *Annales de Bretagne* 79(1) : 21-33.

Le Maux, N. avec la coll. de Piel-Desruisseaux, J.-L. 2014. Grandes haches en « jades » d'origine alpine en Basse-Normandie – État des lieux, relations et interprétations sociales. In R.-M. Arbogast et A. Greffier-Richard (dir.), *Entre Archéologie et Écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin* : 173-186. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté.

Le Maux, N. avec la coll. de Laroche, M. 2015a. Pendeloque en séricite (groupe des micas) de la collection Soudan – analyse minéralogique, archéologique et discussion. *Château-Landon, Les Cahiers du Passé, Histoire et Archéologie* : 38-55.

Le Maux, N. 2015b. Les haches polies néolithiques en roches tenaces et les parures en séricite de Basse-Normandie. In C. Guillaume (dir.), *Bilan Scientifique de la Région Basse-Normandie 2014* : 140-143. Direction Régionale des Affaires Culturelles, Service Régional de l'Archéologie, Ministère de la Culture et de la Communication, Direction Générale des Patrimoines, Sous-Direction de l'Archéologie.

Le Maux, N. et Guillemant, R. 2015. L'ébauche de pendeloques de Barrou, « Les Ayez » (Indre-et-Loire) – Approche régionale et logique de diffusion des parures en séricite au Néolithique. *Bulletin des Amis du Musée de Préhistoire du Grand-Pressigny* 66 : 17-31.

Le Maux, N., Badou, A. et Fröhlich, F. 2011. Caractérisation d'une pendeloque en « roche verte » de la sépulture 225 – Saint-Martin-la-Garenne (Yvelines). In Durand J.-C., Durand J. et Durand S. (dir.), *Saint-Martin-la-Garenne « Derrière-la-Chapelle, Les Fonciers » (Yvelines, Île-de-France) – Habitats néolithique et Tène finale* : 80-87. Rapport de fouille Inrap.

Lemoine, J. 1886. L'époque de la pierre polie dans le département des Côtes-du-Nord. X. Objets de parure. *L'Homme, Journal illustré des sciences anthropologiques* 3ème année : 274-284.

Letterlé, F. avec la coll. de Le Gouestre, D. et Le Meur, N. 1991. La chronologie du Néolithique moyen en Armorique à la lumière du site de Sandun à Guérande (Loire-Atlantique). In A. Beeching, D. Binder, J.-C Blanchet (dir.), *Identité du Chasséen. Actes du colloque international de Nemours, 17-19 Mai 1989* : 149-158. Nemours, Association pour la promotion de la recherche archéologique en Ile-de-France (Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile-de-France 4).

Le Rouzic, Z. 1898. Carnac. Fouilles faites dans la région en 1897 et Janvier 1898. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 64-80.

Le Rouzic, Z. 1902. Carnac. Fouilles faites dans la région en 1901 et 1902. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 2ème semestre : 289-304.

Le Rouzic, Z. 1930a. *Carnac. Restauration faites dans la région. Les cromlechs de Er-Lannic. Commune d'Arzon de 1923 à 1926*. Vannes, imp. Lofolye et De Lamarzelle.

Le Rouzic, Z. 1930b. Carnac. Restaurations faites dans la région. Dolmens à galerie sous tumulus de Kerlagat, commune de Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 28-33.

Le Rouzic, Z. 1933. Premières fouilles au camp du Lizo (Commune de Carnac, Morbihan). *Revue archéologique* 6e série(II) : 189-219.

Le Rouzic, Z. (†) 1965. Inventaire des monuments mégalithiques de la région de Carnac (L'arrondissement de Lorient). *Bulletin mensuel de la Société polymathique du Morbihan* : 5-87.

Luco (abbé) 1882. Dolmens Er Pointe de Saint-Philibert, en Locmariaquer (par feu James Miln). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 1881 : 71-76.

Martin, A. 1911. Les dolmens à chambre circulaire et les dolmens à enceintes murales de l'Armorique. *Bulletins de la Société archéologique du Finistère* 38(7) : 94-115.

Million (Abbé), A. 1906. Le Château de Kernuz. Son histoire - ses collections. *Association bretonne et Union régionaliste bretonne. Actes du 46ème Congrès, 4 au 9 Septembre 1905, Concarneau, Bulletin archéologique de l'Association bretonne* 24 : 7-41.

Moinat, P. avec la coll. de Studer, J. 2007. Cistes en pierre et coffres en bois, inhumations simples et dépôts complexes : un bilan des pratiques funéraires à Vidy (Lausanne, Vaud) et à Chamblandes (Pully, Vaud). In P. Moinat et P. Chambon (dir.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental, Actes du colloque de Lausanne, 12-13 Mai 2006* : 195-200. Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la Société préhistorique française XLIII et Cahiers d'archéologie romande 110).

Nouel (abbé), A. (†) 1971. *Répertoire illustré des nouvelles découvertes préhistoriques de 1969 à 1970, pour les départements du Loiret, du Loir-et-Cher, de l'Eure-et-Loir (partie Sud), de la Seine-et-Marne (Sud) et de l'Essonne (Sud). Contribution à l'étude de la géographie préhistorique.* Gien, Impr. Jeanne d'Arc.

Poissonnier, B., Dubillot, X., Forré, P., Marchand, S. et Pont-Tricoire, C. avec la collaboration de Blanchard, N. 2006. *Beaufort-en-Vallée « Le Boulerot », Maine-et-Loire. Rapport final d'opération de fouilles préventives.* Rennes, Inrap Grand Ouest.

Richard, G. 1991. Note sur une pendeloque néolithique en fibrolite verte de Bretagne et sur deux haches polies de l'ancienne collection Soudan. *Bulletin de la Société d'Émulation de Montargis* 84(3) : 56-58.

Roscian, S., Claustre, F. et Dietrich, J.E. 1992. Les parures du Midi méditerranéen du Néolithique ancien à l'Age du Bronze : origine et circulation des matières premières. *Gallia préhistoire* 34 : 209-257.

Salanova, L. 2003. Les sépultures mégalithiques et le phénomène campaniforme. In *Muita gente, poucas antas ? Origens, espaços e contextos do megalitismo, Actas do II coloquio internacional sobre megalitismo, Reguengos de Monsaraz, 2000* : 385-393. Lisboa, Instituto Português de Arqueologia.

Simonin, D., Bach, S., Richard, G. et Vintrou, J. 1997. Les sépultures sous dalle de type Malesherbes et la nécropole d'Orville. In C. Constantin, D. Mordant et D. Simonin (dir.), *La Culture de Cerny. Nouvelle économie, nouvelle société au Néolithique. Actes du colloque international de Nemours, 9-11 Mai 1994* : 341-379. Nemours, Association pour la promotion de la recherche archéologique en Ile-de-France (Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile-de-France 6).

Thirault, E. avec la coll. de Moinat, P., Santallier, D. et Véra, R. 2007. Des haches pour les morts ? Place et signification dans le funéraire Chamblandes au sein du Néolithique ouest-européen. In P. Moinat et P. Chambon (dir.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental. Actes du colloque de Lausanne, 12-13 Mai 2006* : 241-254. Paris, Société préhistorique française (Mémoires de la Société préhistorique française XLIII et Cahiers d'archéologie romande 110).

Verron, G. 1973. Haute et Basse Normandie. *Gallia préhistoire* 16(2) : 361-399.

verron, G. 1975. Haute et Basse Normandie. *Gallia préhistoire* 18(2) : 471-510.

Villalba, M.J., Edo, M. et Blasco, A. 2001. La callaïs en Europe du sud-ouest. État de la question. In C.-T. Le Roux (dir.), *Du monde des chasseurs à celui des métallurgistes. Changements technologiques et bouleversements humains de l'Armorique aux marges européennes, des prémices de la néolithisation à l'entrée dans l'Histoire. Hommage scientifique à la mémoire de Jean L'Helgouac'h et mélanges offerts à Jacques Briard* : 267-276. Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'ouest de la France (Revue archéologique de l'Ouest suppl. 9).

Patterns of variscite acquisition and circulation in Neolithic and Chalcolithic Portugal

António Faustino Carvalho

Abstract. A brief presentation on the history of research on variscite use in Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal is the framework within which the available evidence is discussed. Research has focused on the distinction between the various "green stones", the search for geological sources, distribution patterns across time and space, provenance and circulation. Little is known regarding the Early and Middle Neolithic periods, when variscite of unknown origin is found mostly in dolmens in the northern provinces. It is likely that it was acquired directly (if locally available) or through neighbour-to-neighbour networks (if imported). The acknowledged long-distance transportation of Iberian variscite to Brittany in such early dates finds little support in the Portuguese evidence, and further research is required. During the Late Neolithic and Chalcolithic periods, the number of sites and finds increased dramatically, especially in the Tagus Estuary region. Artefacts so far analysed have been found to be importations from Pico Centeno / Ensinasola (Huelva) and mainly Palazuelo de las Cuevas (Zamora), in Spain. Strontium analyses of human remains, coupled with studies of the provenance that permits the proposal of long terrestrial routes covered by "itinerant traders", on a preliminary basis for the Late Neolithic period onwards – and consequently explain why "down-the-line" theoretical models in such cultural contexts have proven to be inadequate.
Keywords: Chalcolithic; circulation; mobility; Neolithic; Portugal; variscite.

Résumé. Une brève présentation de l'histoire des recherches concernant l'utilisation de la variscite au Néolithique et au Chalcolithique au Portugal permet d'identifier les éléments de réflexion actuels. L'accent est mis sur la distinction entre les différentes « pierres vertes », la recherche de leurs sources géologiques et les modèles de distribution des objets au cours du temps. Les informations sont rares pour le Néolithique ancien et moyen, alors qu'une variscite d'origine inconnue se trouve dans les dolmens des provinces du nord ; il est possible qu'elle ait été acquise directement (si les sources locales étaient accessibles) ou par l'intermédiaire de réseaux de proche en proche. Le transport à longue distance de la variscite ibérique vers la Bretagne à ces dates anciennes trouve peu d'éléments de démonstration au Portugal, mais cela nécessite de plus amples recherches. À la fin du Néolithique et au Chalcolithique, le nombre de sites augmente considérablement, en particulier autour de l'estuaire du Tage. Les objets analysés jusqu'ici montrent des importations en provenance de Pico Centeno / Ensinasola (Huelva) et surtout de Palazuelo de las Cuevas (Zamora), en Espagne. Les analyses du strontium des ossements humains, couplées aux études de provenance des objets, nous permettent d'identifier des routes terrestres de grande ampleur. Par hypothèse, elles seraient parcourues au Néolithique final par des colporteurs, ce qui expliquerait pourquoi le modèle théorique « down-the-line » semble inadéquat.
Mots-clés : Chalcolithique ; circulation ; mobilité ; Néolithique ; Portugal ; variscite.

Introduction

Variscite has been identified in the Neolithic and Chalcolithic periods of Portugal since the mid-19th century. It has been classified under the broad designation of "green stones", or calaíte, the Portuguese derivate of the original term by Pliny the Elder. Specific mineralogical classifications were made only on a systematic basis in the last quarter of the 20th century, thus allowing the identification of variscite among the other "green minerals" and the evaluation of its relative proportion amongst them. However, research topics, such as exploitation and production techniques, formal typologies, provenance analyses,

use and symbolism have only been examined very recently – as in the case of circulation models – or are still to be introduced in the Portuguese research.

This chapter comprises of a preliminary overview on the patterns of acquisition and circulation of variscite in the Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal (see table I for sub-phases and main characteristics). Thus it implies the inventory of the available datasets and their evaluation prior to the modelling of meaningful trends. A brief history of the research will also be presented in order to identify research biases and tendencies and to understand how current work is still framed by long-standing research questionnaires. However, the evidence at our disposal on this matter is very fragmentary and depictions of the past are far from being clearly established:

• An early beginning of cave and megalithic research in the country, going back to the mid-19th century, and the decreasing quality of field records during most of the following century, resulted in an impressive corpus of artefactual evidence, but this was devoid of the original stratigraphic contexts. Trends through time are thus severely conditioned by still fragile chronostratigraphic frames of reference.

• Chemical characterization of variscite from archaeological sites aiming at the identification of provenance sources has only been undertaken in the last half decade. As a consequence, much work is still to be done and the circulation networks of raw materials are only now being outlined for the Late Neolithic and Chalcolithic periods. For the previous Early and Middle Neolithic periods, similar studies are almost completely lacking.

• The former limitation is also true regarding the determination of human mobility through isotopic analyses. Research projects focused on strontium and oxygen isotopes from human remains have only been put in practice and published in the present decade, though it should be noted that the few systematic projects whose results are already available are revealing scenarios hitherto confined to the domain of theoretical expectations. At this point of research, however, the results obtained are still markedly restricted to local or micro-regional scales; broader, inter-regional perspectives are only tentatively proposed.

Period	**Chronology (cal BC)**	**Main characteristics**
Early Neolithic	5500-≈4500	First pottery productions, the oldest with Cardial decoration. Introduction of domesticated animals and (probably) domesticated plants. Neolithisation reaches all regions of the country around 5100 cal BC. Epicardial variscite from Caldeirão Cave presently under re-evaluation.
Middle Neolithic	≈4500-3300	First megalithic constructions, dated to the beginning of the 4th millennium. Limited knowledge of subsistence strategies given the scarcity of residential sites. Variscite adornments recorded in the earliest megaliths of the Beira Alta and Trás-os-Montes provinces from the 4th millennium BC onwards.
Late Neolithic	3300-2900	Apogee of megalithic building. Ditched enclosures (fully sedentary settlements and/or aggregation sites?) make their appearance. Unclear patterns of variscite acquisition (similar to the following period?)

Pre-Bell Beaker Chalcolithic	2900-≈2400	Ditched and walled enclosures. Copper and gold metallurgies. Evidence for hierarchically-structured societies (exotic goods, craft specialists, etc.). Highly diversified material culture, namely ideotechnic. Variscite items abundantly recorded throughout the country, with a remarkable concentration in the lower Tagus region, acquired in the context of long-distance connections (by "itinerant traders"?).
Bell Beaker Chalcolithic	≈2400-2000	Generalized abandonment of ditched and walled enclosures; replacement by smaller, open campsites. Bell-beaker ceramics occur along with exotic goods and metallurgy. Variscite use and acquisition similar to the previous period?

Tabl. I : Sub-periods and absolute chronology of Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal.

1. Variscite in Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal

1.1 A brief history of main research topics

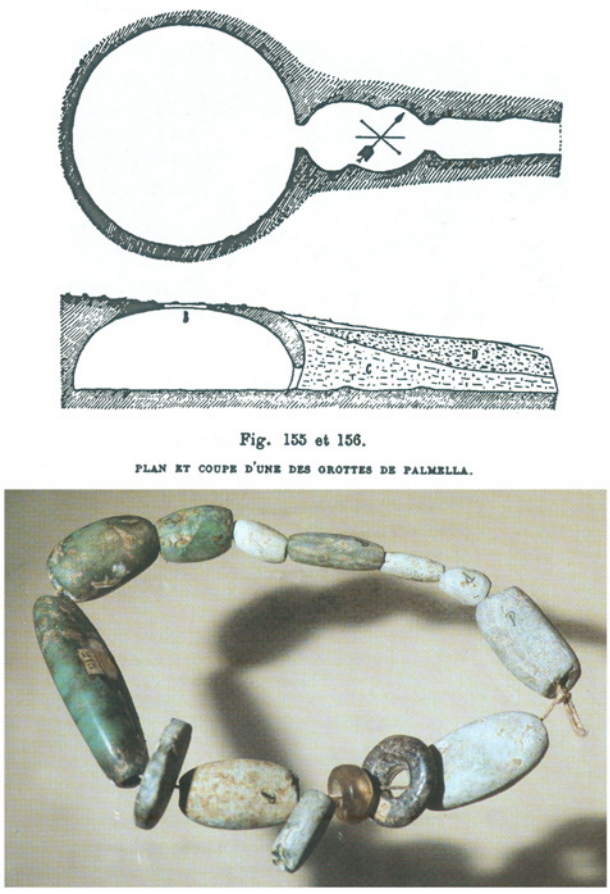


Fig. 155 et 156.

PLAN ET COUPE D'UNE DES GROTTES DE PALMELLA.

Fig. 1: The Quinta do Anjo (Palmela) hypogea, after É. Cartailhac (1886).
Top: plan and profile of hypogeum 2. Bottom: reconstituted necklace including variscite beads (cl. E. Gameiro; courtesy J. Soares).

Despite his erroneous classification and proposal of ribeirite as a "*nouvelle variété de la calaïte*" – named after Carlos Ribeiro, one of the founders of the Geological Commission of Portugal in 1857 –, it was A. Bensaúde who carried out the first petrographic and chemical tests on archaeological specimens from Portuguese sites housed at the Geological Museum in Lisbon. His conclusion was that "*le minéral en question, tout en se rapprochant de la calaïte, n'est pas identique ni avec les calaïtes dans lesquelles on n'a jamais découvert l'oxyde de chrome comme matière colorante, ni avec la callaïs comme l'a cru M. Cazalis de Fondouce*". Bensaúde's work also includes a list of the archaeological sites in Portugal where this mineral had been found up to that time – of which the four Quinta do Anjo hypogea, at Palmela, stood out as the most notable (fig. 1) – and discusses its origin. He points out a possibility : "*Je m'abstiendrai de faire des hypothèses arbitraires sur la provenance de cette substance, me limitant simplement à dire que nous ne connaissons du Portugal ni des pays voisins, soit de la calaïte soit d'autres substances rapprochées, et qu'il me semble probable que la ribeirite ait été introduite dans le pays par le commerce*" (1884, p. 695). But it was to be É. Cartailhac, in his remarkable synthesis on the Prehistory of Spain and Portugal, who would establish, a couple of years later, a comprehensive set of topics on variscite research that became the state of the art for decades – thus, deserving

to be quoted at length – mainly due to the very few studies that would take place in the country during most of the following century.

Cartailhac (1886) starts by noticing the resemblance between "*une substance*" with which some of the Palmela beads (fig. 1, bottom) were made and the one that is "*assez abondante dans les sépultures néolithiques du Morbihan où elle fut d'abord signalée*" (p. 129): variscite. After describing the four districts where these finds were known in Western Europe – Vannes, Ossun, Arles and Lisbon – he successively considers several issues regarding its use in Prehistoric times.
One of the questions was its geographic distribution and possible origins. Cartailhac acknowledged an important chromatic variability – therefore, mineralogical – that, by extending to turquoise, may suggest different geological sources, probably located in Asia. As he puts it, "*les fouilles exécutées en Europe, quelque nombreuses qu'elles soient, ne permettraient d'établir qu'avec la plus grande réserve des théories basées sur cette répartition ; toutes ces perles en* callaïs *ont-elles la même origine ? [...] Mais entre la* callaïs *bien caractérisée du Manné er roeck et les perles vertes ou bleues des autres gisements préhistoriques du Morbihan, du midi de la France et du Portugal, il y a une foule de transitions. Plusieurs échantillons ne se distinguent pas de la turquoise [...]. On ne connaissait naguère la* callaïs *en place dans aucune partie de l'Europe. Pline la signalait au-delà des Indes [...] ; cette provenance se rapporterait assez bien à celle de la turquoise orientale, dont on connaît actuellement des gites dans quelques parties de la Perse. [...] Faut-il persister à admettre des gisements locaux encore inconnus, perdus sous la mer envahissante, ou peut-être enfin épuisés* ? » (p. 131-132). The author then recognizes two main centres of consumption in Atlantic Europe: the Gulf of Morbihan and the Tagus Estuary, in the lower sector of Portuguese Estremadura. "*Les mobiliers funéraires dans lesquels on a découvert la soi-disant* callaïs *ont de singuliers rapports ; jusqu'ici, en France ou en Portugal, ils constituent des îlots industriels distincts de tout ce que les entoure, au moins pour certains caractères*" (p. 133). Finally, Cartailhac presents a series of considerations that seem to preclude the more recent developments on the subject, first rejecting the "oriental hypothesis" – that will nonetheless gain numerous supporters in the following decades (e.g. Ferreira, 1951; see below) – and then linking the beginning of the diffusion of variscite along the western seaboard of Europe with the early stages of the Neolithic: "*Faut-il décidément songer à l'Orient ? [...] Ces sépultures à* callaïs*, que nous sommes enclins à placer à la fin de l'âge de la pierre polie, ne seraient-elles pas plus anciennes ? et comme il est établi que la civilisation néolithique fut importée par des hommes nouveaux, qui sait si les premiers immigrants n'avaient pas avec eux ces précieuses parures faites avec une roche de leur patrie lointaine ? Il nous est impossible de conclure, nous constatons des faits ; un jour sans doute on saura les expliquer*" (p. 133-134).

Indeed, most of the 20th century will be marked by diffusionist – or, to be more exact, "orientalist" – perspectives on the origins of the megalithic phenomenon and, along with it, of exotic goods such as variscite. For example, Ferreira (1951), after acknowledging, on one hand, that variscite sources were not known (at the time) in the Iberian Peninsula and, on the other, that variscite adornments are present "at sites on the Atlantic littoral in great abundance" but lacking in the inner regions, he refers to possible sources in the Eastern Mediterranean and Persia. In his own words, "if it does not exist in the three countries where it is found today as prehistoric jewellery, if its abundance is fixed on the Mediterranean coast of France and Spain and on the Atlantic coast of Portugal, why should we not admit that it came from where it is found, that is, the other side of the Mediterranean?"; therefore, "the people from the Atlantic coast or from the mouths of important rivers would benefit, certainly more, from the desired mineral" (Ferreira, 1951, p.91-92; Portuguese original).
When the Leisner couple started their investigations in Iberia, in the early 1930s, they also subscribed such views to a certain extent. However, their excavations at the dolmens of Farisoa 2 and Comenda 1 (Reguengos de Monsaraz) resulted in the discovery of *tholoi* (vaulted-chambered round tombs of presumed oriental influence) that had been built inside (i.e. post-dating) the mounds that covered the

pre-existing dolmens. This observation definitively supported their perspectives on in situ developments for Iberian megalithism. However, regarding variscite, its origin – if local or imported from the East – remained an open question. This was probably due to their generalized scarcity in Southern Portugal. At Reguengos, for example, they stated that "callaïs beads are very rare in the municipality, only two, of medium sizes, having been found at the Dolmen 2 of Comenda [...], besides a small, flat object with a central perforation, at the Dolmen 1 of Passo" (Leisner, Leisner, 1951, p. 148; Portuguese original). A turning point would be reached later, at the excavation of Carapito I (Aguiar da Beira), a dolmen located in the Beira Alta province. Indeed, nine beads attributed to variscite after visual inspection were found scattered around a hearth in the bottom layer of the funerary chamber, from where a sample of charcoal was radiocarbon dated to *ca*. 3700-3500 cal BC (GrN-5110: 4850 ± 40 BP). As Leisner and Ribeiro (1968, p. 56; German original) stated, "by C^{14} determinations, which precisely dated the find spot of the *callaïs* beads, a fixed point is now given for the first time". This early date, since it is older than the supposed chronology of similar finds along the Portuguese coast, would allow them to reject Ferreira's orientalist perspective and realize that "the importation of the finished beads is not likely".

In the field of mineralogical classification, major developments would take place in the 1970-80s. Systematic X-ray diffraction tests carried out on "green stones" adornments from several sites, by Canelhas (1973) and Gonçalves (1979; Gonçalves, Reis, 1982), succeeded in identifying variscite as the most common mineral (among muscovite, talc, chlorite and mica). Indeed, the latter author would contribute significantly for the mineralogical classifications of adornments exhumed from several megalithic monuments in North Portugal during the following decade (see discussion below). Furthermore, this research also permitted the comprehensive mapping of variscite finds and consequently the perception that they normally occur across the country, from North to South, despite a concentration in the area around the Tagus Estuary. The question of sourcing is discussed by both authors, who concur in rejecting possible trade relations with the East, and claim as strong possibilities still-to-be-found variscite outcrops in Ordovician-Silurian formations in the Trás-os-Montes province or in the Palazuelo de las Cuevas outcrops, in Zamora (Spain), then recently published (Arribas *et al*., 1971).

By the end of the 20th century, variscite and turquoise sources in Portugal were pointed to in the northern provinces. Gonçalves (1979, p. 216; Portuguese original) claims "that in the pegmatites of Beira Alta – more specifically at Mangualde – strengite was found". As this mineral is an isomorph of variscite, nothing prevents us thinking that future studies may identify at this place of the country the aluminous term of the series, that is, the hydrated aluminium phosphate – $AlPO_4$, $2H_2O$, or variscite. A systematic geological survey in Trás-os-Montes was able to identify a number of possible turquoise and variscite sources, but most probably at Ervedosa, since "the others are too thin, powdered, vacuolated or fractured" (Meireles *et al*., 1987, p. 26). In the north-western province of Minho, Ferreira *et al*. (1999) identified variscite and turquoise sources, of "poor gemmological quality" and in "low frequencies" near Ponte de Lima.

1.2 Current inventory: a first general appraisal

Although research is still in progress, table II lists most of the Neolithic and Chalcolithic sites in Portugal where variscite adornments have been found. Broad, unspecific classifications as "green stones" were not inventoried; only explicitly-claimed macroscopic examinations – thus, subjected to future confirmation – along with analytical ones – X-ray diffraction, particle-induced X-ray emission, etc. – were included and will be used in the considerations below.

Site (municipality)		Site type	Period (2)	Types of adornments			Classification		Refs.
				beads	pendants	other	analy-tical	macro-scopic	
1	Buraco da Pala (Mirandela)	rock-shelter	LN/C	40	0	0	40	0	[1]
2	Outeiro de Gregos 2 (Baião)	dolmen	MN	1	0	0	1	0	[2]
3	Guilhabreu (Vila do Conde)	dolmen	?	2	0	0	2	0	[2], [3]
4	Venda da Serra 1 (Arouca)	dolmen	?	0	1	1	2	0	[2]
5	Areita (São João da Pesqueira)	dolmen	MN	13	0	0	13 ([3])	0	[4]
6	Sangrino (Penedono)	dolmen	MN	1	0	0	1 ([3])	0	[5]
7	Carapito 1 (Aguiar da Beira)	dolmen	MN	9	0	0	0	9	[6]
8	Orca de Rio Torto (Gouveia)	dolmen	LN/C	1	0	0	0	1	[7], [8]
9	Ameal VI (Carregal do Sal)	settlement	LN	0	0	2	0	2	[9]
10	Outeiro do Rato (Nelas)	dolmen	LN/C	1	0	0	1	0	[2], [3]
11	Orca da Fonte do Alcaide (Nelas)	dolmen	?	1	0	0	0	1	[7], [8]
12	Orca do Pinhal dos Amiais (Nelas)	dolmen	LN	142	0	0	2	140	[10]
13	Orca dos Padrões (Mangualde)	dolmen	LN	1	0	0	1 ([3])	0	[11]
14	Malmatar do Vale de Fachas (Viseu)	dolmen	?	1	0	0	1 ([3])	0	[12]
15	Seixo da Beira (Oliveira do Hospital)	dolmen	MN	5	0	0	0	5	[8]
16	Anta Grande de Medelim (Idanha-a-Nova)	dolmen	C	1	0	0	0	1	[8]
17	Cabeço dos Moinhos (Figueira da Foz)	dolmen	?	7	0	0	7	0	[2], [3]
18	Alto da Feteira 1 (Pombal)	dolmen	?	([4])	-	-	-	([4])	[8]
19	Caldeirão (Tomar)	cave	EN?	3	0	0	3	0	[13]
20	Furninha (Peniche)	cave	?	1	0	0	1	0	[14]
21	Pragança (Cadaval)	walled enclosure	C	1	0	0	1	0	[14]

22	Vila Nova de São Pedro (Azambuja)	walled enclosure	C	75	0	0	75	0	[15]
23	Barro (Torres Vedras)	*tholos*	C	18/1	0	0	1	18	[14]/ [16]
24	Quinta das Lapas (Torres Vedras)	hypogeum	LN/C	1	0	0	1	0	[14]
25	Serra da Vila / Borracheira (Torres Vedras)	*tholos*?	C	41/37	0	0	0	41/37	[16]/ [17]
26	Cabeço da Arruda 1, 2 and 3 (Torres Vedras)	*tholoi* and hypogea	LN/C	>2	0	0	0	>2	[16]
27	Serra das Mutelas (Torres Vedras)	*tholos*	C	17	0	0	0	17	[16]
28	Zambujal (Torres Vedras)	walled enclosure	C	52	0	0	0	52	[18]
29	Cova da Moura (Torres Vedras)	cave	LN/C	3	3	0	0	6	[17]
30	Pai Mogo (Lourinhã)	*tholos*	C	104	0	0	0	104	[17]
31	Convento do Carmo (Torres Novas)	hypogeum	C	5	0	0	5	0	[19]
32	Casainhos (Loures)	dolmen	C	1	1	0	0	2	[20]
33	Tituaria (Mafra)	*tholos*	C	5	0	1	0	6	[21]
34	Moita da Ladra (Vila Franca de Xira)	walled enclosure	C	3	0	0	3	0	[22]
35	Casal do Penedo (Vila Franca de Xira)	dolmen	C	3	0	0	0	3	[16]
36	Carenque (Amadora)	hypogea	C	1	0	0	1	0	[14]
37	Trigache (Odivelas)	dolmen	LN	2	0	0	2	13	[14]
38	Samarra (Sintra)	*tholos*	C	>2/1	0	0	1	>2	[14]/ [16]
39	Penha Verde (Sintra)	walled enclosure	C	2/28	0	0	2/28	0	[14]/ [22]
40	Praia das Maçãs (Sintra)	*tholos*	C	3/1	0	0	1	3	[14]/ [20]
41	Agualva (Sintra)	*tholos*	C	13/1	0	0	1	13	[14]/ [16]
42	Monte Abraão (Sintra)	dolmen	C	39/1	0	0	1	39	[14]/ [16]
43	São Martinho (Sintra)	*tholos*	C	1	0	0	1	0	[14]
44	Bela Vista (Sintra)	*tholos*	C	3	0	0	0	3	[16]

45	Poço Velho (Cascais)	cave	LN/C	([4])	-	-	-	([4])	[16]
46	Alapraia IV (Cascais)	hypogeum	C	([4])	-	-	-	([4])	[23]
47	São Pedro do Estoril (Cascais)	hypogea	C	8	0	0	0	8	[24]
48	Leceia (Oeiras)	walled enclosure	C	([4])/36	1	0	37	0	[23]/ [25]
49	São Paulo (Almada)	hypogeum	C	2	0	0	2	0	[2]
50	Quinta do Anjo / Casal do Pardo (Palmela)	hypogea	C	1/>12	0	0	1	>12	[14]/ [24]
51	Rotura (Setúbal)	walled enclosure	C	1	0	0	1	0	[14]
52	Pombais (Marvão)	dolmen	LN/C	3	0	0	0	3	[26]
53	Bola de Cera (Marvão)	dolmen	LN/C	1	0	0	0	1	[26]
54	Tapadão 1 (Crato)	dolmen	LN/C	1	0	0	1	0	[2], [3]
55	Ordem 1 (Avis)	dolmen	LN/C	1	0	0	1	0	[14]
56	Herdade da Capela (Avis)	dolmen	LN/C	>3	0	0	0	>3	[27]
57	Avis 9 (Avis)	dolmen	?	1	0	0	1	0	[14]
58	Herdade da Alcarapinha (Elvas)	dolmen	?	([4])	0	0	0	([4])	[27]
59	Comenda da Igreja (Montemor-o-Novo)	dolmen	LN/C	([4])	-	-	-	([4])	[28]
60	Velada (Montemor-o-Novo)	dolmen	LN/C	3	0	0	0	3	[28]
61	Anta Grande do Zambujeiro (Évora)	dolmen	LN/C	277	0	0	277	0	[29]
62	São Pedro (Redondo)	walled enclosure	C	2	0	0	2	0	[28]
63	Perdigões 1 and 2 (Reguengos de Monsaraz)	*tholoi*	C	20	0	0	20	0	[29]
64	Comenda 2 (Reguengos de Monsaraz)	dolmen	LN/C	2	0	0	0	2	[30]
65	Passo 1 (Reguengos de Monsaraz)	dolmen	LN/C	0	0	1	0	1	[30]
66	Sobreira de Cima 5 (Vidigueira)	hypogeum	LN	3	0	0	0	3	[31]
67	São Brás (Serpa)	walled enclosure	C	1	0	0	1	0	[2]

68	Porto Torrão (Ferreira do Alentejo)	ditched enclosure	LN/C	2	0	0	2	0	[32]
69	Alcalar (Portimão)	*tholos*	C	1	0	0	1	0	[14]
70	Palmeira 2 and 3 (Monchique)	cists	MN	3	0	0	0	3	[33]
71	Buço Preto 1 (Monchique)	cist	MN	1	0	0	0	1	[33]

(1) Only variscite items classified after laboratorial tests or explicitly-stated macroscopic examination; generic classifications as "green stones" or "green minerals" not included. On the left column: site numbers as shown in maps of Figures 2 to 4.

(2) Chronological and cultural attributions based on the cited literature. EN = Early Neolithic; MN = Middle Neolithic; LN = Late Neolithic; C = Chalcolithic.

(3) Classified after X-ray results, unpublished (P.S. Carvalho, pers. com.).

(4) Total number of variscite adornments not reported.

References: [1] Sanches, 1997; [2] Gonçalves et Reis, 1982; [3] Gonçalves, 1979; [4] Gomes *et al*., 1998; [5] Carvalho, 2005; [6] Leisner and Ribeiro, 1968; [7] Moita, 1966; [8] Leisner, 1998; [9] Senna-Martinez, 1995/96; [10] Pinheiro, 2012; [11] Gomes and Carvalho, 1995a; [12] Gomes and Carvalho, 1995b; [13] Real, 1992; [14] Canelhas, 1973; [15] Odriozola *et al*., 2013a; [16] Leisner, 1965; [17] Kleinmann, 1981; [18] Thomas, 2011; [19] Gonçalves *et al*., in press; [20] Leisner *et al*., 1969; [21] Cardoso *et al*., 1996; [22] Odriozola *et al*., 2013b; [23] Paço, 1955; [24] Leisner *et al*., 1964; [25] Querré *et al*., 2014; [26] Oliveira, 2011; [27] Leisner and Leisner, 1959; [28] Odriozola *et al*., 2012; [29] Odriozola *et al*., 2010; [30] Leisner and Leisner, 1951; [31] Valera, 2013; [32] Valera and Filipe, 2004; [33] Formosinho *et al*., 1953.

Tabl. II: Variscite finds for Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal (inventory in progress)

Several other limitations also affect this dataset. Many sites were excavated in the early or mid-20th century with inadequate methodologies, preventing a reliable attribution of the finds to a specific moment of the site's use. Because sediments were not usually sieved, small-sized items – such as variscite beads – are clearly under-represented. Moreover, inventories from excavations do not always make the distinction between beads, pendants or other types of artefacts, while proper, detailed typologies were not essayed.

With the above reservations in mind, some trends however stand out from the data compiled in table II that can hardly be attributed to research bias:

• Dolmens clearly dominate the inventory, totalizing almost half (45%) of the sites (32 out of 71). These are followed by *tholoi* and walled enclosures, with 17% (12 out of 71) and 13% (9 out of 71), respectively. Other site types – settlements, caves / rock-shelters, cists, hypogea or architectonically-mixed funerary monuments (e.g. *tholoi* + hypogea) – represent much lower percentages.

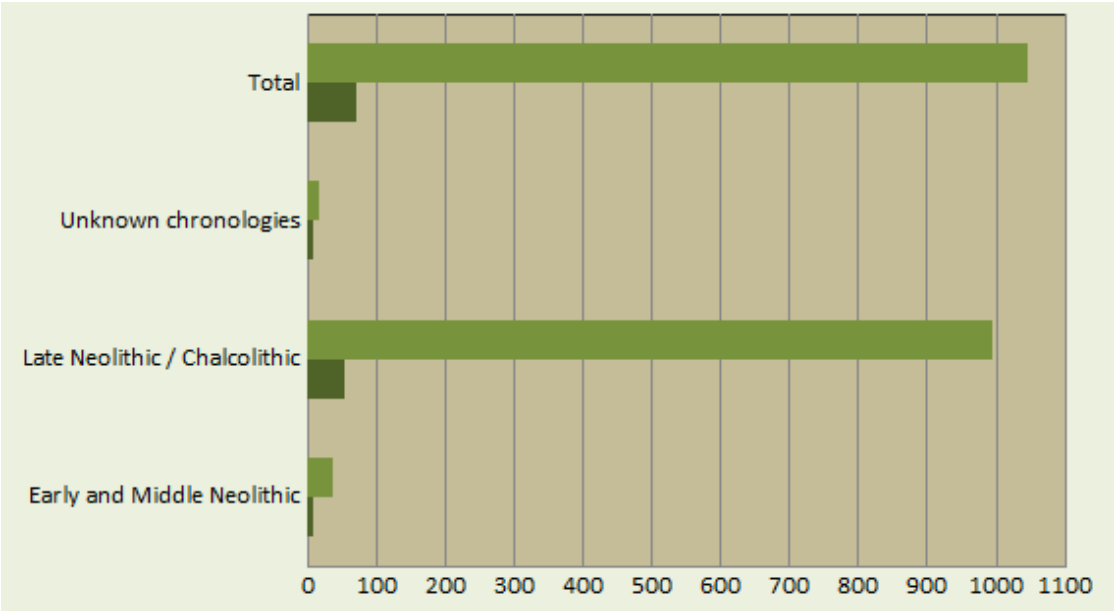
• Regarding chronological assignments, only one context is attributed to the Early Neolithic, the Caldeirão Cave, where three variscite beads and one of muscovite were recovered from the Epicardial horizon (Real, 1992)[1], whereas seven sites (10%) securely dated to the Middle Neolithic period - dolmens and

1 At this site, a set of variscite beads was found at the interface between the surficial layer ABC-D, a thick, bioturbated deposit reflecting funerary use of the site between the Late Neolithic and the Middle Ages, and underlying layer Ea, which contained artefacts and human remains dated by radiocarbon to between 4700 and 3700 cal BC (Zilhão, 1992, p. 23-77). Based on spatial distribution considerations and by external reference to other archaeological contexts, the items from layer ABC-D that bore similarity with, or were identical to the finds made in layer Ea, were included in one of the two archaeological horizons, NA1 (Epicardial) and NM (Middle Neolithic) defined on the basis of such material. The Caldeirão variscite beads were thus assigned to the NA1 horizon, but the excavator's ongoing re-analysis of the later prehistoric collections from this site suggests that they should be linked instead to its Middle or Late Neolithic occupations (J. Zilhão, pers. com.).

cists - are inventoried. Overall, Chalcolithic sites predominate, with 31 cases (44%), followed by 18 sites (25%) with Late Neolithic and/or Chalcolithic occupations. There are 10 sites (13%) that could not be attributed to any specific period. In order to make these figures workable, chronologically-attributed sites are assembled into two series hereafter [tabl. III]: an "Early and Middle Neolithic" group encompassing eight sites (fig. 2A) and a "Late Neolithic / Chalcolithic" group with 54 sites (fig. 2B and 3).

• The number of variscite adornments per site denotes striking contrasts, from one single item (mostly from poorly excavated sites) to 52 and 75 items at the Chalcolithic walled enclosures of Zambujal (Kleinmann, 1981) and Vila Nova de São Pedro (Odriozola *et al*., 2013a), respectively, 104 from the Pai Mogo *tholos* (Thomas, 2011), or the outstanding number of 277 beads from Anta Grande do Zambujeiro (Odriozola *et al*., 2012), not to mention more than 3000 adornments the same authors say that have been found in the Perdigões *tholoi* alone!

• Beads predominate overwhelmingly: 1037 versus 11 pendants and other types, thus representing 99% of all recorded adornments; this is, in any case, a minimum number since total figures are not provided for some of the sites listed in table II. It should also be noted that two of the pendants – from Casainhos (Leisner *et al*., 1969) and Leceia (Querré *et al*., 2014) – and one El *Garcel idol* from Tituaria (Cardoso *et al*., 1996), are well dated to the Chalcolithic period and therefore suggestive of possible increasing variability in typologies at the onset of this period, although the low number of cases prevents firm conclusions.



Tabl. III: Sites and variscite adornments: trends through time.

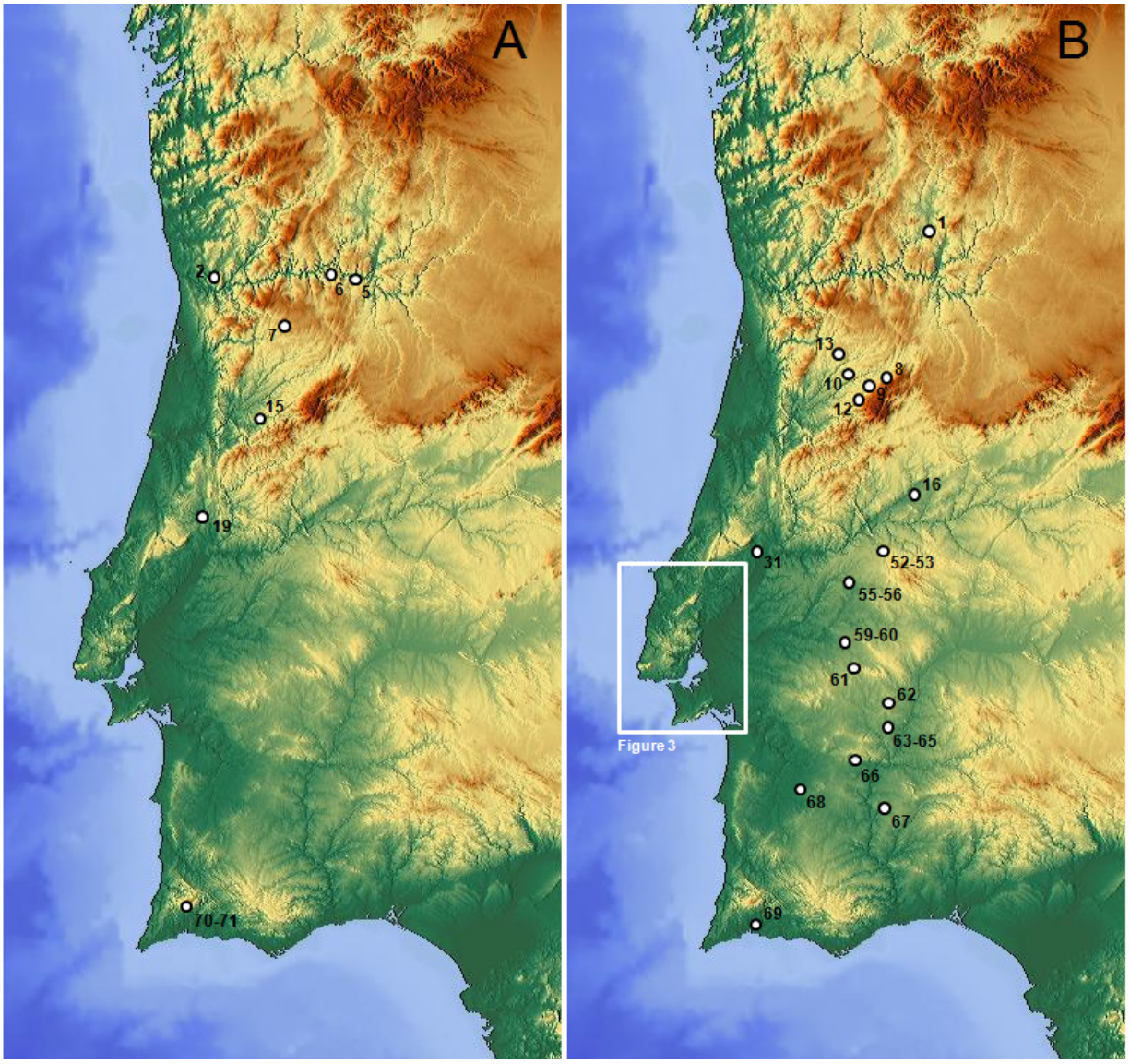


Fig. 2: Portuguese sites with variscite adornments (numbering according to Tabl. II).
Early and Middle Neolithic sites (map A): 2. Outeiro de Gregos 2; 5. Areita; 6. Sangrino; 7. Carapito 1; 15. Seixo da Beira; 19. Caldeirão; 64. Palmeira 2 and 3; 65. Buço Preto 1. Late Neolithic and Chalcolithic sites (map B): 1. Buraco da Pala; 8. Orca de Rio Torto; 9. Ameal VI; 10. Outeiro do Rato; 12. Orca do Pinhal dos Amiais; 13. Orca dos Padrões; 16. Anta Grande de Medelim; 52. Pombais; 53. Bola de Cera; 54. Tapadão 1; 55. Anta da Ordem 1; 56. Herdade da Capela; 59. Comenda da Igreja; 60. Velada; 61. Anta Grande do Zambujeiro; 62. São Pedro; 63. Perdigões 1 and 2; 64. Comenda 2; 65. Passo 1; 66. Sobreira de Cima 5; 67. São Brás; 68. Porto Torrão; 69. Alcalar.

2. Trends through time

Two main conclusions can be drawn from the above global appraisal of variscite items from Portuguese Neolithic and Chalcolithic sites:
1) After being tentatively proposed by Leisner and Ribeiro (1968), the definitive abandonment of the "orientalist" hypothesis is due to Gonçalves (1979, p. 219; Portuguese original, my emphasis), according to whom "the mineralogical species constituents of the green-colour adornment objects may have, in relation to the place where they were found, either a close or far origin, 'although peninsular'". This claim

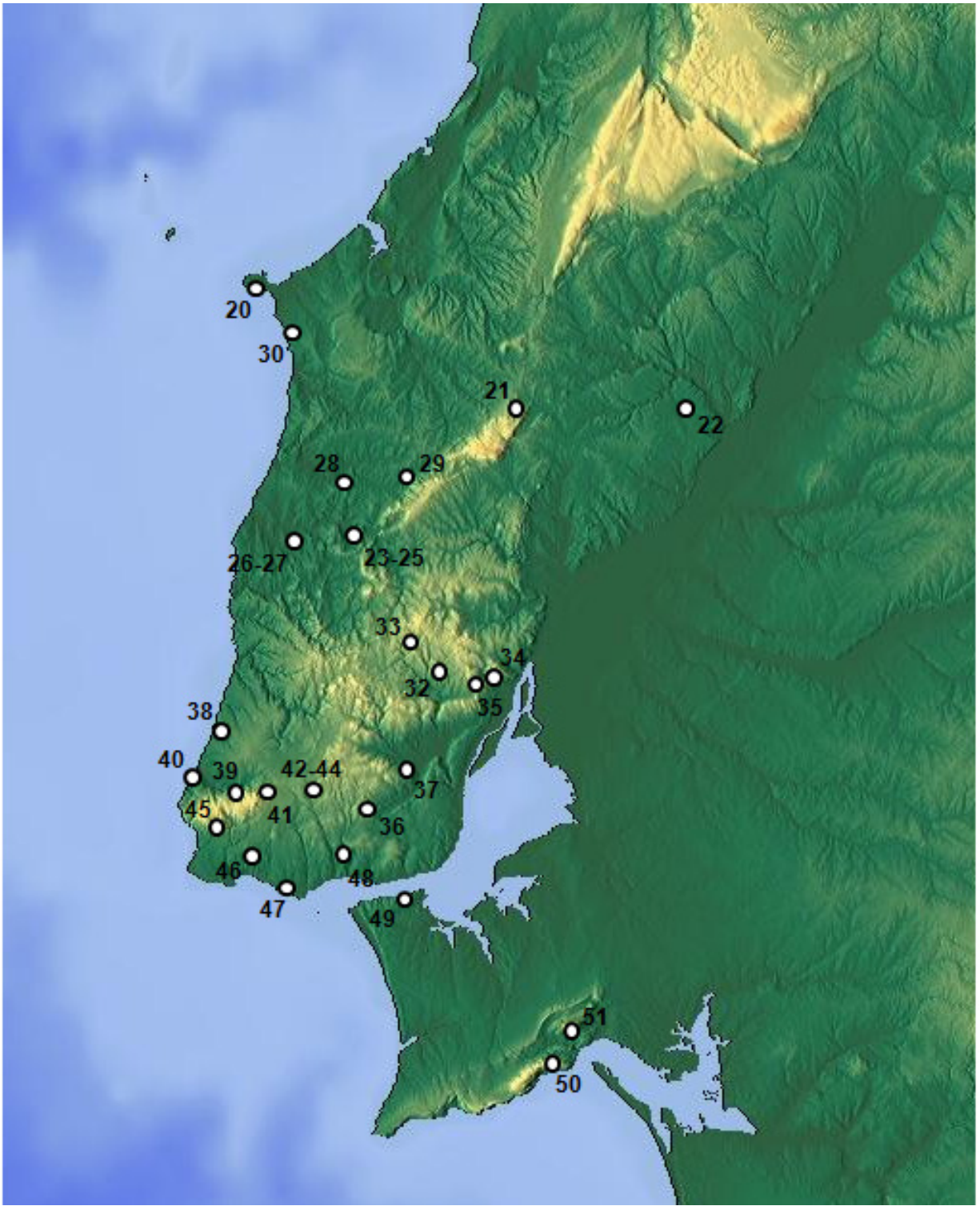


Fig. 3: Late Neolithic and Chalcolithic sites from the Tagus estuary area (numbering according to Tabl. II). Sites: 20. Furninha; 21. Pragança; 22. Vila Nova de São Pedro; 23. Barro; 24. Quinta das Lapas; 25. Serra da Vila/Borracheira; 26. Cabeço da Arruda 1, 2 and 3; 27. Serra das Mutelas; 28. Zambujal; 29. Cova da Moura; 30. Pai Mogo; 31. Convento do Carmo; 32. Casainhos; 33. Tituaria; 34. Moita da Ladra; 35. Casal do Penedo; 36. Carenque; 37. Trigache; 38. Samarra; 39. Penha Verde; 40. Praia das Maçãs; 41. Agualva; 42. Monte Abraão; 43. São Martinho; 44. Bela Vista; 45. Poço Velho; 46. Alapraia; 47. São Pedro do Estoril; 48. Leceia; 49. São Paulo; 50. Quinta do Anjo / Casal do Pardo; 51. Rotura.

was supported in Western Iberia by the discovery of the outcrops of Palazuelo de las Cuevas (Zamora) first and Pico Centeno / Ensinasola (Huelva) later.
2) Whereas variscite was soon recognized as geographically distributed from North to South (*e.g.* Ferreira, 1951), its temporal distribution shows an abrupt increase in the number of sites and artefacts at the onset of the Late Neolithic period, i.e. around 3300 cal BC, meaning that a critical turning point took place at this moment in time or slightly later in the 3rd millennium BC.

2.1 The Early and Middle Neolithic period

With the exception of the questionable Epicardial (first half of the 5th millennium BC) beads from Caldeirão Cave (see conclusions), the earliest recorded variscite adornments in Portugal are restricted to the megalithic monuments of the Beira Alta and Trás-os-Montes provinces. These have been attributed to the beginning of the 4th millennium BC [tabl. II] (fig. 2) on the basis of undisturbed single occupations (radiocarbon dated whenever possible) at dolmens such as Outeiro de Gregos 2 (Baião), Areita (São João da Pesqueira) or Sangrino (Penedono), to mention only those where the presence of variscite items was confirmed by X-ray diffraction analysis (see, respectively, Canelhas, 1973; Jorge, 1981; Gomes *et al*., 1998; Carvalho, 2005). The acknowledged existence of other dolmens in the region with macroscopically-classified variscite adornments – such as at Carapito I (Aguiar da Beira) (Leisner, Ribeiro, 1968) – indicates that many more await adequate analysis. Overall, these sites seem to attest a relatively uniform distribution, a pattern requiring future confirmation but that suggests the Douro Valley was the point of entry and route for the distribution of variscite from its closest known source – Palazuelo de las Cuevas – by the time when the first local megalithic monuments started to be built. The megalithic cists of the Monchique Mountain, in the Algarve (fig. 1), where variscite beads were found, still lack chemical confirmation and absolute chronologies.

Under the hypothetical scenario outlined above, the hydrographical system of the Beira Alta plateaux, draining to the West and to the South-West through the Vouga and the Mondego river valleys, respectively, may have constituted the routes through which this mineral, hypothetically from Palazuelo de las Cuevas, disseminated during the 4th millennium BC across the northern half of the country (fig. 2). It should be noted, however, that the exploitation of local gemmological sources cannot be ruled out in the present state of the research. Only after systematic chemical characterization of variscite from local dolmens, along with rigorous sourcing determinations, can this possibility be fully evaluated and further developed in its broader consequences. A first analysis of two variscite beads from the Late Neolithic dolmen of Orca do Pinhal dos Amiais (Nelas) indicated the Zamoran sources as their likely origin (Pinheiro, 2012), which seems to corroborate the above hypothesis.

2.2 The Late Neolithic / Chalcolithic periods

The following group of sites embrace the whole of the country (fig. 2), with sites distributed from North to South. The exception to this otherwise normal distribution is the impressive number of sites clustered around the Tagus Estuary (fig. 3). In fact, 59% (or 32 out of 54) of the sites dated to this time period are located in this subregion, which makes it the most remarkable variscite consumption (and redistribution?) centre in Atlantic Iberia, perhaps from *ca*. 3300 cal BC onwards but surely during the 3rd millennium BC. Its geology, characterized in general by limestone massifs surrounded by sandstone and marls, along with basalt of the Lisbon Volcanic Complex and granite of the Sintra Mountain, excludes any possibility of local exploitation and production of variscite artefacts. Massive importation is thus the only viable explanation for the observable concentration of finds in the area. Clearly, in the 3rd millennium BC this region played a role in many ways – economic, social, ideological – similar to the one recognized at Morbihan, in southern Brittany, where, however, the introduction of Iberian variscite, according to Querré *et al*. (*e.g.* 2012, 2015),

started initially with imports from Pico Centeno / Ensinasola as early as the mid-5th millennium BC.
Provenance studies have been published for seven Late Neolithic and/or Chalcolithic sites [tabl. IV][2]. These sites are all located in the southern regions, more precisely in the lower Estremadura and central Alentejo, and together provide very interesting observations (fig. 4):

• A first trend to emphasize is that most of the sites imported variscite from Palazuelo de las Cuevas [tabl. IV], which is the most distant source, about 400 km to the north-east of the Tagus Estuary. Indeed, variscite from these outcrops is present in six of the seven sites and provided 93% of the total number of inventoried adornments from known sources (321 out of 344)! Variscite from Pico Centeno / Ensinasola, although present at Vila Nova de São Pedro (Azambuja), is more abundant in the Alentejo sites – Anta Grande do Zambujeiro (Évora) and the two tholoi associated with the Perdigões ditched enclosure (Reguengos de Monsaraz) –, a fact that can hardly be considered a surprise given the much shorter distances involved (from 50 to 100 km). The Alentejo panorama, however, is far from providing a clear pattern, since São Pedro (Redondo), only 25 km north of Perdigões, was exclusively supplied by Palazuelo de las Cuevas...

• Another trend is that most sites revealed variscite from a single source only, with two exceptions [tabl. IV]: the walled settlement of Vila Nova de São Pedro and the dolmen of Anta Grande do Zambujeiro (fig. 4). Both sites were excavated on different occasions, by different archaeologists, but have seldom been published in detail. We specifically lack the stratigraphic contexts from where the variscite was exhumed. In both cases, we cannot exclude the possibility that the adornments – that were analysed as a single assemblage with no reference known to specific stratigraphic proveniences – belonged to different moments in the site's occupation, when different types of variscite may have been brought through different routes or exchange networks and, therefore, from different sources too. Unfortunately, both sites seem to be depleted of archaeological deposits with potential for further excavations to be carried out with stratigraphic control to resolve this open question. Only the excavation of other sites, using more precise methodologies, will be able to address this issue in the future.

• Finally, the absence of knowledge regarding the southernmost and, in particular, the central and northern parts of the country prevents a clear understanding of how variscite from Palazuelo de las Cuevas reached the lower Tagus area in Chalcolithic times with no known intermediate players. This aspect of the research will be resumed in the conclusions.

2 Unpublished analytical results on the variscite adornments from several Portuguese sites not included in this list (Odriozola *et al*., 2016a, fig. 6; Pinheiro, 2012) may provide a clearer picture on this issue if comparisons are made with the Pico Centeno / Ensinasola and Palazuelo de las Cuevas sources.



Fig. 4: Provenance of variscite adornments from Late Neolithic and Chalcolithic sites of Southern Portugal (red dots: from Palazuelo de las Cuevas; black dots: from Pico Centeno / Ensinasola; red and black dots: from both sources): 22. Vila Nova de São Pedro; 34. Moita da Ladra; 39. Penha Verde; 48. Leceia; 61. Anta Grande do Zambujeiro; 62. São Pedro; 63. Perdigões.

	Site and municipality	Site type	Period (1)	Beads	Pendants	Variscite source and number of pieces	Refs.
22	Vila Nova de São Pedro (Azambuja)	walled enclosure	C	75	0	Palazuelo and Pico Centeno (2)	[1]
34	Moita da Ladra (Vila Franca de Xira)	walled enclosure	C	3	0	Palazuelo (n=3)	[2]
39	Penha Verde (Sintra)	walled enclosure	C	2/28	0	Palazuelo (n=28)	[2]
48	Leceia (Oeiras)	walled enclosure	C	(3)/36	1	Palazuelo (n=36)	[2]/[3]
61	Anta Grande do Zambujeiro (Évora)	dolmen	LN/C	277	0	Palazuelo (n=252), Pico Centeno (n=3), unknown (n=22)	[4]
62	São Pedro (Redondo)	walled enclosure	C	2	0	Palazuelo (n=2)	[4]
63	Perdigões 1 and 2 (Reguengos de Monsaraz)	*tholoi*	C	20	0	Pico Centeno (n=20)	[5]

(1) Chronological and cultural attributions based on the cited literature. LN = Late Neolithic; C = Chalcolithic.

(2) Source variation not reported.

(3) Total number of variscite adornments not reported.

References: [1] Odriozola *et al*., 2013a; [2] Odriozola *et al.,* 2013b; [3] Querré *et al*., 2014; [4] Odriozola *et al*., 2012; [5] Odriozola *et al*., 2010.

Tabl. IV: Variscite proveniences for Neolithic and Chalcolithic periods in Portugal (inventory in progress).

3. Patterns of variscite circulation and human mobility: conclusions and open questions

A "down-the-line" model (*sensu* Renfrew, 1977) seems to fit the presence of variscite items – either classified macroscopically or analytically – in the Middle Neolithic dolmens of the central-northern regions of Portugal (Beira Alta, Trás-os-Montes), if the exploitation of Palazuelo de las Cuevas and the concomitant distribution of its end-products is hypothesised in the 4th millennium BC (see above). In this scenario, the spread of variscite in the northern half of the country would take place preferably in a neighbour-to-neighbour exchange network, or through direct access to the geological sources if these happen to occur within the economic territories of the Neolithic communities (as would be the case if the smaller sources known in Silurian formations were also exploited). Indeed, the theoretical assumptions of the model – whose applicability to this archaeological record needs further investigation – implies "symmetrical, homogeneous, reciprocal exchange networks", to use Renfrew's (1977, p. 88) own terms. Accordingly, these early megalith builders may have constituted societies whose organization would tend globally to egalitarianism. That is, in this case, societies within which traits of inequality are present – and can be traced, among other material manifestations, by the presence of exotic goods such as variscite –but this does not seem to yet conform a deeply marked, stable structuring social feature.

Such characterization of Middle Neolithic societies in Portugal – with a segmentary type of organization, relatively itinerant within large territories, obtaining their resources directly or through exchange when particular raw materials (*e.g.* flint, amphibolite, fibrolite) cannot be sourced in their economic territories, and lacking permanent forms of status differentiation – has been recently confirmed after the comprehensive study of the population buried at the Bom Santo Cave (Carvalho *et al.*, 2016), in Estremadura. The model obtained from this case study may be extrapolated, at least in its more general aspects, to the first megalith builders of northern Portugal. Here, however, the consideration of variscite as an indicator of wealth, and therefore its role in the socio-political development of the local Middle Neolithic societies, depends directly on whether it is imported from elsewhere – adopting therefore the status of "*signes de richesse*", as Cassen and Vaquer (2015) put it in the case of the Iberian variscite found at Morbihan – or locally available. In the latter eventuality, smaller local sources may have been secondary distribution centres, resulting in second-scale peaks of abundance, and therefore diminishing the "ideotechnic" role played by variscite adornments.

Conversely, the scarcity or total absence of variscite in the southern regions (Estremadura, Alentejo, Algarve) during the earliest megalithism would be testimony, in a first approach, of a period pre-dating the mines at Pico Centeno / Ensinasola. However, according to the work of Querré *et al.* (2012, 2014, 2015), this was a period during which variscite from this source was exported to Southern Brittany, in Western France. This hypothesis is supported by the analysis of variscite beads recovered in Carnacean megalithic monuments attributed to the time period of 4300-4000 cal BC thus implying the functioning of maritime routes between South-West Iberia and Southern Brittany. This conclusion is further reinforced by the recent publication of two Alpine jade axes from Aroche (Huelva) and from the *Colección Tubino* (Seville), along with one Danish flint axe from La Somà (Huelva) (respectively, Domínguez-Bella *et al*., 2015; Odriozola *et al*., 2016b; Morgado *et al*., 2014). These finds strengthen the role played by the south-western Iberian river valleys in the diffusion and circulation of particular geological items along the Atlantic coastline of continental Europe during the 5th millennium BC and onwards. If the above hydrographical network had this importance at the time – see also the considerations by Cassen *et al*. (2015) on the similarities in the megalithic art of the mentioned Atlantic regions – the conspicuous absence of variscite in the earliest phases of the Neolithic period in Southern Portugal remains to be adequately explained.

On the other hand, the impressive abundance of variscite from Palazuelo de las Cuevas in the Chalcolithic period of the Tagus Estuary cannot be easily understood in the context of a "down-the-line" model. As Querré *et al*. (2014, p. 154) rightly point out, "[t]he jewels from Leceia probably come from these deposits located about 400 km to the north and surprisingly not from Ensinasola, distant only 200 km to the east". When interpreting the asymmetrical distribution of Pico Centeno / Ensinasola variscite between Perdigões or Alberite (where it is abundant) and the coeval dolmens of the eastern Andevalo region of Andalusia or La Pijotilla (where it is scarce or absent), Odriozola *et al*. (2010, p. 3157) claim that "it seems that exchange patterns are thus much more complex than a simple down-the-line model and perhaps related to the political landscape and differential exchange systems" and go a little further by citing the find of slate plaques and "symbolic pottery" typical of the southern Chalcolithic period at sites in the western part of the Spanish Meseta in order to suggest the existence of preferential connections between the Zamora and Lisbon areas in the 3rd millennium BC. It is true that ceramic studies of layer 2 at Leceia – from where the analysed variscite adornments were exhumed (Odriozola *et al*., 2013b; Querré *et al*., 2014) – revealed potsherds decorated with incised wavy lines suggesting to the author of the excavations, in this particular aspect, "clear northerly affinities of these pottery productions, characteristic of the Chalcolithic period of North Portugal" (Cardoso, 2006, p. 37; Portuguese original). However, it is widely accepted that the various "Chalcolithic cultures" identified in Portugal – under implicit cultural-historic perspectives – are far from possessing hermetic, insurmountable frontiers.

There are abundant references in the literature on interaction processes across those frontier zones, and it is impossible to evaluate objectively these processes in terms of "preferential connections".

Systematic analyses of strontium and oxygen isotopes from human remains carried out by Waterman *et al*. (2014) for several Late Neolithic and Chalcolithic sites in the Torres Vedras municipality of southern Estremadura – precisely where most of the variscite adornments are concentrated [tabl. II] (fig. 3); see also Thomas (2011) for a discussion on the variscite finds – allowed the conclusion that the "migrant"population represented a small percentage: only five out of 55 individuals were classed as non-local, that is to say 9% of the sample. More interestingly, two of the "migrants" showed strontium ratios that can match the older geological formations of Alentejo. A similar study on the burials from one of the Perdigões *tholoi* (Boaventura *et al*., 2010), in the inner Alentejo area, reinforced this possibility and led to the suggestion that "people, in addition to goods, were also migrating from the Portuguese interior to the coastal Estremadura" (Waterman *et al*., 2014, p. 125), in this case in totality *ca*. 200 km journey and crossing the frontier zone between the Estremadura and the Alentejo "Chalcolithics". These results, however, contrast totally with those from the Middle Neolithic Bom Santo Cave project cited above. Here, similar isotopic studies showed that only three individuals out of 14 (21%) are "locals"; the remaining 11 (79%) display isotopic patterns pointing to the frequentation, at least during childhood, of regions geologically older than the Montejunto Mountain where the cave is located. The interpretative model that was preliminarly built upon these results (Carvalho *et al*., 2016) proposes the frequentation of a large area, *ca*. 100 kilometres long, encompassing the territory between the Tagus Estuary and the Mora plain, in central Alentejo. As claimed above, human groups – or segments of a broader community, if the proposed political organization is considered – would inhabit this vast territory and would acquire raw materials by direct access to their sources or through exchange networks, in the case of adjacent or more remote sources.

Such a contrast between the two isotopic studies, if confirmed by future projects in the region, may be the result of changes that took place at some time within the last quarter of the 4th millennium BC and which gave rise to a twofold phenomenon in the passage from the Neolithic period to the following period: a drastic reduction in the size of itinerant human groups (from segments to individuals), and a significant increase in the distances being travelled. This demographic and mobility phenomenon may be the factor behind the apparent non-patterned circulation of variscite observed in the Chalcolithic of Estremadura and Alentejo (fig. 4). "Itinerant traders" specializing in the exchange (and manufacture?) of exotic goods – including the variscite adornments – are the best candidates for those "abnormal" strontium results detected by Waterman *et al*. (2014). Research may, in the near future provide insights on who these enigmatic "itinerant traders" were and delineate what their travel routes were, if provenance of variscite and strontium isotope analyses from human remains are coupled in coherent research projects.

The best image for a first description of these individuals is perhaps the one provided by Fiedel and Anthony (2003, p. 162), who describe the famous Iceman in the following terms: "The Iceman dates from about 3,200 cal BC (late Neolithic in Western Europe). He may have been a shepherd taking his flock to mountain pastures, or an itinerant trader. He was probably a craftsman, too; arsenic in his hair suggests that he smelted copper, and he carried a copper axe. [...] We see the Iceman as a nearly timeless, archetypical frontiersman".

Aknowledgments

I would like to thank Gregor Marchand for the French translation of the Abstract, Pedro Sobral de Carvalho for the information on the X-ray diffraction analyses performed on the variscite beads from megalithic monuments in northern Portugal during the 1990s, Joaquina Soares for the permission to reproduce the

photo of the variscite necklace from Quinta do Anjo in Figure 1, and João Zilhão for information on the ongoing re-analysis of the later prehistoric collections from Caldeirão Cave. Acknowledgments are also due to Pierre Pétrequin for his encouraging comments and carefull revision of an earlier version of this contribution.

References

Arribas, A., Galán, E., Martín-Pozas, J.M., Nicolau, J. y Salvador, P. 1971. Estudio mineralogico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). *Studia Geologica* 2 : 115-132.

Bensaúde, A. 1884. Note sur la nature minéralogique de quelques instruments de pierre trouvés en Portugal. In *Congrès International d'Anthropologie et d'Archéologie Préhistoriques. Compte Rendus de la Neuvième Session* : 682-697. Lisbonne, Académie Royale des Science.

Boaventura, R., Hillier, M. and Grimes, V. 2010. Moving around ? Testing mobility with strontium isotopes ($^{87}Sr/^{86}Sr$) in the Late Neolithic of south-central Portugal. Poster presented to the *8° Encontro de Arqueologia do Algarve: a Arqueologia e as outras Ciências.* Silves, Câmara Municipal de Silves.

Canelhas, M.G.S. 1973. Estudo radiográfico de "calaítes" portuguesas. *Revista de Guimarães* 83 : 125-144.

Cardoso, J.L. 2006. As cerâmicas decoradas pré-campaniformes do povoado pré-histórico de Leceia: suas características e distribuição. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 14 : 9-276.

Cardoso, J.L., Leitão, M., Ferreira, O.V., North, C.T., Norton, J., Medeiros, J. and Sousa, P.F. 1996. O monumento pré-histórico da Tituaria, Moinhos da Casela (Mafra). *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 6 : 135-194.

Cartailhac, É. 1886. *Les âges préhistoriques de l'Espagne et du Portugal.* Paris, Ch. Reinwald Librairie.

Carvalho, A.F., Alves-Cardoso, F., Gonçalves, D., Granja, R., Cardoso, J.L., Dean, R.M., Gibaja, J.F., Masucci, M.A., Arroyo-Pardo, E., Fernández, E., Petchey, F., Price, T.D., Mateus, J.E., Queiroz, P.F., Callapez, P.M., Pimenta, C. and Regala, F.T. 2016. The Bom Santo Cave (Lisbon, Portugal) : catchment, diet and patterns of mobility of a Middle Neolithic population. *European Journal of Archaeology* 19(2) : 187-214.

Carvalho, P.M.S. 2005. *A necrópole megalítica da Senhora do Monte (Penedono, Viseu). Um espaço sagrado pré-histórico na Beira Alta*. Viseu, Centro de Estudos Pré-Históricos da Beira Alta.

Cassen, S., Lescop, L., Grimaud, V., Alvim, P. et Jersey, P. 2015. Sites de passage (3). La représentation de l'arc au cours du Ve millénaire d'après les stèles de Bretagne, des îles anglo-normandes et de l'Alentejo. In L. Rocha, P. Bueno and G. Branco (eds), *Death as archaeology of transition : thoughts and materials* : 95-125. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Reports International Series 2708).

Cassen, S. et Vaquer, J. 2015. La variscite ibérique. In A. Chancerel, J. Vaquer, J.J. Cleyet-Merle (eds), *Signes de richesse. Inégalités au Néolithique* : 64-69. Les Eyzies-de-Tayac, Musée National de Préhistoire.

Domínguez-Bella, S., Cassen, S., Pétrequin, P., Přichystal, A., Martínez, J., Ramos, J. and Medina, N. 2015. Aroche (Huelva, Andalucía) : a new Neolithic axehead of Alpine jade in the southwest of the Iberian Peninsula. *Archaeological and Anthropological Science* 8(1) : 205-222.

Ferreira, M.D., Silva, V., Lima, M.F. and Gomes, C.L. 1999. Anatomia de algumas ocorrências de gemas e seu enquadramento em protocolos de ordenamento territorial. Contributo para uma reflexão sobre o estatuto dos depósitos gemíferos portugueses. *Cadernos do Laboratório Xeológico de Laxe* 24 : 31-44.

Ferreira, O.V. 1951. Os artefactos pré-históricos de calaíte e sua distribuição em Portugal. *Arqueologia e História* 5 : 85-93.

Fiedel, S.J. and Anthony, D.W. 2003. Deerslayers, pathfinders, and icemen. Origins of the European Neolithic as seen from the frontier. In J. Steele and M. Rockman (eds), *Colonization of unfamiliar landscapes: the archaeology of adaptation* : 144-168. London, Routledge.

Formosinho, J., Ferreira, O.V. and Viana, A. 1953. *Estudos arqueológicos nas Caldas de Monchique.* Porto, Centro de Estudos de Etnologia Peninsular.

Gomes, L.F.C. and Carvalho, P.M.S. 1995a. A Orca dos Padrões (Mangualde, Viseu). *Estudos Pré-Históricos* 3 : 39-79.

Gomes, L.F.C. and Carvalho, P.M.S. 1995b. Anta de Mamaltar de Vale de Fachas (Rio de Loba, Viseu). *Estudos Pré-Históricos* 3 : 229-241.

Gomes, L.F.C., Carvalho, P.M.S., Francisco, J.P.A., Perpétuo, J.A. and Marrafa, L.C. 1998. O dólmen de Areita (S. João da Pesqueira, Viseu). *Estudos Pré-Históricos* 6 : 33-94.

Gonçalves, A.P., Alves, L.C. and Soares, A.M. in press. As contas discoides em pedra: caracterização química e mineralógica.In A.F. Carvalho (ed.), *Hipogeu campaniforme do Convento do Carmo.* Torres Novas, Câmara Municipal de Torres Novas.

Gonçalves, A.A.H.B. 1979. Elementos de adorno de cor verde provenientes de estações arqueológicas portuguesas. Importância do seu estudo mineralógico. I Mesa-Redonda sobre o Neolítico e o Calcolítico em Portugal. *Grupo de Estudos Arqueológicos do Porto* : 209-225.

Gonçalves, A.A.H.B. and Reis, M.L. 1982. Estudo mineralógico de elementos de adorno de cor verde proveniente de estações arqueológicas portuguesas. *Trabalhos do Instituto de Antropologia Dr. Mendes Correia* 40 : 153-166.

Jorge, V.O. 1981. Importância do núcleo megalítico de Outeiro de Gregos, Serra da Aboboreira, Baião. *Arqueologia* 3 : 29-35.

Kleinmann, B. 1981. Röntgen-Untersuchung von Perlen aus Zambujal. In E. Sangmeister and H. Schubart (dir.), *Zambujal. Die Grabungen 1964-1973* : 347-354. Mainz, Zabern.

Leisner, G. and Leisner, V. 1951. *Antas do concelho de Reguengos de Monsaraz. Materiais para o estudo da cultura megalítica em Portugal.* Lisbon, Instituto para a Alta Cultura.

Leisner ,G. and Leisner, V. 1959. *Die megalithgräber der Iberischen Halbinsel. Der Westen.* Berlin, Walter de Gruyter.

Leisner, V. 1965. *Die megalithgräber der Iberischen Halbinsel. Der Westen.* Berlin, Walter de Gruyter.

Leisner, V. 1998. *Die megalithgräber der Iberischen Halbinsel. Der Westen.* Berlin, Walter de Gruyter.

Leisner, V., Paço, A. and Ribeiro, L. 1964. *Grutas artificiais de São Pedro do Estoril.* Lisbon, Fundação Calouste Gulbenkian.

Leisner, V. and Ribeiro, L. 1968. Die dolmen von Carapito. *Madrider Mitteilungen* 9 : 11- 62.

Leisner, V., Zbyszewski, G. et Ferreira, O.V. 1969. *Les monuments préhistoriques de Praia das Maçãs et de Casainhos.* Lisbon, Serviços Geológicos de Portugal.

Meireles, C., Ferreira, N. and Reis, M.L. 1987. Variscite occurrence in Silurian formations from Northern Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 73(1-2) : 21-27.

Moita, I.N. 1966. Características predominantes do grupo dolménico da Beira Alta. *Ethnos* 5 : 189-297.

Morgado, A., Lozano, J.A., Pelegrin, J., Vera, J.C., Rodríguez, R., Delgado, S. y Linares-Catela, J.A. 2014. ¿Qué hace un hacha como tú en un sitio como éste? Un hacha pulimentada de sílex del norte de Europa en la ría de Huelva (España). In E. García (ed.)*, Movilidad, contacto y cambio, II Congreso de Prehistoria de Andalucía, Junta de Andalucía* : 491-497. Seville, Junta de Andalucía.

Odriozola, C.P., Linares-Catela, J.A. and Hurtado, V. 2010. Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37 : 3146-3157.

Odriozola, C.P., Mataloto, R., Moreno-García, J., Villalobos-García, R. y Martínez-Blandes, J.M. 2012. Producción y circulación de rocas verdes y sus productos en el SW peninsular: el caso de Anta Grande de Zambujeiro. In M.I. Dias and J.L. Cardoso (eds), *IX Congresso Ibérico de Arqueometria. Câmara Municipal de Oeiras* : 125-142. Oeiras, C.E.A.

Odriozola, C.P., Sousa, A.C., Boaventura, R. and Villalobos-García, R. 2013a. Componentes de adornos de pedra verde de Vila Nova de São Pedro (Azambuja): estudo de proveniências e redes de troca no 3.º milénio a.n.e. no actual território português. In J.M. Arnaud, C. Neves and A. Martins (eds), *Arqueologia em Portugal: 150 anos* : 457-462. Lisbon, Associação dos Arqueólogos Portugueses.

Odriozola, C.P., Villalobos, R., Boaventura, R., Sousa, A.C., Martínez-Blanes, J.M. and Cardoso, J.L. 2013b. Las producciones de adorno personal en rocas verdes del SW peninsular: los casos de Leceia, Moita da Ladra y Penha Verde. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 20 : 605-622.

Odriozola, C.P., Villalobos, R., Burbidge, C.I., Boaventura, R., Sousa, A.C., Rodríguez-Ariza, O., Parrilla-Giraldez, R., Prudêncio, M.I. and Dias, M.I. 2016a. Distribution and chronological framework for Iberian variscite mining and consumption at Pico Centeno, Encinasola, Spain. *Quaternary Research* 85 : 159-176.

Odriozola, C.P., Vargas, J.M., Martínez-Blanes, J.M. y García Sanjuan, L. 2016b. El hacha pulimentada de jade de la Colección Tubino (Museo Municipal, Valencina de la Concepción, Sevilla). *Spal* 25 : 211-227.

Oliveira, J. 2011. Trabalhos arqueológicos na Coudelaria de Alter. In A. Carneiro, L. Rocha, P. Morgad and, J. Oliveira (eds), *Arqueologia do Norte Alentejano* : 45-62. Fronteira, Colibri.

Paço, A. 1955. *Necrópole de Alapraia.* Lisbon, Academia Portuguesa de História.

Pinheiro, P.A.R. 2012. *O monumento da Orca do Pinhal dos Amiais (Nelas) no contexto do Megalitismo da Plataforma do Mondego.* Lisbon, Universidade de Lisboa (unpublished Master of Arts dissertation).

Querré, G., Domínguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique : exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand, G. Querré (eds), *Roches et sociétés de la Préhistoire* : 307-315. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. and Cassen, S. 2014. PIXE analyses over a long period : The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th-3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 318 : 149-156.

Querré, G., Cassen, S. et Calligaro, T. 2015. Témoin d'échanges au Néolithique le long de la façade atlantique: la parure en variscite des tombes de l'ouest de la France. In N. Naudinot, L. Meignen, D. Binder et G. Querré (eds), *Les systèmes de mobilité de la Préhistoire au Moyen Âge. XXXVe rencontres internationales d'Archéologie de d'Histoire d'Antibes* : 403-418. Antibes, Éditions Association pour la promotion et la diffusion des connaissances archéologiques.

Real, F. 1992. Estudo mineralógico de adornos de cor verde do Neolítico antigo da Gruta do Caldeirão. In J. Zilhão (ed.), *Gruta do Caldeirão. O Neolítico antigo* : 315-319. Lisbon, Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico.

Renfrew, C. 1977. Alternative models for exchange and spatial distribution. In T.K. Earle, J.E. Ericson (eds), *Exchange systems in Prehistory* : 71-90. New York, Academic Press.

Sanches, M.J. 1997. *O Abrigo do Buraco da Pala (Mirandela) no contexto da Pré-História recente de Trás-os-Montes e Alto Douro.* Porto, Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnologia.

Senna-Martinez, J.C. 1995/96. Pastores, recolectores e construtores de megálitos na Plataforma do Mondego no IV e III milénios AC: (1) O sítio de habitat do Ameal VI. *Trabalhos de Arqueologia da E.A.M.* 3-4 : 83-122.

Thomas, J.T. 2011. Fashioning identities, forging inequalities: Late Neolithic / Copper Age personal ornaments of the Portuguese Estremadura. *European Journal of Archaeology* 14(1-2) : 29-59.

Valera, A.C. 2013. Aspectos do ritual funerário na necrópole da Sobreira de Cima (Vidigueira, Beja). In A.C. Valera (eds), *Sobreira de Cima. Necrópole de hipogeus do Neolítico (Vidigueira, Beja)* : 47-62. Lisbon, Era-Arqueologia S.A.

Valera, A.C. and Filipe, I. 2004. O povoado do Porto Torrão (Ferreira do Alentejo). *Era-Arqueologia* 6 : 28-61.

Waterman, A.J., Peate, D.W., Silva, A.M. and Thomas, J.T. 2014. In search of homelands: using strontium isotopes to identify biological markers of mobility in late Prehistoric Portugal. *Journal of Archaeological Science* 42 : 119-127.

Zilhão, J. 1992. *Gruta do Caldeirão. O Neolítico antigo.* Lisbon, Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico.

Rings and axeheads of Alpine jades: imports to and exports from the Gulf of Morbihan during the 5th millennium and the beginning of the 4th millennium

Pierre Pétrequin, Anne-Marie Pétrequin, Mauro Cinquetti, Michel Errera, Ramón Fábregas Valcarce, Estelle Gauthier, Frédéric Jallet, Yvan Pailler, Frédéric Prodéo, Alison Sheridan

Abstract. During the 5th millennium BC, the gulf of Morbihan played a major role in the circulation of socially-valued goods, especially those made from Alpine jades (jadeitite, omphacitite, eclogite, some serpentinites and, more rarely, nephrite), in the form of disc-rings and polished axeheads. This contribution begins with a review of the findspot contexts of these exotic objects which had circulated over hundreds of kilometres before being deposited and consecrated. It then uses a cartographic approach to demonstrate the role played by the Morbihan area in the processes of attracting, transforming and (in some cases) rejecting these precious social signifiers. In following the circulation routes of Alpine axeheads and rings, taking into account their typology and chronology, one can identify connections between Morbihan and the western Iberian peninsula, where objects made from variscite were also involved in impressive long-distance exchanges, while the presence of 'Carnac-type' polished axeheads illustrates the diffusion of new forms of mythology that had originated in Morbihan. Finally, we shall consider jewellery made from Alpine paragonite (which visually resembles variscite) which appears not to have reached as far as Morbihan, even though beads and pendants made from Iberian variscite were accumulated and hoarded in that region, some of them travelling onwards towards the Alps, along the routes that had been taken by the Alpine axeheads.
Key-words: Alps, disc-ring, jade, Neolithic, paragonite, polished axehead

Résumé. Pendant le V^{e} millénaire, le golfe du Morbihan a joué un rôle primordial dans la circulation de biens socialement valorisés, en particulier des jades alpins (jadéitite, omphacitite, éclogites fines, certaines serpentinites ou plus rarement des néphrites) mis en forme d'anneaux ou de haches polies. Après un rappel des contextes de découverte, où la plupart de ces objets exotiques circulant sur des centaines de kilomètres ont été déposés et consacrés, une approche cartographique permettra de préciser le rôle du Morbihan dans les processus d'attraction, de transformation ou de rejet de ces signes sociaux précieux. En suivant les axes de circulation des lames polies et des anneaux alpins, selon les types et leur chronologie, des rapports seront soulignés entre Morbihan et ouest de la péninsule Ibérique, où la variscite a également soutenu d'impressionnants transferts à longue distance, tandis que les lames polies de type carnacéen illustraient la diffusion de nouvelles formes de mythologie nées en Morbihan. Enfin, on s'interrogera sur certaines parures en paragonite alpine (visuellement proche de la variscite) qui semblent ne pas avoir atteint le Morbihan, tandis que perles et pendeloques en variscite ibérique ont été accumulées et thésaurisées dans cette région, certaines d'entre elles reprenant en sens inverse les pistes d'arrivée des haches alpines.
Mots-clés : Alpes, anneau-disque, hache polie, jade, Néolithique, paragonite

Introduction

In western Europe during the 5th millennium BC, the gulf of Morbihan acted as a magnet for exotic, rare and precious objects that had circulated over considerable distances, of the order of 800–1000 km as the crow flies (fig. 1), namely:
– beads and pendants of variscite, of definite Iberian origin (fig. 1, n^{o} 4) (Errera, 2000; Cassen, Pétrequin



Fig. 1: Examples of long-distance imports to Morbihan. N^{os} 1–2 and 4–5, Locmariaquer/Mané er Hroëck; N^{o} 3, Brehan-Loudéac/Tymadeuc. The inventory numbers are those from the JADE general inventory of large axeheads. Cliché P. Pétrequin.

et al., 2011; Querré, Dominguez Bella *et al.*, 2012);
– polished axeheads of fibrolite (fig. 1, n^{o} 1) that is probably of Iberian origin, although this has not been definitively proven (Cassen, Pétrequin *et al*. 2011; Cassen, Boujot *et al.*, 2012; Fábregas Valcarce, De Lombera Hermida *et al.*, 2012);
– disc-rings of Alpine jades (jadeitite, omphacitite and nephrite) (fig. 1, n^{o} 3) (Herbault, Pailler, 2000; Pétrequin, Cassen *et al*., 2015a, 2015b), whose source is certainly the Mont Viso massif in the Italian Alps (Pétrequin, Pétrequin *et al*., 2012) and Valais (Pétrequin, Croutsch *et al*., 2012);
– and finally, polished axeheads of Alpine jades (jadeitite, omphacitite, fine eclogite and nephrite) (fig. 1, n^{os} 2 and 3), coming mostly from the massifs of Mont Viso and Mont Beigua but also, occasionally, from the Valais in the case of the jade-nephrite examples (Pétrequin, Cassen *et al*., 2012a; Pétrequin, Croutsch *et al*., 2012; Pétrequin, Pétrequin *et al*., 2012).

However, the accumulation of these exotic goods – which travelled across Neolithic cultural boundaries – was not simply a matter of down-the-line exchange along networks of economic contacts, ending in hoarding by individuals in Morbihan. In contrast, we are dealing with the manipulation of object-signs with a high social and religious value, which were deposited in hoards or under gigantic mounds. Moreover, the large polished jade axeheads frequently featured among the repertoire of mythological signs carved onto standing stones in and around Carnac (Cassen, 2012; Cassen, Boujot *et al.*, 2012; Pétrequin, Cassen *et al*., 2012).
The only way to account for this situation in Morbihan is by positing that society was markedly inegalitarian, with communication between people and supernatural powers being effected through special individuals ('divine kings'), and using material signs of considerable religious value, in order to ensure the ideological reproduction of the world: in other words, this was a theocratic society (Cassen, 2012; Pétrequin, Cassen *et al*., 2013). It is within this context of marked social inequality and shared religious beliefs that we shall try to make a comparative evaluation between the imports coming from the Alps and the imports from Iberia; in Morbihan, jades and variscite were integrated within the same social system, based on the religious and the sacred.
We shall begin by seeking to identify the Alpine imports, which comprised polished stone axeheads and also, above all, stone arm-rings, which are less well known. We shall then address the question of other items that had been left out of the equation, namely the arm-rings, beads and pendants made from Alpine paragonite which, though they are well represented in northern Italy, seem not to have reached Morbihan, even though the material bears a certain resemblance to variscite. We shall conclude by considering the various possible ways in which there had been a reciprocal movement from Morbihan back towards the Alps and Iberia, thus maintaining long-distance circulation over an arc extending a thousand kilometres around the epicentre at Carnac.

1. The importation of polished axeheads of Alpine jades

The chronology and the circulation of the large polished axeheads of Alpine jades are sufficiently well-known for it not to be necessary to present them again here in detail (Pétrequin, Cassen *et al*., 2012a et b). Let us focus solely on that which is germane to our hypothesis.

In the Italian Alps, the outcrops of jades are exclusively limited to the massifs of mont Viso and mont Beigua, where they were subjected to intensive exploitation from the last third of the 6
th millennium BC; indeed it is possible that the jades of mont Beigua – a massif that dominates the Ligurian

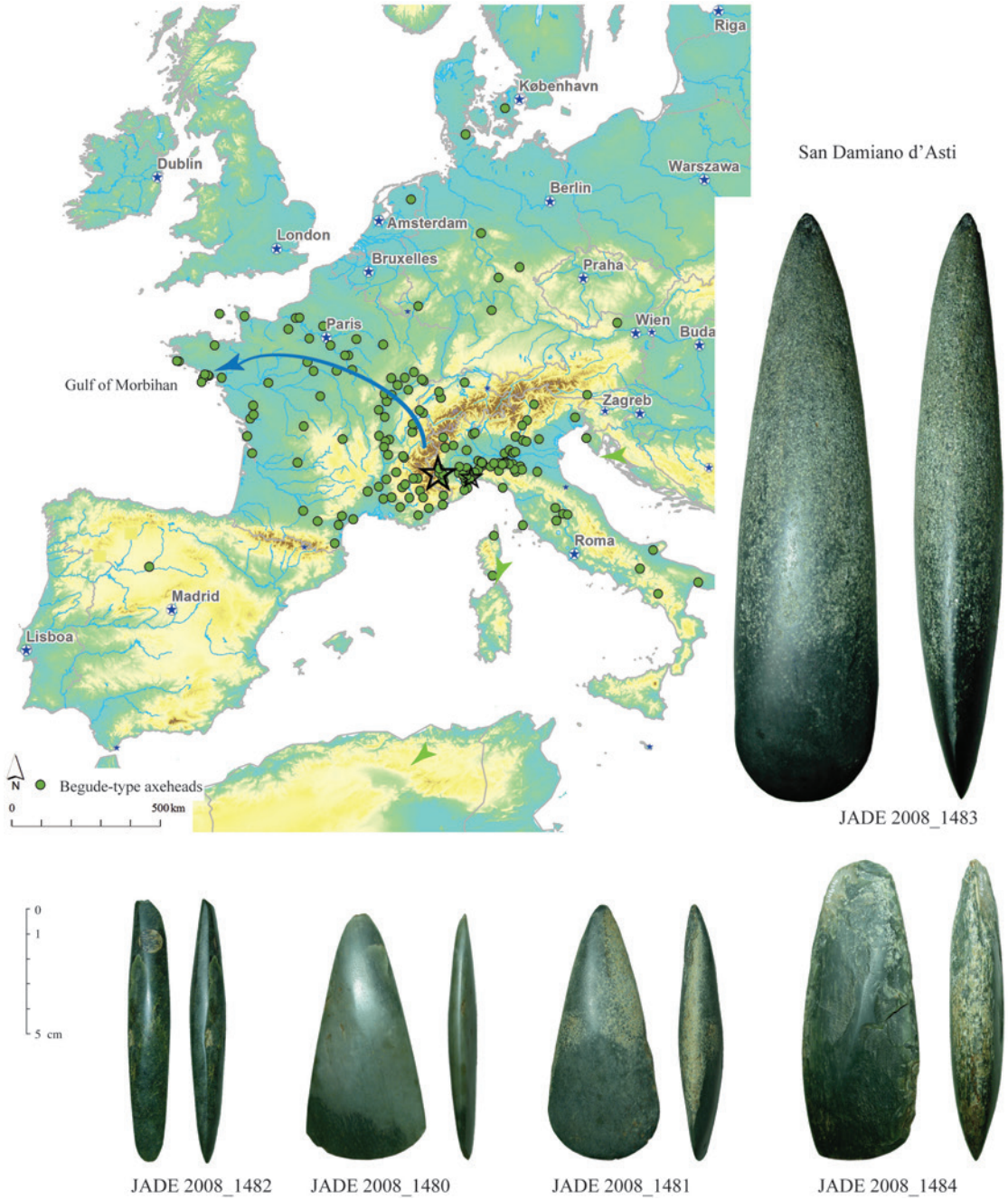


Fig. 2: Distribution of Alpine axeheads of Bégude type and hoard from San Damiano d'Asti (Piedmont, Italy). Documentation December 2015. CAD F. Prodéo, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. A.M. and P. Pétrequin.

coast – had been known before then. The rarity of jades in this mountainous terrain, their extraordinary toughness and their considerable aesthetic qualities rapidly led to the production of special versions of certain wood-cutting tools, and in particular oversized examples that were disproportionately large for any simple, utilitarian use. Around 5000 BC, a number of these polished axeheads, in particular those of Bégude type (fig. 2), were diverted away from their primary function, being treated instead as socially-valued object-signs, and they circulated over long distances as far as the Paris Basin from the time of the Villeneuve-Saint-Germain/Augy-Sainte-Pallaye cultures, in the first centuries of the 5th millennium. It is likely that some of these imports reached as far as Morbihan at this time, or slightly later.

The Bégude type, which was the first type of Alpine jade object to travel beyond the Alps in the direction of the Atlantic coast, was a typical example of an Italian style of artefact that can be associated with the early Neolithic of the Pô region, specifically to the Vhò group and the earliest phase of the Square-Mouthed Pottery culture (henceforth VBQ, for 'Vasi a Bocca quadrata') (Bernabò Brea, Errera *et al*., 2012). With the intensification of the demand for object-signs in the Paris basin, however, the production of axehead roughouts – and particularly those of Durrington and Altenstadt/Greenlaw type – changed hands and increased. These types of axehead, which are virtually unknown in northern Italy, were produced specifically for export beyond the western Alps, and their makers preferentially selected light-coloured jadeitites above the other varieties of jades, and also used specific techniques of working the material, including sawing. These new centres of specialist production, to the north and north-west of mont Viso, were definitely in direct contact with the closest importers on the western slopes of the Alps. Shortly before the middle of the 5th millennium, the polished axeheads made from jadeitite or fine eclogite and obtained from sawing blocks of the raw material travelled as far as the Paris basin, with some of these subsequently travelling yet further, as far as Morbihan. This phenomenon of attraction to Morbihan is underlined by the fact that people there wished to create specific and inimitable versions of these axeheads by means of re-polishing them. Thus we see the appearance of a Carnac type of axehead, with splaying blade and (in some cases) a perforated butt. The elites of the gulf of Morbihan – at the time when their most powerful individuals were interred under gigantic mounds – were thus procuring fine axeheads from the Paris basin and the middle Loire valley and treating them not only as exotic objects made from an exceptional raw material but also objects to re-think and to re-shape.

It is also clear that in Morbihan, this importation of Alpine jades was contemporary with the importation of Iberian variscite at this time.

Shortly after the 43rd century, the society in Morbihan underwent profound changes – not least in the cessation of building enormous monuments – and the importation of jade items decreased, even though elsewhere the movement of Alpine axeheads became more intense, now in the direction of Germany with the expansion of the Michelsberg culture and, from around 4000BC, to Britain and Ireland.

2. Disc-rings of regular shape made from Alpine jades

The manufacture of a single polished axehead of jade would have required several hundred hours of work, a fact that would have no doubt increased its value. However, it would also have taken hundreds of hours to create even the smallest disc-ring type of arm-ring of jadeitite. Such rings, with a medium-width or wide hoop and a flattened triangular section, are particularly rare: only around 30 have been definitively identified between Italy and Brittany (fig. 3) (Tanda, 1977; D'Amico, Ghedini *et al*., 2000; Thirault, 2004; Pétrequin, Cassen *et al*., 2015b). No centre of production has been identified; on the contrary, it seems that the roughouts were worked up individually some 100 km to 200 km away from the source areas, as demonstrated by the roughout with pecked-out central hollows discovered at Bobbio (Rossi, Errera *et al*., 2008) (fig. 3).

The diameter of the oldest disc-rings of jade is generally less than 10 cm. These examples are typically the products of early Neolithic individuals working in northern Italy, prior to 5000 BC (Micheli, 2012a; Pétrequin, Cassen *et al*., 2015a). Their distribution extends over northern and central Italy, but also reaches to the

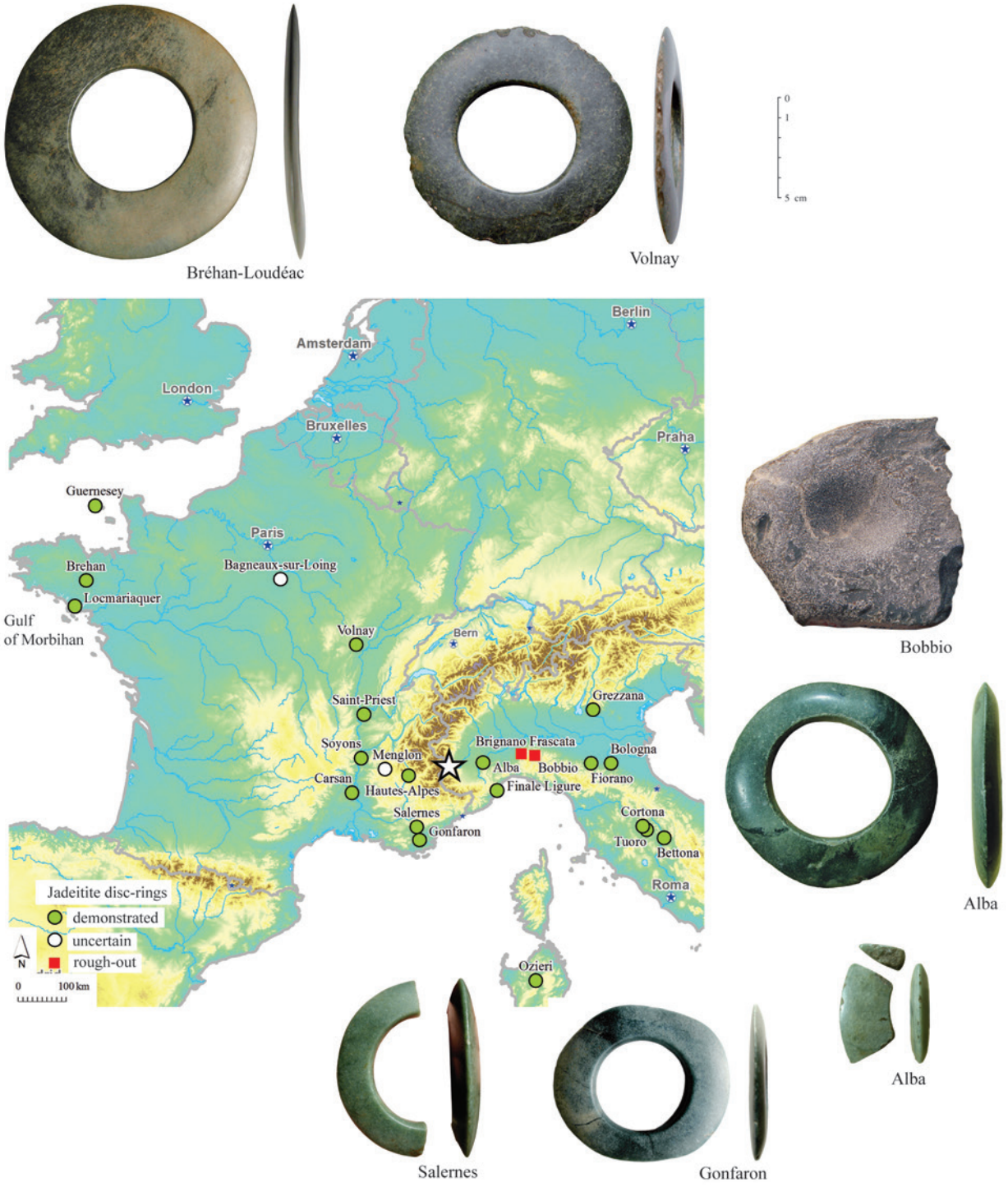


Fig. 3: Distribution of disc-rings made from Alpine jades (jadeitite, omphacitite and eclogite). Documentation December 2014. CAD F. Prodéo, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. A.M. and P. Pétrequin.

French side of the western Alps, to Provence and the valleys of the Rhône and the Saône (fig. 3). It does not seem to have extended beyond the Paris basin to Brittany at this time, and this is characteristic of other Mediterranean and Italian influences at the transition between the 6th and 5th millennia.

That said, four disc-rings of jadeitite have been identified in the Morbihan (Herbaut, Pailler, 2000). Three of these were found together at Bréhan-Loudéac/Thymadeuc, while the fourth formed part of the set of

grave goods found in the central chamber of Locmariaquer/Mané er Hroëck. These four Breton disc-rings are all considerably larger, and have a broader hoop, than the Italian examples.
While spectroradiometric analysis and macroscopic inspection leave no doubt about the Alpine origin of these disc-rings in Morbihan – with mont Viso being the probable source – nevertheless their attribution to an Italian 6th millennium episode of production is not possible. The example from Mané er Hroëck must have been deposited a little before 4500 BC (Cassen, Pétrequin *et al*., 2011; Cassen, Boujot *et al*., 2012), long after the production of arm-rings in Italy had ceased (Micheli, 2012a).
The typological specificity of the rings in Morbihan and their later dating than the north Italian examples therefore allow us to suppose – as we have done above in the case of jade axeheads – that there had been another area of production, close to the French side of the Alps and in direct contact with the first importers. Thus, as regards both the polished axeheads and the disc-rings of jade, while the original production was based in Italy and dated to the second half of the 6th millennium, a secondary and later centre (or centres) of production must have been established, manufacturing objects exclusively for export to the Paris Basin and the gulf of Morbihan. The fragment of arm-ring found at Les Fouaillages on Guernsey could belong to this production.

3. Disc-rings and regularly-shaped bangles of serpentinite

It had long been hypothesised – thanks to the similarity between the distribution of all types of rings (fig. 4) and that of Bégude-type jade axeheads (fig. 2) – that the regular-shaped rings of serpentinite had an Alpine origin. Recent confirmation that this is indeed the case comes from new discoveries in a Villeneuve-Saint-Germain (VSG) context (Praud, 2014). It should however be noted that the types of serpentinite ring found in France are different from their counterparts found in northern Italy, and that non-Alpine sources of serpentinite could have been exploited, in addition to Alpine sources (Fromont, 2013).
Nevertheless, it seems to us that we are dealing with a situation similar to that seen with the jade arm-rings (as described above in section 2). In effect, the Italian serpentinite arm-rings are universally smaller than their French counterparts, and there is no doubt that the Italian examples date to before 5000 BC (Micheli, 2012a; Pétrequin, Cassen *et al*., 2012a, 2015a, 2015b). They were demonstrably produced at the north of the Beigua massif, for example at Brignano Frascata (fig. 4), where several roughouts for small disc-rings were found.
There are few formal similarities between these Italian early Neolithic arm-rings and the French examples. The latter are generally of medium diameter, with a narrow hoop, and are most commonly found in VSG contexts, that is to say, dating to the beginning of the 5th millennium. As for larger examples with a wider hoop, such as the one from Quiberon/Fort Saint-Julien (fig. 4), their association with Bégude-type axeheads – within what could be the earliest manifestations of Carnac-type mounds – suggests an even later date, within the first half of the 5th millennium.
The Alpine origin of the large, wide-hooped examples is not in doubt if one compares them with the five examples from the hoard found at Chambéry/Ferme des Combes (fig. 4) (Thirault, 2004). These were brand new objects, which attest to their regional production in Savoie or possibly around Lyon; according this hypothesis, unworked blocks of serpentine or large rough-outs could have been imported from the Alps, among other raw materials or partly-made objects that were circulating at this period.
Thus, despite the fact that no actual roughouts for regular-shaped arm-rings of serpentinite have yet been found in the western Alps, the Alpine origin of the majority of the French examples seems highly likely (Pétrequin, Cassen *et al*., 2012a). An initial influx, before 5000 BC, will have had an Italian origin, but it was not until the beginning of the 5th millennium that secondary production centres became established, to manufacture regular-shaped, narrow-hooped arm-rings destined mainly for VSG communities. And in the case of the wide-hooped arm-rings, which circulated as far as the area around Carnac in Morbihan, we must be dealing with relatively late production in Savoie (as seen in the disc-rings of Chambéry).

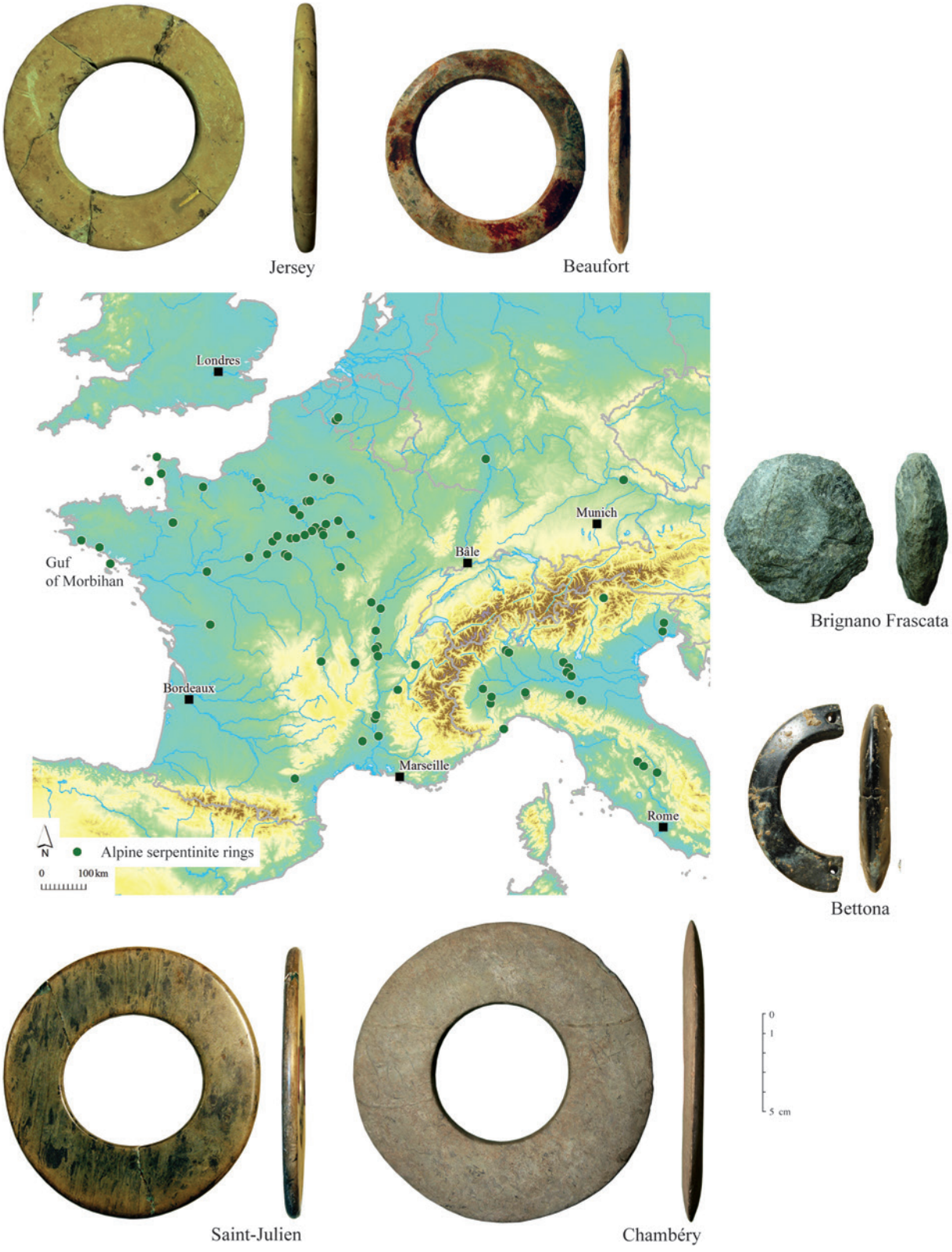


Fig. 4: Distribution of rings made from serpentinite (of all types excepting irregular-shaped Alsatian examples). Documentation December 2015. CAD F. Prodéo, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. A.M. and P. Pétrequin.

Both in northern Italy and in France, the evolution in design and the chronological parallelism between Alpine jade disc-rings and those made from serpentinite is clear, as is the fact that the Morbihan was the ultimate destination of the largest and latest arm-rings. This lends support to the hypothesis that there had been an ideological relationship between these arm-rings and polished axeheads of Alpine origin – as indicated by the fact that at Mané er Hroëck the butt of the finest polished axehead, with its central crest, was found projecting through a large disc-ring of jadeitite (Cassen, Boujot *et al.*, 2012; Pétrequin, Cassen *et al*., 2013).

4. Disc-rings of irregular shape

Until recently it had been supposed that the fashion for wearing irregularly-shaped disc-rings, their shape imitating the Linearbandkeramik bangles made from spondylus shell (Müller, 1997), was limited to Alsace and to the north of Franche-Comté, where they are found mainly in Grossgartach and Rössen contexts, dating to the whole of the first half of the 5th millennium (Denaire, Jeunesse, 2008). A production site for these so-called Alsatian disc-rings has been identified at Säckingen, in the Rhine valley upriver of Basel, where flat cobbles of serpentinite and of metagabbro had been collected from the riverbed (Pétrequin, Cassen *et al*., 2015).
Following a reconsideration of French disc-rings, it is clear that the situation is significantly different (Pétrequin, Cassen *et al.*, 2015b). A second centre of production has been identified at Lyon/Isaac (fig. 5, bottom) and, thanks to isolated examples, the distribution has been enlarged to cover the Paris Basin, with fragments found in a VSG context (Fromont, 2013), and also to extend as far as Brittany, as shown by examples from Lannion, Guidel and Quiberon. As for the irregularly-shaped disc-ring from Groix (fig. 5, top left), it is not yet possible to determine whether this is really an example made in Alsace or a locally (and badly)-made specimen.
Whatever the case may be, it is certain that irregularly-shaped arm-rings had reached Brittany by the beginning of the 5th millennium, probably coming within the principal current of jade axeheads that were circulating between Piedmont and Morbihan (fig. 2). The same is probably true of the Stichbandkeramik pot (of possible Bavarian style, or even originating further east) that was found in the cist of Kerhuen at Belz in Morbihan (Cassen, 2003). This remarkable pot had travelled over 1000 km as the crow flies from east to west, at the very beginning of the 5th millennium.

5. Axeheads and arm-rings of jade-nephrite

As we have seen, then, in addition to a diffusion of polished axeheads of Alpine jade from Piedmont to Brittany, there was an additional axis of movement, from east to west, from the High Alsace to Morbihan. The study of object-signs made from jade-nephrite allows us to confirm this axis of circulation, since it demonstrates the movement of artefacts of exceptionally high quality from the Swiss Alps to their places of final deposition in Morbihan.
Our recent field investigations have enabled us to identify and characterise three sources of nephrite that had been exploited during the Neolithic: one in Valais/val de Bagnes and val de Moiry (fig. 6 top), one in Grisons/Oberhalbstein (Pétrequin, Pétrequin *et al*., 2012), and one in the Pyrenees (Vaquer, Pétrequin, 2015). The application of spectroradiometric analysis, and macroscopic comparisons, permit us to rule out the Pyrenees and the Grisons as the source areas for the artefacts found in the Morbihan. As for the axeheads from the hoard of Arzon/Bernon (fig. 6, bottom left) (Cassen, Boujot *et al*., 2012), like the large regular-shaped disc-ring from Languidic (fig. 6, bottom right) (Herbaut, Pailler, 2000), there is every chance that the nephrite had been extracted from high-altitude outcrops in the Valais. This source had also been exploited to produce artefacts using the technique of sawing, in the region around Sion (Thirault, 2004; Pétrequin, Croutsch *et al*., 2012).
The disc-ring from Languidic is not unproblematic, however, since no evidence has been found in Switzerland for the production of arm-rings, nor has any fragment of such an object been found.

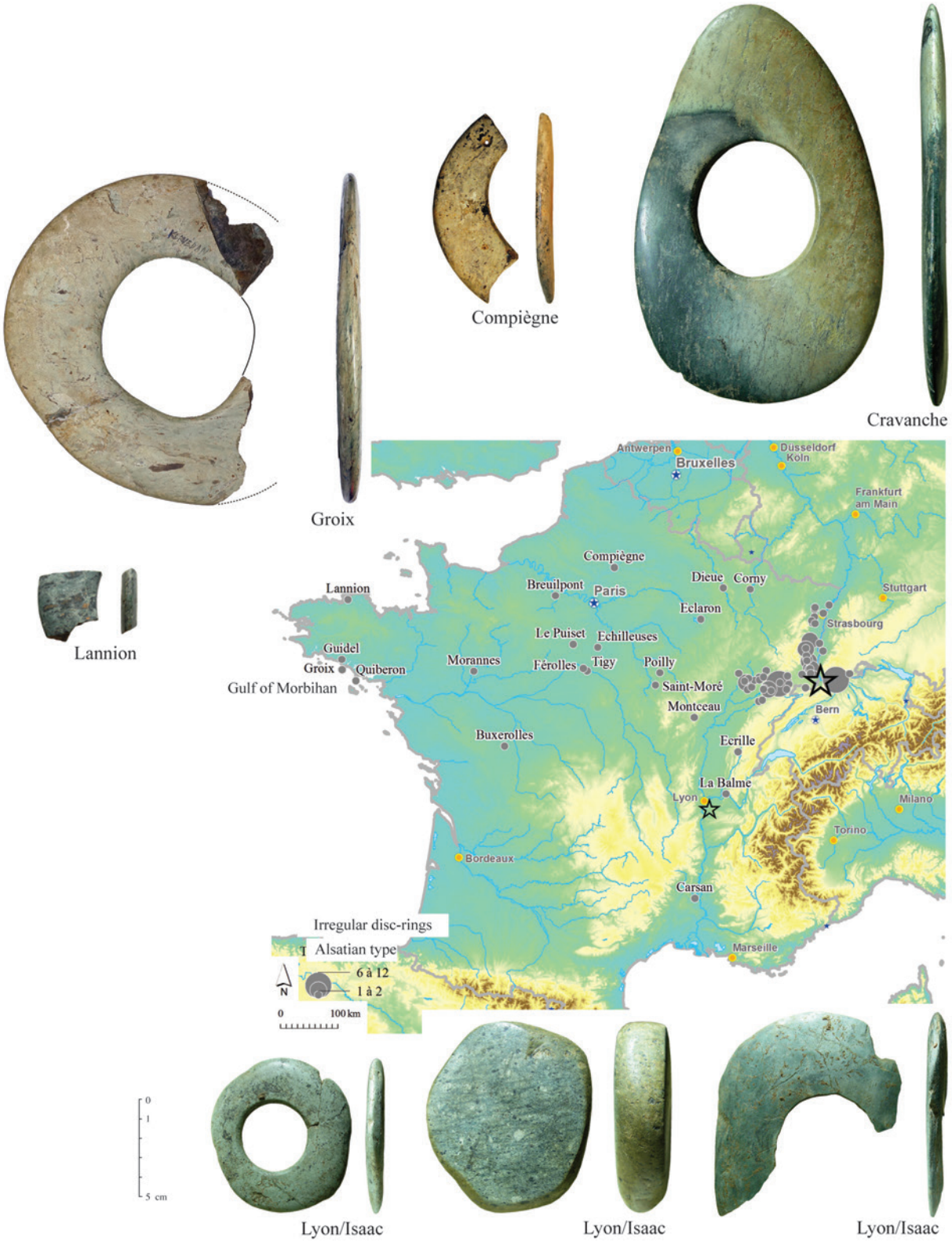


Fig. 5: Distribution of ring-discs of Alsatian type. Documentation December 2015. CAD F. Prodéo, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. A.M. and P. Pétrequin and S. Cassen.



Fig. 6: Top: the nephrite outcrop at Grimentz/Moiry (Valais, Switzerland). Bottom: imported Valais nephrite objects in the Morbihan. Cl. A.M. Pétrequin, P. Pétrequin and Musée de Carnac/N. Mather.

Nevertheless, the determination of its origin (through spectroradiometric analysis and macroscopic examination) is beyond doubt. We must therefore suppose that unworked plaques of nephrite (fig. 6, top) had circulated to production areas that lay outside the Alpine arc proper, in the region of Lyon or in northern Italy. The same issue relates to two further fragments of nephrite disc-rings found at Pozzuolo del Friuli/Sammardenchia (Pessina, D'Amico, 1999). Such movements of blocks and slabs of raw material – not only of nephrite but also of Alpine jades and of serpentinites – confirm the high value placed on these rocks, even in their 'raw', unworked state.

6. Items that had been left out of the picture: jewellery made from paragonite

Having retraced the long-distance exchange links between the Alpine world and the Gulf of Morbihan, it is now necessary to indroduce certain nuances, since it appears that not all of the socially-valued Alpine artefacts travelled as far as Brittany. In considering the contents of the hoard from San Damiano d'Asti (fig. 2), which contains high quality polished jade objects of VBQ style, one cannot but be struck by the absence from Morbihan of long chisels made in Italy and of small polished axeheads of Collecchio type, made from a fine, translucent jadeitite (fig. 2, bottom and centre). The Collecchio type seems to have been particularly popular in Piedmont and western Emilia-Romagna, where it is mostly found in graves of the VBQ Culture, dating to the first half of the 5th millennium (Bernabò Brea, Errera *et al*., 2012). However, not a single example has been found outside of the epicentre of the VBQ world. From this one might concude that it was only the production centres along the Alpine edges of the overall area of jade working that were supplying products for transalpine exchanges – unless, of course, the Collecchio type axeheads were exclusively produced for the elites of the VBQ Culture.

Jewellery made of paragonite, a mineral that represents the extreme sodic form of muscovite, offers us some other interesting examples of socially-valued objects that are typical of the Neolithic in northern Italy. This is a greasy-looking translucent mineral that occurs in various shades of luminous green (fig. 7, bottom). The only outcrops that have been identified lie in the valley of Chisone and the high Susa valley, in particular Val Thuras, close to the frontier with Queyras (fig. 7, top). Since paragonite occurs as small nodular inclusions within quartz in calc-schists (fig. 7, top), the only way to collect it is by sorting through cones of scree; even then, it occurs in small amounts (Gastaldi, 1874; Piolti, 1888). However, it is possible that schists with paragonite are also to be found in the South-East of the Voltri group, near Genoa (fig. 8) (Liborio, Mottana *et al*., 1970).

The disc-rings of paragonite, such as those from Turin, Alba and Pozzuolo del Friuli/Sammardenchia (fig. 9), are rare pieces, emblematic of the early Neolithic (Pessina, D'Amico, 1999; D'Amico, Ghedini *et al*., 2000; Micheli, 2012b). There is also a small triangular pendant from val Grana/Tetto Chiapello, in a VBQ II context, and small beads that crossed the Alps to end up in tomb 87 at Lausanne/Vidy (Moinat, 2007) and Geneva/Les Eaux Vives (Geneva, Musée d'art et d'histoire, unpublished) during the second half of the 5th millennium and the beginning of the 4th. Later again, paragonite – in the form of perforated plaques and spherical facetted beads – occurs at Cuorgne/Boira Fusca and Tigliole in Piedmont (Traversone, 1996), at lac du Bourget (Chambéry, Musée savoisien, unpublished) and at Saint-Vallier-de-Thiey/tumulus III de Caillaissoux (Roscian, Claustre *et al*., 1992). In each case these objects have been found in collective tombs dating to the end of the Neolithic.

The inhabitants of Morbihan do not seem to have been interested in importing paragonite jewellery, despite the fact that it travelled long distances in Italy: the Early Neolithic disc-rings found at Pozzuolo del Friuli had come nearly 400 km from their probable source in the Voltri Group (fig. 8). Thus, before 5000 BC, exports from Piedmont do not seem to have travelled any further in France than Burgundy (as attested there by the jade ring found at Volnay: fig. 3). Later on during the 5th millennium, Italian beads of paragonite will have been circulating concurrently with those made of Iberian variscite, and also with beads and pendants made from sericite schist – a light green stone with a silky sheen, whose source could have been in the area around Nantes. The two pendants of sericite schist found at Orville (Loiret)/Les Fiefs demonstrate the

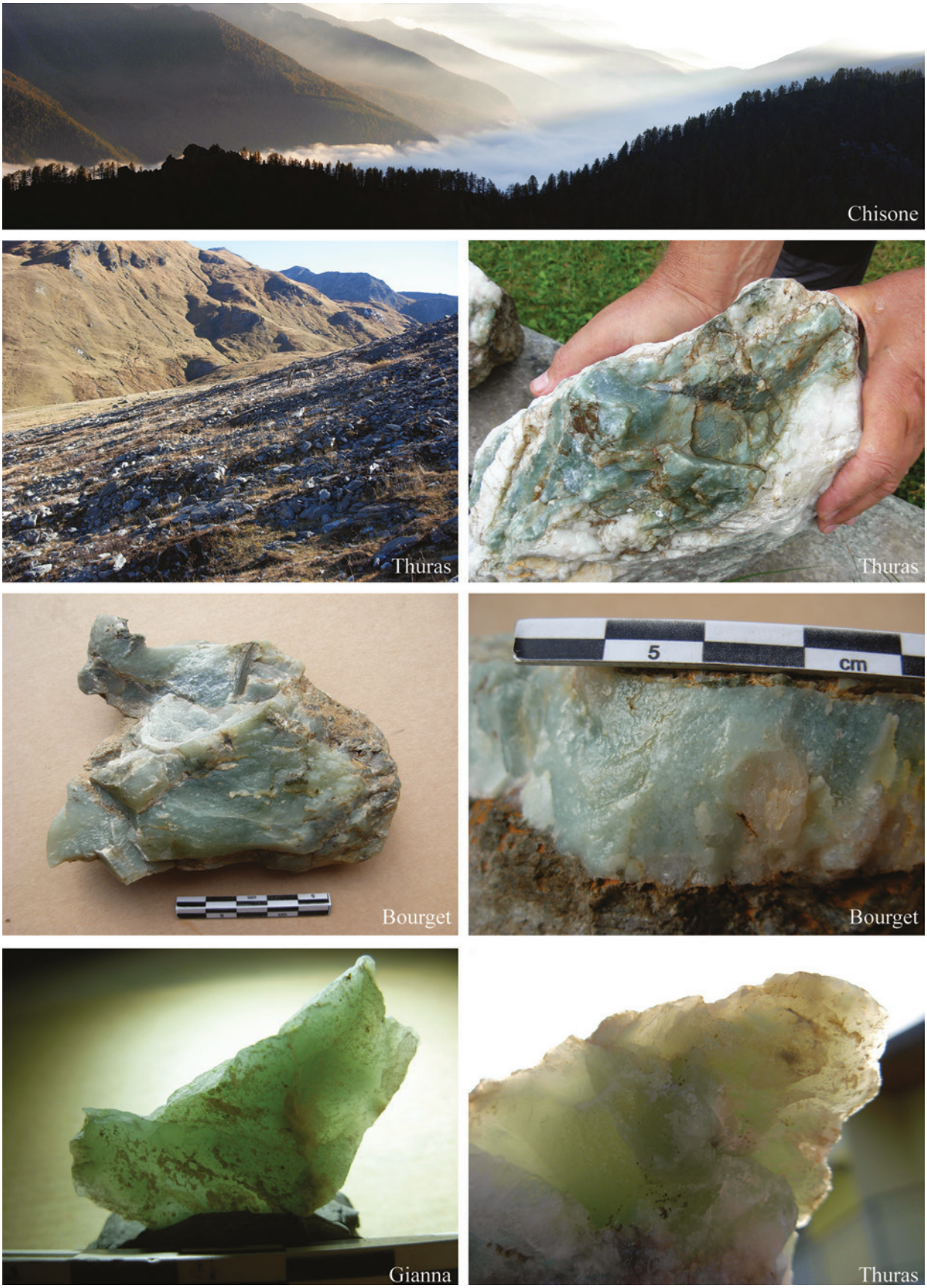


Fig. 7: Outcrops and working debris of paragonite from the Cottian Alps (Piedmont, Italy). Cl. P. Pétrequin.

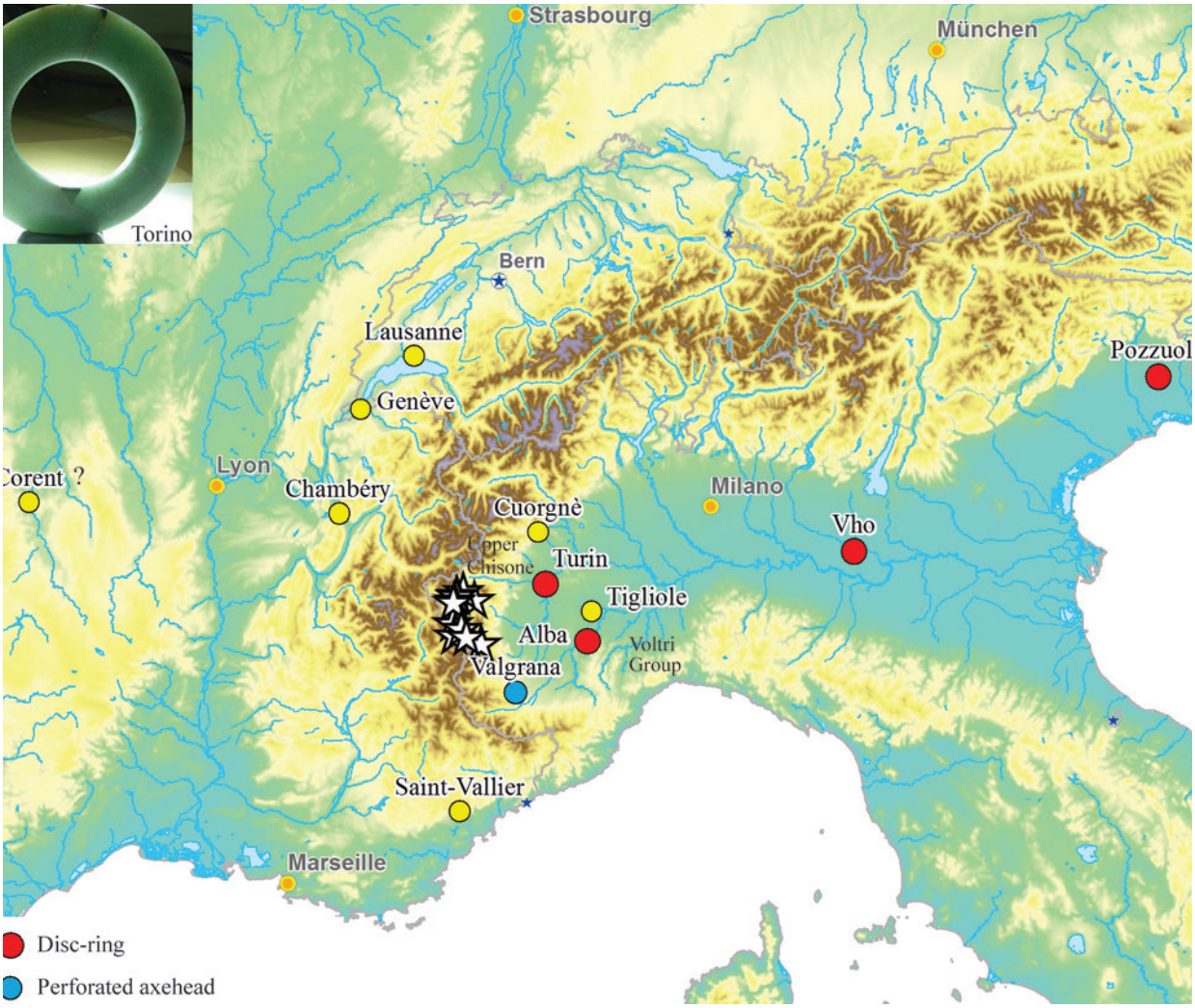


Fig. 8: Distribution of rings, pendants and beads of paragonite. Documentation December 2015. CAD F. Prodéo, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. P. Pétrequin.

diffusion of this jewellery, with its western French origin, up to the Paris basin. They also show how easy it is, from macroscopic inspection, to confuse this material with Alpine paragonite.
The pendant made from Iberian variscite from the cist at Aime (Savoie)/Le Replat (Rey, 2009), a hundred kilometres north-west of mont Viso, is likewise a striking demonstration of the circulation of certain Iberian variscites away from Carnac along the routes taken by Alpine jade artefacts.

7. Flux and reflux to and from the gulf of Morbihan

From the western Alps in Italy and Switzerland, object-signs made from Alpine rocks circulated westwards as far as the Atlantic fringe of Europe (fig. 10), carried by the dynamics of inter-elite gift exchange. In France, the earliest manifestations of this phenomenon date to the end of the 6th millennium, even though the objects travelled no further in France than Burgundy. This flow of precious objects intensified at the beginning of the 5th millennium, extending to cover the whole of the area occupied by the VSG Culture, where we see – with the creation of imitations of Alpine arm-rings in local stone types – the temporary establishment of a system of 'primitive money' that formed part of exchanges and compensation payments (Pétrequin, Cassen *et al*., 2015b). After this value system collapsed around 4700 BC, we see polished jade axeheads – which were contemporary with the last large arm-rings with broad hoops made from serpentinite – acquiring a social value, as status symbols for the elite and



Fig. 9: Disc-rings, pendants and beads made from paragonite. Cl. A.M. and P. Pétrequin, except Lausanne/Vidy, which is from the Cantonal Archaeology Museum, Lausanne.

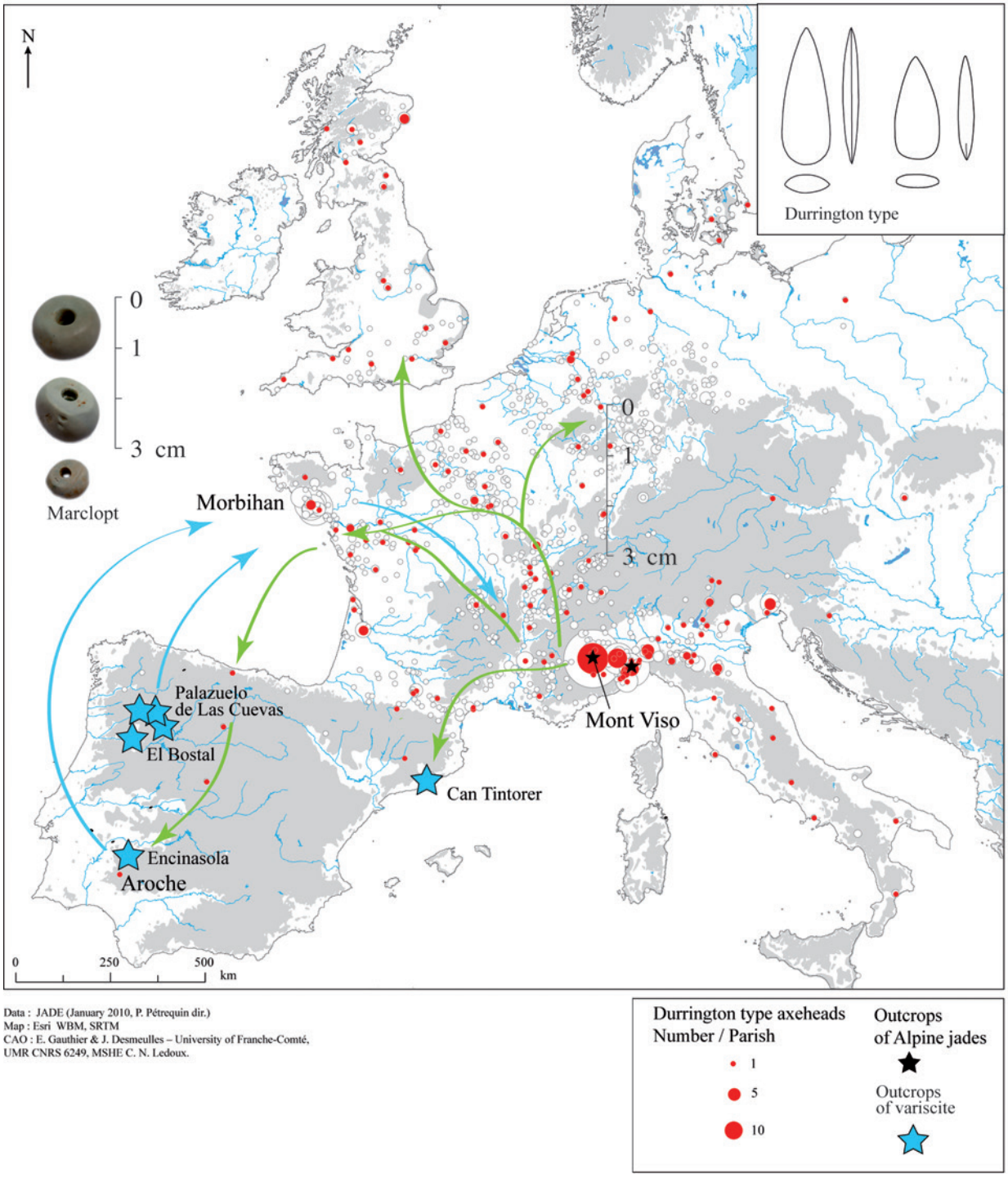


Fig. 10: The Morbihan region between the Alpine world and the Atlantic world: comparative distribution of axeheads of Durrington type and beads and pendants of Iberian variscite. Documentation December 2010, with additions. CAD E. Gauthier and J. Desmeulles, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. P. Pétrequin.

as luxury items destined to be deposited as offerings and to be consecrated. This flow of polished axeheads of jade, like the earlier flow of precious objects of Alpine rock, led to the creation of local imitations in Brittany, in particular with the manufacture of certain axeheads made from metadolerite (from Plussulien) and of fibrolite (from Plouguin). It also entailed the circulation of other socially-valued objects, this time from central Europe and

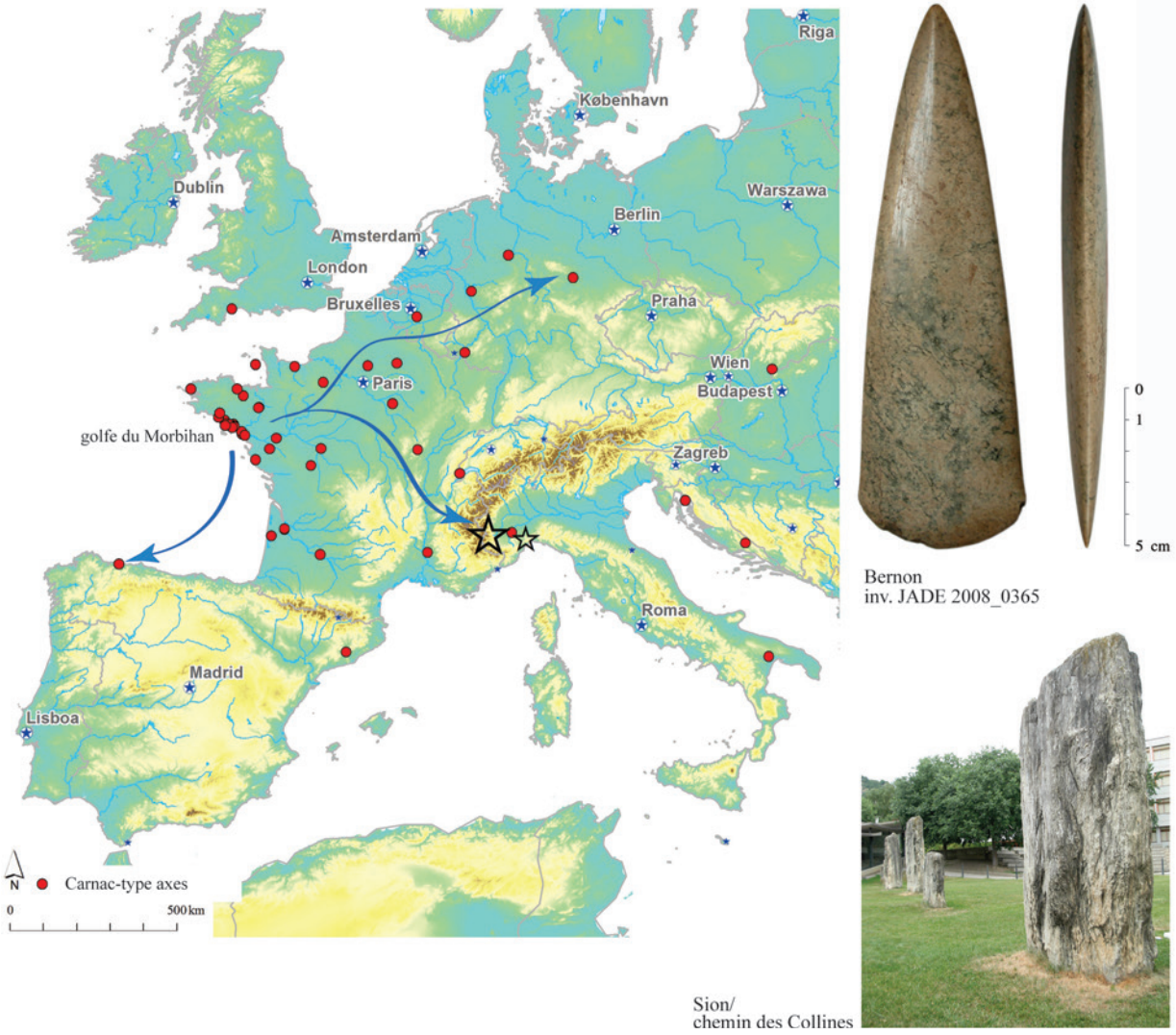


Fig. 11. Exports from Morbihan: Carnac-type axeheads of jade, rows of standing stones and mythological signs. Documentation December 2014. CAD F. Prodéo, using base map ESRI Data & Maps, under licence MSHE Ledoux and NASA-SRTM. Cl. A.M. and P. Pétrequin.

the Balkans, such as certain products of the earliest copper metallurgy that inspired the people who were making axeheads in Piedmont or were re-polishing them in Morbihan (Klassen, Cassen *et al*., 2012).

Thus, it was a part of these object-signs, carried along in this continental flow, that the elites in Morbihan harnessed for their own advantage. One assumes that the production of sea salt could have been one of the materials that had been offered in exchange (Cassen, Labriffe *et al*., 2008). This westward movement of jades formed part of the same complex phenomenon that was responsible for the circulation of variscite jewellery and also probably of fibrolite axeheads from the Iberian peninsula to the Morbihan, this time via a maritime route (fig. 10) (Cassen, Boujot *et al.*, 2012). However, the elite in Morbihan were not content simply to take some of the jade axeheads that were circulating: they sought out the hardest Alpine rocks, the most luminous ones, the most translucent ones – that is to say, the light-green jadeitites – and moreover they re-shaped them by re-polishing them, in order to create original Carnac-type axeheads, before integrating these objects into the domain of the sacred and into their mythological universe (Cassen, 2012; Pétrequin, Cassen *et al*., 2012b).

The release of a certain number of these Carnac-type Alpine jade axeheads back into circulation has been interpreted as a reflux phenomenon from the Gulf of Morbihan, along the Atlantic coast and towards the

centre of the Continent (fig. 11). Examples of these axeheads, which had been imported from the Alps and remodelled in Morbihan before being re-injected into the exchange system, have been identified in Spain (Fábregas Valcarce, De Lombera Hermida *et al*., 2012; Pétrequin, Errera *et al*., 2012) – including findspots in the vicinity of the variscite outcrops at Encinasola (fig. 10) (Dominguez Bella, Cassen *et al*., 2015); in the Paris basin and Germany (fig. 11); and far away to the east, in the direction of Piedmont and the jade working areas, as at Alba (fig. 11) (Pétrequin, Cassen *et al*., 2012b).
The value of the jade Carnac-type axeheads that flowed out from the Morbihan was such that imitations in local rock types were made, including the Cangas type axeheads of the Iberian peninsula (Fábregas Valcarce, De Lombera Hermida *et al.*, 2012) and the Zug type axeheads in Switzerland and South-West Germany (Pétrequin, Cassen *et al*., 2012b). It should not be surprising to find that these two regions of Europe were the source areas for the two principal imports to Morbihan, namely the jades and serpentinites of the western Alps and the Iberian variscites.
These exports of Carnac-type axeheads from the Morbihan are simply one manifestation of a much more important phenomenon that allows us to grasp the role played by the elite in the Carnac area at the scale of western Europe. Another key aspect of this phenomenon is shown by the diffusion of some of the mythological signs that had been used in the Carnac area, and by the architecture of standing stones (stelae), towards the Iberian peninsula, the Paris basin and the western Alps, probably along the same routes as had been taken in the opposite direction by the variscites and the jades.
Evidence for this phenomenon includes the discovery of Carnac-style signs (albeit in a modified form, taking into account the distances involved) in the Paris basin, in Burgundy (Cassen, 2012) and possibly also as far away as the Aosta valley at Montjovet/Chenal (Arca, Daudry *et al*., 2014). The same goes for the rows of standing stones identified in western Switzerland and in the high Rhône valley as far as Valais (Pétrequin, Cassen *et al*., 2012b), including the monuments dating to the final centuries of the 5th millennium at Saint-Aubin/Derrière La Croix (Wüthrich, 2003). With the discovery of the monument at Cavaglià at the mouth of the Aosta valley in Piedmont (Cassen, 2014), the limit of the distribution of these stone rows has come to within 100 km of mont Viso.
Within the sphere of long-distance links based on the functioning of inegalitarian societies, the role of the gulf of Morbihan during the 5th millennium is becoming increasingly clear, as an epicentre of a 'Europe of jade', symmetrical to Varna as an epicentre in the 'Europe of copper'. In both cases, the strategic location of these centres of power (between the sea and the continent), the role of salt in the exchanges and the power of religious beliefs could have been some of the primary conditions – albeit not sufficient conditions – for the success of these societies with their unequally-distributed riches.

Acknowledgements

This work was undertaken as part of *JADE2 "Interprétations sociales des objets-signes en jades alpins dans l'Europe néolithique"*, a project funded by the Agence nationale de la recherche (ANR-12-BSH3-0005-01) and administered by the MSHE C.N. Ledoux, CNRS and the Université de Franche-Comté.
Pierre Rostan is thanked for completing our inventory of outcrops of paragonite in Queyras.
The analysis of the raw material samples of paragonite and of muscovite was undertaken by Emanuele Costa (using SEM-EDX) and by the GeaDue laboratory (using XRD).

References

Arca, A., Daudry, D., Fossati, A.E., Morello, F. and Raiteri, L. 2014. Il riparo di Montjovet-Chenal (AO), seimila anni e più di iconica rupestre. In R.C. De Marinis (dir.), *Le manifestazioni del sacro e l'Età del Rame nella regione alpina e nella pianura padana. Atti del convegno, Brescia, 23-24 maggio 2014* : 27-66. Brescia, Edizioni Euroteam.

Bernabò Brea, M., Errera, M., Mazzieri, P., Occhi, S. et Pétrequin, P. 2012. Les haches alpines dans la culture des VBQ en Emilie occidentale : contexte, typologie, chronologie et origine des matières premières. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C.* : 822-871. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Cassen, S. 2003. Importer, Imiter, Inspirer ? Objets-signes centre-européens dans le Néolithique armoricain. *L'Anthropologie* 107 : 255-270.

Cassen, S. 2012. L'objet possédé, sa représentation : mise en contexte général avec stèles et gravures. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C.* : 1310-1353. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Cassen, S. 2014. Sites de passage (1). Le modèle carnacois des pierres dressées à l'épreuve des rivières, des lacs et des montagnes (France, Suisse, Italie). In R.M. Arbogast et A. Greffier-Richard (dir.), *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin* : 281-302. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté 928 et Série Environnement, sociétés et archéologie 18).

Cassen, S., Boujot, C., Dominguez-Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.E. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C.* : 918-995. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Cassen, S., Labriffe, P.A. (De) et Menanteau, L. 2008. Washing and heating on the Neolithic shores of Western Europe. An archaeological hypothesis on the production of salt. In O. Weller, A. Dufraisse et P. Pétrequin (dir.), *Sel, eau et forêt. D'hier à aujourd'hui. Colloque d'Arc-et-Senans, 3-5 octobre 2006* : 175-204. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (Cahiers de la MSHE C.N. Ledoux 2).

Cassen, S., Pétrequin, P., Boujot, C., Dominguez-Bella, S., Guiavarc'h, M. and Querré, G. 2011. Measuring distinction in the megalithic architecture of the Carnac region : from site to material. In M. Furholt, F. Lüth and J. Müller (dir.), *Megaliths and identities. Third European Megalithic Studies Group Meeting, 13-15 May 2010* : 225-228. Kiel, Bonn, Rudolf Habelt.

D'Amico, C., Ghedini, M., Nannetti, M.C. and Trentini, P. 2000. La pietra levigata neolitica di Alba (CN). *Catalogo petrografico e interpretazione archeometrica. Mineralogica e Petrographica Acta* XLIII : 179-206.

Denaire, A. et Jeunesse, C. 2008. Trois nouvelles tombes du Néolithique moyen (cultures de Grossgartach et de Roessen) découvertes à Réguisheim Oberfeld/Grossfeld et Sierentz " ZAC Hoell " (Haut-Rhin). *Cahiers Alsaciens d'Archéologie, d'Art et d'Histoire* LI : 3-13.

Dominguez Bella, S., Cassen, S., Pétrequin, P., Prichystal, A., Martinez, R., Ramos Munoz, J. and Medina N. 2015. Aroche (Huelva, Andalousie) : a new axehead of Alpine jade in the Southwest of Iberian Peninsula. *Archaeological and Anthropological Sciences* [online] DOI 10.1007/s12520-015-0232-922.

Errera, M. 2000. *Déterminations spectroradiométriques de perles et autres éléments de parures néolithiques déposés au Musée des Antiquités nationales à Saint-Germain-en-Laye (Yvelines)*. Tervuren, Musée royal de l'Afrique centrale, Département de Géologie et de Minéralogie.

Fábregas Valcarce, R., De Lombera Hermida, A. and Rodríguez Rellán, C. 2012. Spain and Portugal : long chisels and perforated axes. Their context and distribution. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C.* : 1108-1135. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Fromont, N. 2013. *Anneaux et cultures du Néolithique ancien. Production, circulation et utilisation entre massifs ardennais et armoricain*. Oxford, Hadrian Books (British Archeological Reports International Series 2499).

Gastaldi, B. 1874. Sulla Cossaite, varietà sodica di onkosina. *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino* X : 189-200.

Liborio, G., Mottana, A., Pasquaré, G. and Rossi, P.M. 1970. Paragonite come componente essenziale dei calceschisti nel Gruppo di Voltri. *Rendiconti della Società italiana di Mineralogia e Petrografica* 26 : 669-685.

Herbaut, F. et Pailler, Y. 2000. Les anneaux en pierre dans le massif armoricain. In S. Cassen (dir.), *Eléments d'architecture. Exploration d'un tertre funéraire à Lannec (Erdeven, Morbihan). Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique* : 353-385. Chauvigny, Association des publications Chauvinoises (Mémoire XIX).

Klassen, L., Cassen, S. and Pétrequin, P. 2012. Alpine axes and early metallurgy. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C.* : 1280-1309. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté (tome 2).

Micheli, R. 2012a. Raw materials, personal adornments and neolithic groups : some observations on stone bracelets of the early Neolithic of Northern Italy. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop, and M. Molist (ed.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III mil·lenni aC). Congrès international, Gavà et Bellaterra, 2-4 février 2011* : 241-248. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Micheli, R. 2012b. Personal ornaments, Neolithic groups and social identities: some insights into Northern Italy. *Documenta Praehistorica* XXXIX : 227-255.

Moinat, P. en coll. avec Studer, J. 2007. Cistes en pierre et coffres en bois, inhumations simples et dépôts complexes à Vidy (Lausanne (Vaud) et à Chamblandes (Pully, Vaud). In P. Moinat et P. Chambon (dir.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental ?* : 195-220. Paris et Lausanne, Société préhistorique française (Mémoire XLIII, Cahiers d'archéologie romande, 110).

Müller, J. 1997. Neolithische und chalkolitische Spondylus-Artefakte. Anmerkungen zu Verbreitung, Tauschgebiet und sozialer Funktion. In C. Becher, M.L. Dunkelmann, C. Metzner-Nebelsick, H. Peter-Röcher, M. Roeder and B. Terzan (dir.), *Beiträge zur prähistorischen Archäologie zwishen Nord- und Südosteuropa. Festschrift für Bernhard Hänsel* : 91-106. Espelkamp, Internazionale Archäologie (Studia honoraria 1).

Pessina, A. et D'Amico, C. 1999. L'industria in pietra levigata del sito neolitico di Sammardenchia (Pozzuolo del Friuli, Udine). Aspetti archeologici e petroarcheometrici. In A. Ferrari et A. Pessina (dir.), *Sammardenchia – Cüeis, Contributi per la conoscenza di una comunità del primo neolitico* : 23-92. Udine, Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale.

Pétrequin, P., Cassen, S., Gauthier, E., Klassen, L., Pailler, Y., Sheridan, A., avec la coll. de Desmeulles, J., Gillioz, P.A., Le Maux, N., Milleville, A., Pétrequin, A.M., Prodéo, F., Samzun, A. et Fábregas Valcarce, R., 2012a. Typologie, chronologie et répartition des grandes haches alpines en Europe occidentale. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C.* : 574-727., Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 1).

Pétrequin, P., Cassen, S., Klassen, L. et Fábregas Valcarce, R., 2012b. La circulation des haches carnacéennes en Europe occidentale. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen, V^e^ et IV^e^ millénaires av. J.-C* : 1015-1045. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 2).

Pétrequin, P., Cassen, S., Errera, M., Klassen, L., Pétrequin, A.M. and Sheridan, A. 2013. The value of things : the production and circulation of alpine jade axes during the 5th – 4th millenia in a European perspective. In T. Kerig and A. Zimmermann (dir.), *Economic archaeology : from structure to performance in European archaeology : 65-82.* Bonn, Habelt ed.

Pétrequin, P., Cassen, S., Chevillot, C., Errera, M., Pailler, Y., Pétrequin, A.M., Prichystal, A. and Prodéo, F. 2015a. La production des anneaux-disques alpins pendant les VI^{e} et V^{e} millénaires av. J.-C. et le Mont Viso. In *L'homme et son environnement : des lacs, des montagnes et des rivières. Hommages à A. Marguet* : 259-302. Dijon, Revue archéologique de l'Est (supplément 41).

Pétrequin, P., Cassen, S., Chevillot, C., Cornen, G., Denaire, A., Duteil, Y., Pailler, Y., Prodéo, F. et Villes, A. 2015b. Bracelets en schiste et anneaux-disques en jadéitite, en serpentinite ou en amphibole. In *Signes de richesse. Inégalités au Néolithique. Catalogue d'exposition, Les Eyzies, Musée National de Préhistoire* : 35-42. Paris, Réunion des Musées Nationaux.

Pétrequin, P., Croutsch, C., Errera, M., Honegger, M., Jaccottey, L., Mariéthoz, F. et Rey, P.J. 2012. Approche des productions valaisannes en amphibolite calcique (néphrite) ? In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^{e} et IV^{e} millénaires av. J.-C.* : 184-213. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 1).

Pétrequin, P., Errera, M., Martin, A., Fábregas Valcarce, R. et Vaquer, J. 2012. Les haches en jades alpins pendant les V^{e} et IV^{e} millénaires av. J.-C. L'exemple de l'Espagne et du Portugal dans une perspective européenne. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop and M. Molist (ed.), *Xarxes al Neolític. Circulació i intercanvi de matèries productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III mil·lenni aC). Congrès international, Gavà et Bellaterra, 2-4 février 2011* : 213-222. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Pétrequin, P., Pétrequin, A.M., Errera, M. et Prodéo, F. 2012. Prospections alpines et sources de matières premières. Historique et résultats. In P. Pétrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen, A. Sheridan et A.M. Pétrequin (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^{e} et IV^{e} millénaires av. J.-C.* : 46-183. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (tome 1).

Praud, I. 2014. Parure et haches en roches alpines dans le Bassin parisien. In R.M. Arbogast et A. Greffier-Richard (dir.), *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin* : 187-198. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté 928 et Série Environnement, sociétés et archéologie 18).

Piolti, G. 1888. Sulla Cossaite del Colle di Bousson (alta valle di Susa), osservazioni del Dott. Giuseppe Piolti. *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino* XXIII : 187-191.

Querré, G., Dominguez-Bella, S. et Cassen, S. 2012. La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand et G. Guerré (dir.), *Roches et sociétés de la Préhistoire entre massifs cristallins et bassins sédimentaires* : 307-315. Rennes, Presses universitaires de Rennes

Rey, P.J. 2009. Sociétés et fluctuations du climat dans les Alpes nord-occidentales au Néolithique moyen. *Collection EDYTEM* 8 : 37-50.

Roscian, S., Claustre, F. et Dietrich, J. 1992. Les parures du Midi méditerranéen du Néolithique ancien à l'Age du Bronze : origine et circulation des matières premières. *Gallia-Préhistoire* 34 : 209-257.

Rossi, G., Errera, M., Pétrequin, P. et Pétrequin, A.M. 2008. Un abbozzo di anellone in pietra verde da Bobbio (Piacenza). *Bollettino Storico Piacentino* CIII(2) : 185-202.

Tanda, G. 1977. Gli anelloni litici italiani. *Preistoria Alpina* 13 : 111-155.

Thirault, E. 2004. *Échanges néolithiques : les haches alpines*. Montagnac, Editions Monique Mergoil (Préhistoires 10).

Traversone, B. 1996. Ogetti ornamentali. In *Le vie della pietra verde. L'industria litica levigata nella preistoria dell'Italia settentrionale* : 197-207. Torino, Omega Edizioni.

Vaquer, J. et Pétrequin, P. 2015. La néphrite pyrénéenne. In *Signes de richesse. Inégalités au Néolithique* : 55-56. Les Eyzies et Paris, Musée National de Préhistoire et Réunion des Musées Nationaux (Catalogue d'exposition).

Wüthrich, S. 2003. *Saint-Aubin/Derrière la Croix. Un complexe mégalithique durant le Néolithique moyen et final*. Neuchâtel, Service et musée cantonal d'archéologie (Archéologie neuchâteloise 29).

Perles supposées en variscite du sud-est de la France (Arles-Fontvieille, IVe mill. av. J.-C.) : premiers résultats d'une recherche en devenir

Laurine Viel, Sandrine Bonnardin, Maxence Bailly, Xavier Margarit

Résumé. Les perles supposées en variscite découvertes au sein des monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille (Bouches-du-Rhône, France) utilisés à la fin du Néolithique (3400-2200 av. J.-C.) constituent un corpus relativement méconnu et encore inédit. Il comprend 116 perles au total. Depuis sa découverte au XIXe s., en effet, ce corpus n'a fait l'objet d'aucune analyse approfondie, qu'il s'agisse d'étudier la matière première, d'en identifier l'origine, de caractériser les types d'objets et leurs modes de production, notamment. Ce travail, actuellement en cours, livre de premiers résultats. Ainsi, l'observation macroscopique des perles à la loupe binoculaire, en particulier, suggère-t-elle que le corpus n'est pas intégralement composé de variscite, d'autres roches ont potentiellement été utilisées (séricite ? muscovite ?). De même, un lien semble pouvoir être établi entre la matière et la morphologie des pièces. Ces observations, qui seront vérifiées prochainement par des analyses PIXE, soulèvent déjà plusieurs interrogations : quelles sont les différentes origines des perles ? De quels processus opératoires procèdent-elles ? Quelle chronologie s'attache à ces productions ? etc. Cet article expose pour la première fois ces nouvelles problématiques de recherche qui émergent à partir de l'analyse approfondie de ces corpus.
Mots-clés : perle, variscite, Provence, hypogées, Néolithique final

Abstract. Putative variscite beads, discovered in megalithic monuments of Arles Fontvieille (Bouches-du-Rhône, France) used at the end of the Neolithic period (3400 to 2200 BC) are a relatively unknown and still unpublished corpus. It includes 116 beads. Since its discovery in the nineteenth century, in fact, this corpus has not been thoroughly analysed, neither from the geographical origin of the raw material used, nor from the technolgical point of view of their very method of production. This paper provides the first results of an ongoing research project. Thus, macroscopic observations at the stereo microscope, suggests that the body is not entirely composed of variscite, but that other rocks have been potentially used (sericite? muscovite?). On the mean time, a link is to be done between the raw material used and the beads' morphology. These observations, which will be soon verified by PIXE analysis already raise several questions : what are the different origins of the beads, what is their manufacture process, what is the timeline of their production, etc. ? This article presents for the first time the new research agenda that emerges from the detailed analysis of the corpus.
Keywords: beads, variscite, Provence, Hypogeum, late Neolithic.

Introduction

La façade atlantique concentre les plus célèbres corpus de perles et pendeloques en *callaïs* (métavariscite, variscite, turquoise) néolithiques. Leur renommée tient au grand nombre de pièces retrouvées, au nombre de sites associés à ces éléments de parure, et, surtout, au fait que ces éléments sont originaires des ateliers espagnols, comme l'ont montré plusieurs travaux de recherche approfondis menés ces quarante dernières années (Arribas *et al*., 1971 ; Villalba *et al*., 1989 ; Edo *et al*., 1990 ; Dominguez-Bella, Morata, 1995 ; Querré *et al*., 2008 ; Odriozola *et al*., 2010).

Au-delà des territoires de la frange atlantique, à plusieurs centaines de kilomètres au sud et au sud-est de la France, figurent d'autres corpus de perles néolithiques en callaïs signalés dès les années 1980 (Barge, 1982 ; Sauzade, 1983 ; Roscian *et al*., 1992) et qui commencent tout juste à être étudiés (Vaquer *et al*., 2008 ; Vaquer, ce volume). Les plus anciens corpus datent du Ve mill. av. J.-C. et correspondent au début de l'exploitation de la *callaïs* en Catalogne. Leur utilisation semble perdurer jusqu'à la fin du IIIe mill. av.

J.-C., au Néolithique final. L'hypogée des Crottes à Roaix dans le Vaucluse figure parmi ces sites (Sauzade, 1983 ; Lemercier *et al*., 2004), mais c'est sur celui des monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille que nous allons nous concentrer ici.

Les monuments d'Arles-Fontvieille constituent un ensemble d'hypogées et de dolmens, situés dans le département des Bouches-du-Rhône, attribués à la fin du Néolithique (Arnal *et al*. 1953 ; Audibert, 1958 ; Sauzade, 1999 ; Guilaine, 1994, 2003, 2011, 2015) et dans lesquels un total de 850 pièces de parure ont été retrouvées. Parmi ces pièces, figurent 116 perles en roche verte qui ont été identifiées comme de la variscite sans que des analyses aient été menées sur la matière première. Ces perles sont connues depuis la découverte des sites (Cazalis de Fondouce, 1877) ; elles sont mentionnées comme telles depuis cette date (Huard, 1876 ; Nicolas, 1890 ; Arnal *et al*., 1953 ; Montjardin, 1974), mais elles n'ont jamais été étudiées de manière approfondie. Depuis 2012, l'ensemble des monuments fait l'objet d'un programme de recherches[1] dirigé par X. Margarit[2] dont les objectifs principaux sont de reprendre l'ensemble des données disponibles, de caractériser les différents types de corpus (restes anthropologiques, mobiliers funéraires), de dater les monuments et d'observer le site et ses interactions à différentes échelles. Dans le cadre de ce programme, qui s'est terminé en 2016, l'étude de la parure a été entreprise[3]. Elle vise à répondre à un certain nombre de questions, parmi lesquelles : combien de perles en variscite sont représentées, quels sont les différents types de roches exploités, quelle est la morphologie des éléments de parure, de quels corpus sont-ils les plus proches d'un point de vue technologique et typologique, et de quand datent-ils ?

L'étude a livré ses premiers résultats ; l'objectif de cet article est d'en présenter quelques fragments spécifiquement autour de la question des perles supposées en variscite car elle permet de poser quelques hypothèses de recherche.



Fig. 1 : Localisation de l'ensemble mégalithique d'Arles-Fontvieille (Bouches-du-Rhône, France).

1. Les monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille

1.1 Localisation géographique des monuments

L'ensemble mégalithique d'Arles-Fontvieille se situe dans le sud-est de la France, sur la commune de Fontvieille dans les Bouches-du-Rhône (fig. 1), Il est composé de quatre hypogées, respectivement dit de Cordes (ou grotte des Fées), du Castelet, de Bounias et de la Source, et d'un dolmen dit « de Coutignargues ». Les hypogées présentent des dimensions imposantes, et des caractéristiques architecturales très originales.

1 P.C.R. « Les monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille, état des connaissances, contextes et nouvelles données ».

2 SRA Provence-Alpes-Côte d'Azur, en collaboration avec le LAMPEA (UMR 7269), le musée départemental de l'Arles antique et regroupant des chercheurs de nombreux laboratoires français, et internationaux : CEPAM (UMR 7264), TRACES (UMR 5608), Archéologie des sociétés méditerranéennes (UMR 5140), ARTEHIS (UMR 6298), CCJ (UMR 6573), CEREGE (UM 34), IRAA (USR 3155), PACEA (UMR 5199), LARA (UMR 6566), ADES (UMR 7268), Université de Grenade (Espagne), Université autonome de Madrid (Espagne), Université de Melbourne (Australie).

3 L'étude est réalisée par Laurine Viel dans le cadre d'une thèse de doctorat à l'Université d'Aix-Marseille, sous la co-direction de M. Bailly (LAMPEA) et de S. Bonnardin (CEPAM).

1.2 Description des monuments (architecture, typologie)

Les hypogées sont creusés dans le substrat calcaire mais leur couverture est faite de dalles de pierres à la manière des chambres dolméniques. Ceux de la Source, de Bounias et du Castelet mesurent entre 16,50 m et 18,80 m de long. Celui de Cordes se démarque par ses dimensions exceptionnelles, sa longueur est de 43,30 m, soit plus du double de celle des autres monuments. Malgré cet écart, la morphologie des hypogées est relativement homogène : les édifices sont creusés dans un axe est/ouest, entrée vers l'ouest ; ils possèdent tous une chambre légèrement trapézoïdale (hypogée de La source, de Bounias, et des Cordes) ou rectangulaire (hypogée du Castelet) à laquelle on accède par un escalier puis par un passage rétréci. Tous les monuments étaient recouverts par un tertre ovalaire ou circulaire, mais il n'est quasiment pas conservé aujourd'hui (Cazalis de Fondouce, 1873 ; Cazalis de Fondouce, 1877 ; Benoit, 1930 ; Arnal *et al*., 1953 ; Audibert, 1958 ; Guilaine, 1994, 2003, 2015).
Le monument de Coutignargues, quant à lui, appartient à la catégorie des dolmens à chambre allongée. Contrairement aux hypogées, il est construit dans une fosse et ses murs latéraux, en encorbellement, sont en pierres sèches (Sauzade, 1976). Seul le chevet de la chambre est formé par une dalle trapézoïdale. La chambre, de plan trapézoïdal, mesurait 7,60 m de long, entre 1,20 et 2,30 m de large et 1,90 m de haut à l'origine. Une marche marque le passage entre la chambre et le couloir qui est construit sur 3 m de long et 1,40 m de large (Montaut, 1893 ; Benoit, 1930 ; Arnal *et al*., 1953 ; Sauzade, 1976 ; Guilaine, 2015).
Ces monuments renfermaient des ossements humains qui ont été en grande partie égarés, ce qui n'a pas permis d'analyse anthropologique détaillée, le recrutement funéraire par exemple. Un mobilier très varié était associé aux ossements dans les différents monuments : un poignard en cuivre, des armatures et des grandes lames en silex, des haches polies, des outils de creusement, des outils en os et de la céramique. Il est actuellement étudié dans le cadre du programme de recherches.

1.3 Les recherches : passé / présent

L'histoire des recherches sur ces monuments commence au XVIIIe s. et connaît une histoire assez tourmentée comme beaucoup d'ensembles funéraires découverts durant ce siècle et le suivant. L'hypogée de Cordes est mentionné pour la première fois en 1779 par M. Anibert, historien de la ville d'Arles. La description de cet auteur se fait dans un souci de précision et d'objectivité. L'analyse de ses observations montre que la chambre a déjà été vidée sans qu'aucune documentation n'ait été préalablement constituée. Puis, le monument est signalé en 1835 par P. Mérimée, Inspecteur général des Monuments Historiques. Une dizaine d'années plus tard, en 1854, H. Révoil, sous l'impulsion de P. Mérimée, entreprend de fouiller le couloir d'accès et le vestibule de l'hypogée qui étaient encore préservés. Les recherches vont se multiplier à partir de la deuxième moitié du XIXe s. et prendre en compte l'ensemble des autres monuments. Ces derniers sont fouillés peu à peu, mais la qualité des fouilles varie d'un monument à l'autre : les hypogées de la Source et de Bounias sont vidés sans aucune documentation archéologique (Cazalis de Fondouce, 1873 ; Huard, 1876), tandis que l'hypogée du Castelet est fouillé avec une véritable démarche archéologique (Cazalis de Fondouce, 1878). Ces travaux menés par M. Huard, H. Nicolas et E. Cartailhac et P. Cazalis de Fondouce en 1875 sont principalement publiés par ce dernier au cours des années suivantes (1877, 1878).
Dans le courant du XXe s., deux articles publiés par F. Benoit en 1930 puis J. Arnal en 1953 synthétisent et contextualisent les données alors disponibles pour ces monuments, notamment dans des perspectives diffusionnistes à l'échelle méditerranéenne (Benoit, 1930 ; Arnal *et al*., 1953). À la fin du XXe s., G. Sauzade qui achève la fouille du dolmen de Coutignargues (Sauzade, 1990, 1999) puis J. Guilaine, réactualisent et analysent le site dans son contexte régional et interrégional, tout en s'interrogeant sur la genèse des hypogées en Méditerranée (Guilaine, 1994, 2003, 2011, 2015). Dans son dernier ouvrage (2015), J. Guilaine questionne également la chronologie des hypogées d'Arles-Fontvieille à travers les perles supposées en variscite découvertes dans ces monuments.

1.4 Chronologie des monuments

La chronologie de ces vestiges constitue un enjeu de recherches depuis de nombreuses années. En effet, en raison de l'absence de datations radiocarbone et compte tenu de la fréquentation supposée ou avérée de ces sépultures collectives pendant plusieurs siècles au Néolithique, la chronologie de leur construction et de leur utilisation reste de nos jours encore très imprécise. Elle couvre potentiellement une longue période du Néolithique récent et final du sud-est de la France, entre 3400 et 1900 av. J.-C. (d'Anna, 1995 ; Cauliez, 2009), et concerne donc différents groupes culturels installés sur ce territoire, dont le Ferrières, le Fontbouisse et le Campaniforme. Une analyse plus approfondie des perles qualifiées de variscite s'inscrit donc, avec d'autres travaux en cours ou en projet (datation radiocarbone, études typologiques de mobiliers), dans une perspective de précision chrono-culturelle de ces monuments majeurs du mégalithisme méridional.

2. La parure : le corpus général

Parmi le mobilier funéraire associé aux monuments, figure un ensemble d'objets de parure dont le nombre s'élève à 850 pièces. Celles-ci sont principalement représentées dans l'hypogée du Castelet et le dolmen de Coutignargues, car ils sont les seuls à avoir été fouillés de manière satisfaisante. Ce nombre était initialement sans doute beaucoup plus élevé, mais la qualité médiocre des fouilles de Bounias, de La Source et des Cordes ainsi que les pertes postérieures l'ont fort probablement réduit. Le Musée départemental de l'Arles antique (Bouches-du-Rhône) conserve actuellement l'ensemble de la collection. Plusieurs catégories typologiques sont représentées. Leur classement est pour l'instant établi sur la base de la typologie définie par H. Barge dans les années 1980 (Barge, 1982), mais il fera peut-être l'objet d'une révision future. Treize catégories au moins sont différenciées [tabl. I] :

Catégories typologiques	Nombre d'éléments	Pourcentage
Perle discoïde	754	88,81
Perle biconique	9	1,06
Perle fusiforme	1	0,12
Perle ovoïde	72	8,48
Perle tubulaire	2	0,24
Bouton à perforation en V	1	0,12
Canine de canidé perforée	1	0,12
Brassard d'archet	1	0,12
Plaquette	1	0,12
Pendeloque elliptique	2	0,24
Ebauche	1	0,12
Pendeloque trapézoïdale	3	0,35
Anneau	1	0,12
Total	849	100

Tabl. I : Catégories typologiques d'objets de parure associées aux monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille.

3. Les perles supposées en variscite en particulier : premiers éléments d'une enquête à venir

Parmi ces 850 pièces, plusieurs sont dites en variscite (ou en callaïs) depuis les années 1870 (Cazalis de Fondouce, 1876 ; Huard, 1878 ; Nicolas, 1890). Elles sont d'ailleurs toujours considérées comme telles par différents auteurs faisant référence à ces corpus (Arnal *et al*., 1953 ; Montjardin, 1974 ; Guilaine, 2011, 2015). Et c'est sous ce vocable qu'elles sont inventoriées dans les registres du Musée d'Arles. Pourtant, aucune analyse chimique n'a été réalisée sur ces éléments jusqu'à présent. Leur attribution à la variscite n'a donc rien de certain. Par mesure de prudence, nous emploierons ici l'expression « supposée(s) en variscite ».
Selon ces données, elles constituent actuellement environ un huitième du corpus total d'objets de parure associés aux monuments [tabl. II] et représentent un poids total de 29,62 g[4]. Elles figurent aux côtés d'objets en matières dures animales (bois de cerf, coquillage), en métal (or, cuivre, bronze), et en autres roches (stéatite, roches vertes, calcaire, cristal de roche) qui forment l'essentiel du corpus.

Matières premières	Nb
Supposée variscite	116
Autres pierres	727
Matières dures animales	3
Métal	3
Total	849

Tabl. II : Matières premières représentées dans l'assemblage et nombre de perles supposées en variscite.

Elles sont représentées dans deux des quatre monuments – l'hypogée du Castelet et le dolmen de Coutignargues – et dans des proportions très différentes [tabl. III], qui ne semblent pas liées aux problèmes de fouilles évoqués plus haut, mais à des raisons autres qu'il appartiendra de définir plus tard, car les deux sites ont été fouillés sensiblement avec les mêmes méthodes.

Monument	Nombre de perles en variscite	Poids en g
Hypogée du Castelet	111	27,03
Dolmen de Coutignargues	5	2,59
Total	116	29,62

Tabl. III : Répartition des perles supposées en variscite dans les monuments d'Arles-Fontvieille.

L'attribution de ces perles repose a priori sur un examen ancien, sommaire, à l'œil nu, des objets de parure néolithiques. La probabilité pour que la détermination de la matière première soit fausse ou partiellement fausse existe et la nécessité de caractériser au plus juste la matière au regard des études menées sur les corpus du domaine atlantique (Odriozola *et al*., 2010 ; Querré *et al*., 2008, 2012) se pose clairement ici car, sans elle, nous ne serons jamais sûrs que les perles associées aux monuments d'Arles-Fontvieille font bien partie d'un circuit de diffusion à longue distance d'objets en variscite en

4 Poids mesuré à l'aide d'une balance KERN 440-33N, dont la précision est de 0,01 g.

Europe sud-occidentale à la fin du IVe et au début du IIIe mill. av. J.-C. S'il s'avérait qu'une partie au moins du corpus supposé est en réalité issu d'une autre matière, il appartient également de le déterminer et cette reconnaissance est tout aussi importante que celle visant à identifier les corpus de variscite néolithiques.
C'est pourquoi, un réexamen critique du corpus a débuté. Pour l'heure, il ne s'agit encore que d'une observation macroscopique effectuée à l'aide d'une loupe binoculaire (Leica S8 équipée d'un appareil photographique Canon EOS 5D mark III et du logiciel EOS Utility) et des grossissements allant jusqu'à x45,5. L'examen a fourni des premiers résultats que nous exposons ci-dessous. Cette première étape de la recherche, encore modeste, sera complétée par une caractérisation par spectroscopie infrarouge et des analyses PIXE, en collaboration avec Nicolas Le Maux et Guirec Querré.

4. Premiers résultats de l'enquête

4.1 La matière première des perles : de la variscite, oui, et quoi d'autre ?

La variscite telle qu'elle est déterminée par les auteurs (Dietrich, 1988 ; Odriozola *et al.*, 2010, 2012) est une roche opaque ou translucide, dont les couleurs varient entre le vert, le bleu et le jaunâtre. Très proche visuellement de la turquoise, qui peut prendre des teintes bleu pâle, bleu vert, et vert clair (Foucault *et al*., 1995 ; Encyclopedia Universalis, 2006), la variscite possède également des veines ocres, brunes ou noires.



Fig. 2 : Exemple de perles en matériau A : Photographie macroscopique (Canon EOS 5D mark III et Leica S8 APO) de la perle 133 (ARN 95.00.57) Grossissement x 11. (cl. L. Viel, 2014).

L'examen macroscopique à la loupe binoculaire des perles de l'hypogée et du dolmen révèle que 80 d'entre elles (sur 116, soit 68,87 % du total) possèdent une couleur bleue, turquoise, parfois verdâtre ou blanchâtre. La roche est parcourue de nombreuses veines ou inclusions noires, marron ou beiges (fig. 2). Ces observations semblent correspondre aux caractéristiques générales de la variscite telle qu'elle est décrite plus haut. Il est toutefois possible que la turquoise ait également été utilisée pour fabriquer un certain nombre d'objet du corpus, mais les deux matériaux ne sont pas différenciables par une étude macroscopique.



Fig. 3 : Exemple de perles en matériau B : Photographie macroscopique (Canon EOS 5D mark III et Leica S8 APO) de la perle 146 (COU 95.00.4) Grossissement x 11. (cl. L. Viel 2014)

Les 36 autres perles (31,03 % du total) se détachent de l'assemblage par une couleur, un éclat et une structure différentes : la roche est de couleur verte, semi-transparente, sans inclusions et a, de plus, un aspect feuilleté (fig. 3). Ces observations semblent diverger des descriptions de la variscite ; elles se rapprochent plutôt de muscovite ou de séricite caractérisées par une variété de mica à grain très fin et à reflets verts. Cette roche est généralement massive et compacte, et les micas y sont disposés en lames (Foucault *et al.*, 1995 ; Le Maux, Guillemant, 2015).

Par conséquent, on peut avancer que deux types de matières premières ont été utilisés : de la variscite

ou un minéral proche, que nous appellerons « matériau A » ici, et une ou deux autres roches au moins que nous appellerons « matériau B ». Si ces premières observations doivent être confirmées par des analyses physicochimiques, il est important de montrer que les 116 perles répertoriées dans les deux sites ne seraient donc peut-être pas toutes exclusivement extraites de filons de variscite ; il se peut qu'une partie d'entre elles ait une ou plusieurs origines différentes.
L'étude des perles a été approfondie afin de déterminer la morphologie des éléments et de corréler la typologie aux matériaux A et B, car il est établi que la matière première influence la morphologie des pièces. En effet, les matériaux possèdent des propriétés différentes et ne vont donc pas réagir de la même manière lors du processus de fabrication, conduisant donc à l'obtention de formes différentes.

4.2 La typologie des perles : première tentative

L'étude typologique des corpus de perles en variscite néolithiques s'est comparativement beaucoup moins développée que les recherches sur l'origine des roches : seules quelques rares travaux sont publiés (Arenas *et al.*, 1991 ; Herbaut, Querré 2004 ; Vaquer *et al*., 2008) si bien que ce travail souffre encore, selon nous, de quelques lacunes à combler.
Dans le travail de F. Herbaut et G. Querré (2004), la typologie des perles et pendeloques en variscite du sud-est de la péninsule armoricaine est fondée principalement sur des données métriques et des paramètres morphologiques. Les perles se caractérisent par leur contour généralement discoïde[5] et par la présence d'un méplat sur les faces. Le diamètre du méplat conduit ces auteurs à distinguer trois catégories : des méplats étroits dont le diamètre est compris entre 0 et 2 mm, des méplats moyens dont le diamètre mesure entre 2 et 3 mm et des méplats larges dont le diamètre est supérieur à 3 mm.
Comparativement aux perles décrites par ces auteurs, 115 des 116 perles des monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille sont de forme discoïde ou sub-discoïde (fig. 4) ; une perle se détache du lot par sa section cylindrique (fig. 5). Dans la typologie d'H. Barge (1982), les premières seraient qualifiées de perles irrégulières de type T1 et la seconde de perle de type T2 ovoïde. Cette seconde perle ne sera pas présentée ici.
L'irrégularité de la forme du contour et des faces ainsi que du méplat sont les caractéristiques majeures de ce corpus. Sur ces objets, il n'est pas possible de mesurer le diamètre de la perle et du méplat, comme le recommandent F. Herbaut et G. Querré (2004), car ils n'affichent aucunement la forme d'un cercle mesurable. C'est pourquoi, les longueurs des perles et des méplats ont été les critères pris en compte (fig. 6). Le protocole de mesures révèle que la longueur des perles discoïdes varie entre 5,7 et 12,3 mm ; pour la moitié d'entre elles, elle est comprise entre 7,2 et 8,1 mm. L'épaisseur des objets mesure entre 1,4 et 5,3 mm, mais la moitié a une épaisseur comprise entre 2,4 et 3,4 mm.

Selon ces données, il apparaît que les perles discoïdes sont davantage calibrées dans leur format général que dans leurs dimensions précises. L'irrégularité du contour est, encore une fois, une caractéristique marquante de ce corpus.
Le méplat est situé au centre des faces. Sa morphologie suit celle de la perle, il peut donc être de forme circulaire ou sub-circulaire. Sa longueur varie entre 4,4 et 11,3 mm pour l'ensemble des perles discoïdes sachant que la moitié d'entre elles est située entre 5 et 7 mm de longueur (fig. 7).

Le rapport entre la longueur maximale des perles et la longueur du méplat a été utilisé pour discriminer différents types de méplat. Trois catégories de méplats sont identifiées (fig. 8) : des méplats étroits caractérisés par un rapport supérieur à 2 mm, des méplats moyens par un rapport compris entre 1 et 2 mm, et des méplats larges par un rapport inférieur à 1 mm.
Selon cette méthode, sur les 111 perles de l'hypogée du Castelet, neuf présentent un méplat étroit, 65

5 C'est-à-dire se rapprochant du cercle.

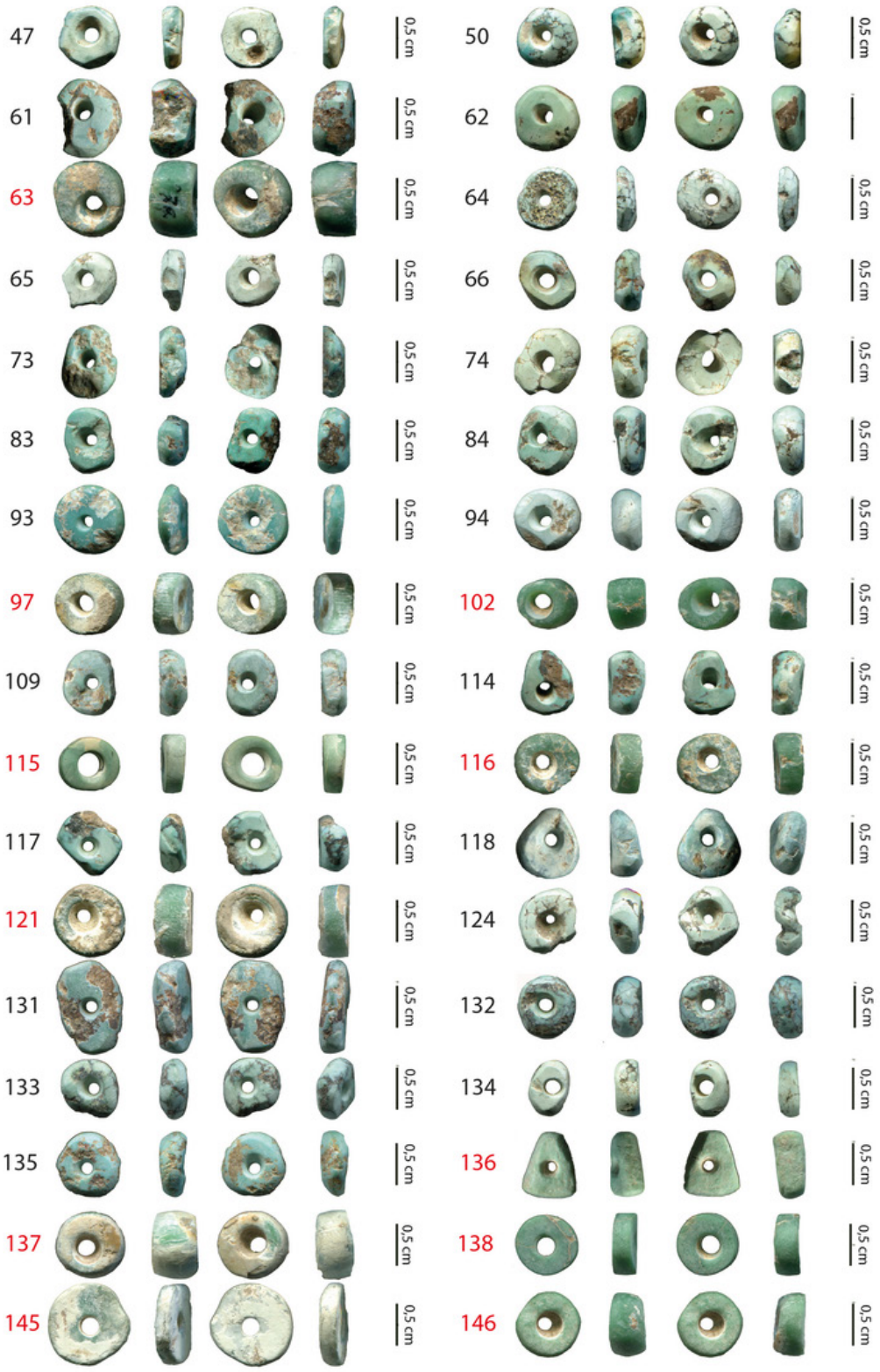


Fig. 4 : Scan de quelques perles supposées en variscite de l'hypogée du Castelet (ARN 95.00.57, en rouge les perles en matériau B) (cl. L. Viel, 2014).



Fig. 5: Scan de la perle cylindrique du dolmen de Coutignargues (COU 95.00.3) (cl. L. Viel, 2014)

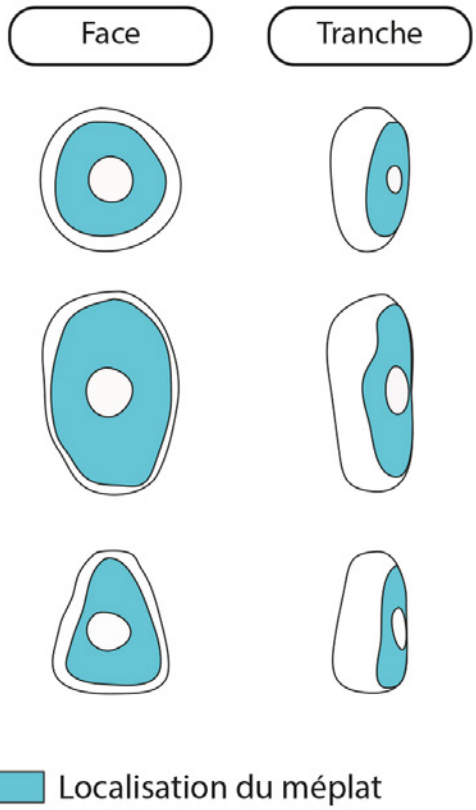


Fig. 6 : Schéma de mesure de la longueur des perles et des méplats.

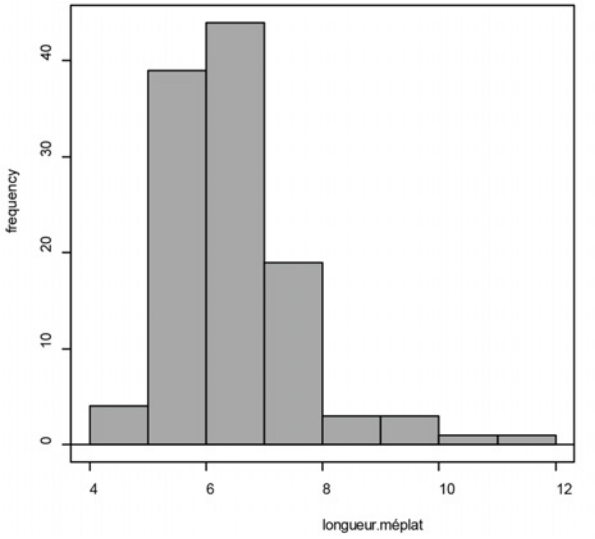


Fig. 7 : Fréquence du nombre de perle en fonction de la longueur maximale du méplat.

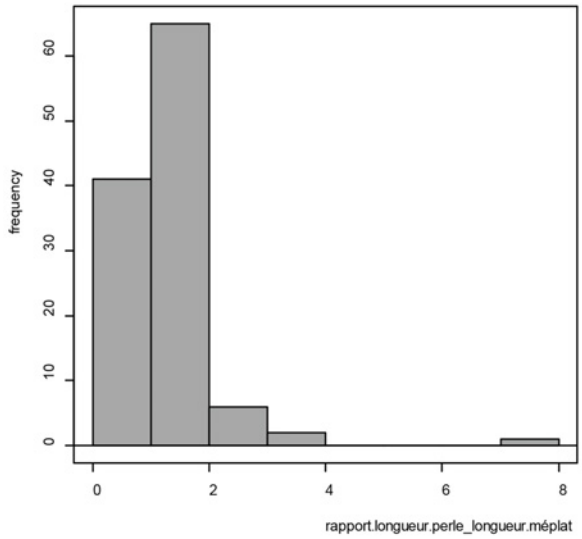


Fig. 8 : Fréquence du nombre de perles en fonction du rapport longueur perle/ longueur méplat.

un méplat moyen et 37 un méplat large [tabl. IV]. Les méplats des quatre perles discoïdes du dolmen de Coutignargues appartiennent aux types moyen et large.

Type de méplat	Etroit	Moyen	Large	Total
Nombre de perles de l'hypogée du Castelet par type de méplat	9	65	37	111
Nombre de perles du dolmen de Coutignargues par type de méplat	0	2	2	4
Total	9	67	39	115

Tabl. IV : Répartition typologique des perles dans les deux monuments en fonction du critère morphologie du méplat.

L'analyse métrique des perles discoïdes, basée sur le rapport longueur perle/longueur méplat, révèle donc qu'une majorité de perles des monuments d'Arles-Fontvieille possèdent un méplat moyen (n=39 sur 115) et large (n=39 sur 115). Les perles avec un méplat étroit sont extrêmement minoritaires. Ce fait a-t-il une relation avec la matière première ? Les perles de méplat étroit, qui se détachent par leur effectif très faible, appartiennent-elles à un matériau en particulier (A ou B) ? Les perles de méplat large sont-elles liées au même matériau que les perles de méplat moyen ? Pour répondre à ces questions, les variables type de matériau (A, B) et type de méplat (étroit, moyen, large) ont été corrélées.

4.3 La corrélation matériaux (A, B) / typologie du méplat (étroit, moyen, large)

La corrélation matériaux (A, B) et typologie du méplat (étroit, moyen, large) montre que les perles dont le méplat est large correspondent majoritairement au matériau B (n=29), alors que les perles avec un méplat étroit ou moyen sont principalement fabriquées avec le matériau A (n=80) [tabl. V].

Matériaux	Méplat étroit	Méplat moyen	Méplat large	Total
A	8	62	10	80
B	1	5	29	35
Total	9	67	39	115

Tabl. V : Distribution des perles en fonction du matériau (« A », « B ») et de la typologie du méplat.

Dans le but de vérifier ces faits uniquement basés sur des données métriques et des observations morphologiques, toutes les perles discoïdes de l'hypogée du Castelet et du dolmen de Coutignargues ont été soumises à un test statistique, hormis la perle cylindrique. Le test d'indépendance du χ^2 aurait pu être choisi pour tester le lien entre les deux variables qualitatives indépendantes (matière/méplat), mais cela n'a pas été possible car il requiert un effectif théorique supérieur à cinq, nécessitant un grand échantillon, ce qui n'est pas le cas ici. Le test exact de Fischer a donc été sélectionné (Poinsot, 2004) car il

permet de tester le même type de variables à partir de plus faibles effectifs[6]. Le test a été élaboré à partir d'une hypothèse de départ (notée H_0) : celle qu'il n'existe pas de lien significatif entre le type de matière des perles discoïdes et le type de méplat. La p-valeur obtenue[7] est de $5{,}712\ 10^{-13}$. Elle est donc inférieure à 0,05. Il est donc possible de rejeter H_0.
Le test exact de Fischer utilisé sur l'ensemble des perles discoïdes issues des monuments montre donc qu'il existe un lien significatif (au seuil de 5%) entre le type de méplat et le type de matière, c'est-à-dire qu'il y a une relation évidente entre les perles de méplat large et le matériau B et les perles de méplats moyen et étroit et le matériau A.

Premières conclusions et questionnements futurs

Dans le sud-est de la France, plusieurs sites archéologiques du IVe au IIe mill. av. J.-C. ont livré des objets de parure en variscite ou supposément en variscite. Ces corpus sont encore relativement inédits car aucune étude d'ampleur n'a été menée à la fois pour caractériser la matière première, identifier les sources exploitées, corréler ces données à la morphologie des pièces et à leurs caractéristiques techniques, et, en définitive, identifier l'origine des objets.
Les perles dites « en variscite » des monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille (Bouches-du-Rhône) constituent l'un de ces corpus et l'un des plus importants dans le contexte de la fin du Néolithique (116 perles au total). Découvertes au XIXe s., lors des premières fouilles des monuments, ces perles font depuis quelques mois l'objet d'une recherche de doctorat en cours.
La matière première des 116 perles n'a pour l'instant été observée qu'à la loupe binoculaire (grossissement jusqu'à X45,5) dans l'attente de pouvoir mener des analyses physicochimiques prochaines[8]. Cet examen macroscopique, plus précis que celui qui avait été réalisé jusqu'alors – seulement à l'œil nu (Cazalis de Fondouce, 1876 ; Huard, 1878 ; Nicolas, 1890 ; Arnal *et al*., 1953 ; Montjardin, 1974 ; Guilaine, 2011, 2015) –, mais incomparablement moins approfondi que les analyses physicochimiques, livre déjà des données nouvelles qui sont présentées ici.
Deux groupes de matières se distinguent : un groupe (nommé « matériau A ») dont la couleur est bleue, turquoise, parfois verdâtre ou blanchâtre et dont la matrice est parcourue de nombreuses veines ou inclusions noires, marrons ou beiges ; un autre groupe (nommé « matériau B ») qui se caractérise par une couleur verte, parfois blanchâtre, et une structure semi-transparente, sans inclusions, qui semble feuilletée.
Ce premier tri suggère que le corpus de perles de couleur verte ou turquoise, découvert au sein des monuments mégalithiques d'Arles-Fontvieille, et considéré jusqu'à présent comme uniformément en variscite, pourrait ne pas l'être strictement, intégralement. Il semble, au contraire, qu'une partie du corpus doive être réattribuée à une ou plusieurs autres roches, qui pourraient être, par exemple, de la muscovite ou de la séricite.
L'étude morphologique des perles a été menée et corrélée au type de matériau observé afin d'identifier un éventuel lien entre les deux. Elle révèle que les pièces sont de forme discoïdale et possèdent un méplat et une perforation centrale. Leur longueur est comprise entre 5,7 et 12,3 mm. Surtout, leurs contours et leurs surfaces, sont de nature plutôt irrégulière et ceci constitue une caractéristique forte du corpus.
Un test statistique a été mené pour vérifier la corrélation entre le type de matériau et la typologie (discriminée par le type de méplat). Il s'agit du test exact de Fisher (Poinsot, 2004) qui révèle que les perles dont le méplat est moyen et étroit sont principalement en matériau A, tandis que celles dont le méplat est large sont particulièrement liées au matériau B.

6 Le test a été réalisé à l'aide du logiciel e statistique R, et du package Rcmdr.

7 C'est-à-dire la probabilité d'obtenir une valeur de la variable de test encore plus élevée que celle calculée à partir des données observées si H0 était correcte.

8 Analyses PIXE en collaboration avec Guirec Querré.

Il apparaît donc, à l'issue de ces études préliminaires, qu'il existe bel et bien un lien entre typologie et matériau. Ce fait soulève plusieurs questions et hypothèses : a) soit l'irrégularité est liée à la matière première et dans ce cas il s'agira de vérifier, avec les résultats des analyses PIXE, si les variations morphologiques observées dépendent de la matière première ou non ; b) soit l'irrégularité est liée au processus de fabrication, il s'agira alors de replacer les objets dans la chaîne opératoire ; c) soit elle est l'empreinte, la signature technique d'un tailleur de pierre ou d'un atelier en particulier et il faudra alors rapprocher ce corpus de productions similaires allochtones ; d) soit elle est la marque d'une période particulière au Néolithique où l'irrégularité des contours constituait l'une des caractéristiques des assemblages produits et il sera alors nécessaire de comparer la collection aux productions contemporaines. Il faudra vérifier scientifiquement l'ensemble de ces possibilités afin d'examiner si les types de perles découverts au sein des monuments d'Arles-Fontvieille sont issus des mêmes processus de fabrication ou non, si l'assemblage déposé au sein des monuments est de même origine ou non et s'il date d'une même période ou non. En outre, cette analyse devra comprendre une comparaison avec d'autres corpus de perles.

Les monuments d'Arles-Fontvieille, utilisés en effet pendant une longue période couvrant vraisemblablement la fin du IVe, ainsi que le IIIe et le début du IIe mill. av. J.-C., contiennent potentiellement des perles en variscite – ou en autres roches – d'origines variées, fabriquées à différentes périodes de la fin du Néolithique et déposées à différents moments dans le temps. L'étude en cours s'attachera à vérifier l'ensemble des hypothèses et à répondre aux différentes interrogations posées ici.

Bibliographie

Anibert, M. 1779. *Dissertation topographique et historique sur la montagne de Cordes et ses monuments.* Arles, [s. n.].

Arenas, J.A., Banolas, L. et Edo, M. 1991. La callaïta, Transformacio de la materia primera a Can Tintorer. In *9 colloqui international d'Arqueologia de Puigcerda, Estat de la investigado sobre el Neolític a Catalunya* : 200-202. Andorra.

Arnal, J., Latour, J. et Riquet, R. 1953. Les hypogées et stations néolithiques de la région d'Arles-en-Provence. *Études roussillonnaises* 3(1) : 27-69.

Arribas, A., Galán, E., Martín-Pozas, J.-M., Nicolau, J. y Salvador, P. 1971. Estudio mineralógico de la variscita de Palazuelo de las Cuevas, Zamora (España). *Studia Geologica* 2 : 115-132.

Audibert, J. 1958. Réflexions sur le Chasséen. *Bulletin de la Société préhistorique française* 55(1) : 94-104.

Barge, H. 1982. *Les parures du Néolithique ancien au début de l'Age des métaux en Languedoc*. Paris, Centre national de la recherche scientifique.

Benoît, F. 1930. La nécropole du Castellet. *Bulletin et mémoires / Institut des fouilles de Provence et des Préalpes* 1 : 51-81.

Cauliez, J. 2009. *Espaces culturels et espaces stylistiques au Néolithique final dans le Sud Est de la France : dynamiques de formation et d'évolution des productions céramiques.* Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille I - Université de Provence.

Cazalis de Fondouce, P. 1873. Les temps préhistoriques dans le Sud-est de la France : Allées couvertes de la Provence. *Mémoires de la Section des lettres / Académie des sciences et lettres de Montpellier* 8 : 1-32.

Cazalis de Fondouce, P. 1877. Les Allées couvertes de la Provence. *Bulletin Monumental* 5: 439-461.

Cazalis de Fondouce, P. 1878. *Les temps de la Préhistoire dans le sud-est de la France : Allées couvertes de Provence.* Paris et Montpellier, Mémoires de l'académie de Montpellier.

D'Anna, A. 1995. Le Néolithique final en Provence. In J.-L. Voruz (éd.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le bassin rhodanien* : 265-286. Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne.

Dietrich, J. E. 1988. *Les parures néolithiques du sud de la France : guide minéralogique.* Paris, Centre national de la Recherche scientifique.

Domínguez-Bella, S. et Morata-Céspedes, D. 1995. Aplicación de las técnicas mineralógicas y petrológicas a la Arqueometría. Estudio de materiales del dolmen de Alberite (Villamartín, Cádiz). *Zephyrus* 48 : 129-142.

Edo, M., Blasco, A. et Villalba, M.J. 1990. Approche de la carte de distribution de la variscite des Mines de Can Tintorer, Gavá (Catalogne). In M.R. Séronie-Vivien et M. Lenoir (dir.), *Le silex de sa genèse à l'outil. Actes du V Colloque international sur le Silex* : 287-298. Paris, Centre national de recherche scientifique (Cahiers du Quaternaire 17).

Encyclopedia universalis, 2006. *Dictionnaire des roches et des minéraux : pétrologie et minéralogie :* 1060. Paris, Albin Michel.

Foucault, A. et Raoult, J.-F. 1995. *Dictionnaire de Géologie*. Paris, Masson (4ème édition révisée et augmentée).

Guilaine, J. 2003. *De la vague à la tombe : La conquête néolithique de la Méditerranée (8000-2000 avant J.-C.)*. Paris, Éditions du Seuil.

Guilaine, J. 1994. *La Mer partagée : la Méditerranée avant l'écriture 7000-2000 avant Jesus-Christ*. Paris, Hachette.

Guilaine, J. 2011. *Méditerranée mégalithique : dolmens, hypogées, sanctuaires*, Lacapelle-Marival, Archéologie nouvelle, .

Guilaine, J. 2015. *Les hypogées protohistoriques de la Méditerranée Arles et Fontvieille*. Arles, Éd. Errance.

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Huard, M. 1876. *L'Allée couverte de Castellet*, extrait des comptes rendus du congrès tenu à Arles par la Société française d'Archéologie en septembre 1876. Tours, Imprimerie Bouserez.

Le Maux, N. et Guillemant, R. 2015. L'ébauche de pendeloques de Barrou, «Les Ayez» (Indre-et-Loire) - Approche régionale et logique de diffusion des parures en séricite au Néolithique. *Bulletin des Amis du Musée de Préhistoire du Grand-Pressigny* 66 : 17-31.

Lemercier, O., Blaise, E., Cauliez, J., Furestier, R., Gilabert, C., Lazard, N., Pinet, L. et Provenzano, N. 2004. La fin des temps néolithiques. In J. Buisson-Catil, A. Guilcher, C. Hussy, M. Olive et M. Pagni (éd.), *Vaucluse préhistorique : le territoire, les hommes, les cultures et les sites* : 203-252. Barthélémy, Le Pontet.

Montaut, R. F. S. 1893. Tumulo-menhir de Coutignargue. *Cosmos* 414 : 133-137.

Montjardin, R. 1974. *La préhistoire récente des Baux et des Alpilles*. [s.n., s.l.]

Nicolas, H. 1890. Tumulo-dolmen de Coutignargue à Castellet, près d'Arles (Bouches-du-Rhône). *Bulletins de la Société d'anthropologie de Paris* 1(1) : 477-489.

Odriozola Lloret, C. P. et Linares Catela, J. A., 2012. Cuentas de Variscita: Producción, circulación y presencia en contextos funerarios del Suroeste Peninsula. In M. Borrell, F. Borrell Tena, J. Bosch Argilagós, X. Clop Garcia, M. Molist Montaña (éd.), *Actes : Xarxes al Neolític : Congrés Internacional : Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterránia occidental (VII-III millenni AC)* : 323-332. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Odriozola, C. P., Linares Catela, J. A. and Hurtado Perez, V. M. 2010. Variscite source and source analysis: testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of archaeological Science* 37(12) : 3146-3157.

Poinsot, D. 2004. *Statistiques pour statophobes*, consulté en 10/2015 : [http://perso.univ-rennes1.fr/denis.poinsot].

Querré, G., Herbault, F. and Calligaro, T. 2008. Transport of Neolithic variscites demonstrated by PIXE analysis. *X-Ray Spectrometry* 37 : 116-120.

Querré, G., Domínguez Bella, S. et Cassen, S. 2012. La Variscite ibérique : exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In G. Marchand et G. Querré (éd.), *Roches et sociétés de la Préhistoire : Entre massifs cristallins et bassins sédimentaires* : 307-315. Rennes, Presses universitaires de Rennes.

Roscian, S., Claustre, F. E. et Dietrich, J. 1992. Les parures du Midi méditerranéen du Néolithique ancien

à l'Age du Bronze : origine et circulation des matières premières. *Gallia préhistoire* 34(1) : 209-257.

Sauzade, G. 1976. Le Dolmen de Coutignargues, commune de Fontvieille (Bouches-du-Rhône). *Congrès Préhistorique de France* 20 : 568-580.

Sauzade, G. 1983. *Les Sépultures du Vaucluse, du Néolithique à l'Age du Bronze. Laboratoire de Paléontologie humaine et de Préhistoire*. Paris, Institut de Paléontologie humaine.

Sauzade, G. 1990. Les dolmens de Provence occidentale et la place des tombes de Fontvieille dans l'architecture mégalithique méridionale. *Travaux du Laboratoire d'anthropologie et de préhistoire des pays de la Méditerranée occidentale* 1989 : 191-212.

Sauzade, G. 1999. Des dolmens en Provence. In J. Guilaine (éd.), *Mégalithismes de l'Atlantique à l'Ethiopie* : 125-140. Paris, Errance.

Vaquer, J., Gandelin, M., Hérouin, S. et Labadie, D. 2008. La sépulture 1 de Villeneuve-Tolosane (fouilles L. Méroc), révision d'une ancienne découverte. In J. Vaquer, M. Gandelin, M. Remicourt et Y. Tchérémissinoff (éd.), *Défunts néolithiques en Toulousain* : 45-73. Toulouse, Archives d'Écologie préhistorique.

Villalba, M.J., Blasco, A., Edo, M., Arenas, J.-A. et Bañólas, L. 1989. Minería neolítica. Can Tintorer ; una aportación fundamental. *Revista de Arqueología* 96 : 13-24.

The time of callaïs: radiocarbon dates and Bayesian chronological modelling

Bettina Schulz Paulsson, Serge Cassen, Carlos Rodríguez-Rellán, António Faustino Carvalho, Jean-Sebastien Vaquer, Miguel Molist Montaña, Josep Bosch Argilagós, Mònica Oliva Poveda

Abstract. Research on the provenance of rare green stone materials has produced new insights into the value systems of societies in western and central Europe between the 6th and 3rd millennia cal BC. This contribution presents the results of a Bayesian statistical analysis of 406 current available radiocarbon results from variscite and turquoise (*callaïs*) contexts in Europe, along with the results of provenance analyses, undertaken to investigate the fine-grained temporal pattern for the exploitation, circulation and deposition of *callaïs* artifacts.
Keywords: radiocarbon dates, Bayesian analysis, *callaïs*, variscite, turquoise, Europe.

Résumé. Les recherches sur la provenance des matériaux rares en pierre verte ont permis de mieux comprendre les systèmes de valeurs des sociétés d'Europe occidentale et centrale entre le VIe et le IIIe millénaire av. J.-C. Cette contribution présente les résultats d'une analyse statistique bayésienne de 406 résultats radiocarbones actuellement disponibles concernant des contextes de découverte de variscite et de turquoise (*callaïs*) en Europe, accompagnés des résultats d'analyses de provenance, entrepris pour étudier le schéma temporel détaillé de l'exploitation, de la circulation et des dépôts d'objets en *callaïs*.
Mots-clés : datations radiocarbone, analyse bayésienne, *callaïs*, variscite, turquoise, Europe.

Introduction

Recent provenience studies on *callaïs* and on artefacts of Alpine jades have produced new insights into the movement of these rare green minerals and the value system of Neolithic and Chalcolithic societies in western and central Europe. We used a Bayesian statistical approach and 406 current available radiocarbon results from variscite and turquoise (*callaïs*) find contexts in Europe, along with the results of provenance analyses, to investigate the fine-grained temporal pattern for the exploitation, circulation and deposition of *callaïs* artifacts [tabl. 1]. In a first important step, we critically reviewed these 406 dates, obtained from the 1960s to the present, assessing their quality and the reliability of the sample contexts. Several of the sample materials are problematic from a scientific point of view. Charcoal and wood samples have the possibility of an inbuilt age; human bone can be enriched with older carbon, if marine or riverine resources were an important part of the diet. Moreover, contamination of sample material could not be excluded for early radiocarbon dates, with insufficient or inadequate pre-treatment procedures. We classified the sample contexts according to their reliability and the stratigraphic relationship between the sampled material and the *callaïs* beads. Contexts were deemed to be reliable ("strong") if there was a clear, direct relationship with the beads, as in the case of a bone from a single individual buried with *callaïs* beads. "Medium" contexts were those with a vertical or horizontal proximity, as in the case of dated human bone from a collective burial with successive interments, with *callaïs* beads present. Data from these contexts do not necessarily reflect the deposition of the greenstone artifacts and require some extra discussion. Finally, "weak" contexts exhibited no clear direct relationship with the beads. We therefore focused on analyzing radiocarbon dates from *callaïs* contexts rated as having a strong or medium reliability.

To build a chronological *callaïs* sequence that is as precise as possible, we adopted a Bayesian modelling approach using the program OxCal 4.1 (Bronk Ramsey, 2009a, b) and the IntCal09 calibration data (Reimer *et al.,* 2009). The Bayesian statistical method is now a well-established way to constrain the scatter

inherent in calibrated calendar dates, thereby tightening the chronology. We combined the radiocarbon dates with the archaeological information relating to stratigraphic contexts, associated cultural material, burial rites and funerary architecture. For some of the sites with available radiocarbon results and a suitable sequence we constructed single-phase or multi-phase models with phase boundaries. For the investigated regions of northern and southern France, Catalonia, western Spain and Portugal we established sub-regional multi-phase models, taking into account the culture-historical classifications of the incorporated sites. The results of Bayesian-modelled dates are given after convention in italics.
Most of the data employed here have been collated from research literature, some of it still unpublished or of variable quality in its presentation. Yet the available radiocarbon dates for *callaïs* contexts in Europe and the chronological models that we have produced allow us to discern trends in use, and to reconstruct a scenario for the exploitation and circulation of this precious greenstone mineral between 5500 cal BC and 2000 cal BC.

1. Northern France

For northern France we have analyzed 34 radiocarbon dates from 13 sites. Most of these dates have been obtained from graves containing variscite or turquoise beads (*callaïs*). The relation between the callaïs and the dated event is more or less reliable, as discussed further below. There are, however, general problems in dating funerary contexts – especially in north-west France – that must be considered. This region exhibits a distinctive sequence of Neolithic funerary monuments and an exceptional peculiarity and diversity of megalithic architecture. Many of these monuments are composed of multi-phased structures, which were renewed and extended over centuries, and organic material was frequently mixed up due to these secondary building activities. Settlement structures under grave monuments are common. For Brittany, there is very little bone material preserved in the acidic soil of the region. This makes it hard to determine when monuments were constructed and used, and when the callaïs was deposited. Most of the sample material is represented by unidentified charcoal with all its methodological problems, such as an inbuilt age and uncertain taphonomy. In west central France, there are other problems in using dated bone material from possible ossuaries to create a chronological classification of the monuments and of *callaïs* deposition in them (Schulz Paulsson, 2017, p. 85-87).

The earliest evidence for callaïs use in northern France comes from its easternmost part, at Plichancourt, Marne. Les Monts is an early Neolithic pit burial which contained one variscite pendant. Associated human bone has been dated to *5199-4847 cal BC (95.4%; 5076-4856 cal BC, 68.2%)* (fig. 6). The source for this variscite has been determined, with high reliability, as Encinasola in Spain (Herbaut, Querré, 2004, and see Querré, this volume).

The earliest reliable radiocarbon dates for *callaïs* contexts in north-western France fall some centuries later, and come from the Carnac mounds of Mont Saint-Michel, Er Grah and Tumiac. The construction sequence for the tumulus Mont Saint-Michel, as based on excavation reports of the 1860s and 1920s (Galles, 1862; Le Rouzic, 1932; Schulting *et al.*, 2009, p. 10), features as its initial phase a small, above – ground closed chamber, wholly dry stone – built, located under the centre of the eastern mound. To the south of this main chamber another small, but accessible, empty chamber is located. Either the main chamber or both chambers were first covered by a circular stone cairn and then by an elongated tumulus, before the whole structure was incorporated within the massive earth and stone mound which is visible today. In the eastern end of the final mound, a small north-east-oriented passage grave is located. Hearths and smaller stone structures attest to activities which took place on the site before the construction of the first elongated tumulus and the final mound. Furthermore, from Le Rouzic's excavations, a series of 21 smaller stone so-called cists around the two central chambers is recorded (Le Rouzic, 1932). From the chambers and these "cists" came small fragments of calcined bones. The bones from the main chamber

were identified as being human, while those from the cists are the remains of ruminants (Boujot, Cassen, 1998, p. 113; Schulting *et al*., 2009, p. 770). In the whole complex, altogether 127 variscite artifacts have been found, of which 110 beads and pendants came from the central drystone-built chamber. The dating of the whole building sequence is insecure, with only five radiocarbon results. Four of the samples for radiocarbon dating were obtained from the central drystone chamber, with the fifth coming from the final mound. Two of the results from the main chamber were obtained from the same cremated human bone (namely GrA-20197, 5780±45 BP and UB-6869, 5845±38 BP) (Schulting *et al*., 2009, p. 773). Combined, they indicate a calibrated date of *4777–4585 cal BC (95.4%; 4722–4616 cal BC, 68.2%)* (fig. 1) The other two results from the chamber derive from single-entity charcoal samples. One is *4667–4363 cal BC (AA-42784; 5665±54 BP, 95.4%; 4580–4403 cal BC, 68.2%*, Pétrequin *et al*., 2002). The other, due to its excessively large standard deviation, is effectively unusable (SA-96; 5720±300 BP, Delibrias *et al.,* 1966). Since the main chamber is not accessible and the burial had been a single act, one should not expect a younger determination of the charcoal than for the bone samples from the main chamber, but there is a gap of around 200 years. Therefore, either this charcoal intruded into the chamber during the building of the first tumulus, or else the bone sample is contaminated. Therefore, it is not possible to demarcate the date of this first phase of activity, namely the burial and the deposition of the large callaïs in the main chamber, more precisely than *4777-4363 cal BC (95.4%; 4585-4403 cal BC, 68.2%)*. The latest result, obtained from a sample from the eastern passage grave filling, *4339–3631 cal BC (95.4%; 4235–3715 cal BC, 68.3%*, GSY-89; 4980±150 BP) (Coursaget *et al*., 1966; Cassen *et al*., 2012) (fig. 1), relates to the later construction of the final mound and the passage grave.

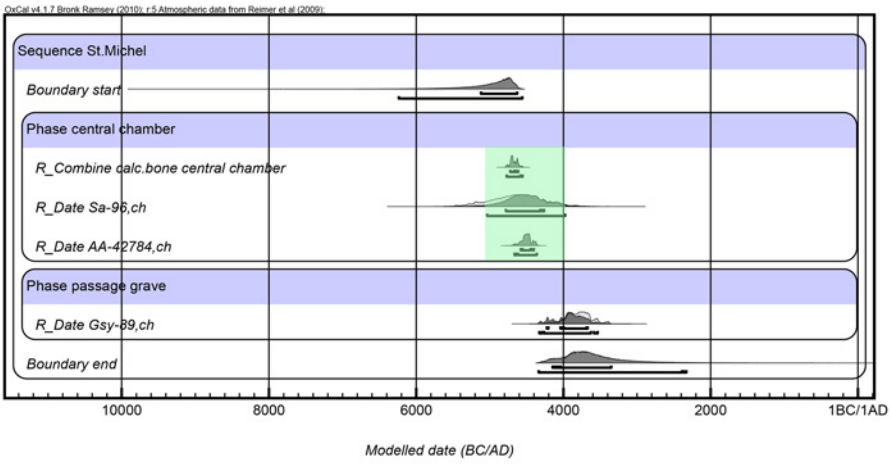


Fig. 1: Probability of the radiocarbon dates from the Carnac mound of Saint Michel in Carnac. Model agreement: Amodel: 95.4, Aoverall: 96.7.

Along with the Table des Marchands, the Grand Menhir, and the now-disappeared alignments of standing stones, the Carnac mound of Er Grah forms part of a cluster of Neolithic monuments in Locmariaquer, in the Morbihan (Le Roux *et al*., 2006; Cassen *et al*., 2009, p. 741-765). The 140m long, north-south-oriented monument was constructed in at least two phases and under the tumulus, a pre-monument settlement layer is documented, containing charcoal and Castellic-style artefacts (Cassen *et al*., 2000, p. 327; 2009, p. 744) (figs. 3.23, 3.24). There are eight radiocarbon determinations available, some of which relate to this settlement layer under the tumulus and its immediate environs (Le Roux *et al*., 2006, appendix; Cassen 2009, p. 751). Two radiocarbon results from organic residue – extracted from a Castellic sherd recovered at the level of the settlement surface under the tumulus (Lyx 56 (OxA), 4885±65 BP; Lyx 55 (OxA), 5650±50 BP) were excluded from the model. The method used to obtain these dates was experimental at the time.

The radiocarbon measurement exhibits either a « modern » intrusion or the method was not adequately developed. Another sample from the outer pavement was likewise excluded (Gif-7691; 5250±70BP), to keep the model constrained to the monument. The termini post quos radiocarbon results from the pre-monument activities hint at a time interval spanning at least *5461–4721 cal BC (95.4%; 5330–4790 cal BC, 68.2%)* (fig. 2). The presence of lithic material belonging to the Châtelet arrowhead horizon, and a sample from a hearth (3) dated to *5461-5030 cal BC (95.4%; 5330-5070, 68.2%)* are further evidence for an early Neolithic occupation of the place. Hearth 3 was cut by pit e4, which contained an ox bone which has been dated to *5036-4721 cal BC (95.4%; 4954-4790 cal BC, 68.2%)*. Stratigraphically, the pit is associated with the monument, as confirmed by the presence of material in the pit fill such as a middle Neolithic arrowhead and, in the upper fill, a complete Castellic pot – a unique feature in the entire site (Le Roux, 2006, p. 192). Given this evidence, the ox bone clearly represents intrusive material, rather than dating the monument's construction to the early 5th millennium, as had formerly been proposed (Cassen, 2009, p. 744).

In the northern part of the monument, a drystone chamber with 1m high side walls, a megalithic capstone and an entrance structure was documented (Boujot, Cassen, 1998, p. 112; Boujot, Cassen, 2000, p. 64; Le Roux, 2006). The monument was re-excavated in the eighties (Le Roux, 2006) and this investigation revealed anew the complexity of the building sequence. The grave chamber was covered by a round tumulus with a short entranceway, which was infilled either directly after the burial of the chamber's occupant or somewhat later, in order to prevent the grave from being accessible. According to the excavators' interpretation, the grave chamber, the round mound and the trapezoidal cairn represent a single phase of construction, Phase 1, with all the elements being built at the same time. Thus, the round tumulus just represents one part of this initial phase of construction. This phase is associated with early Castellic material. In the chamber, a variscite pendant was found. The excavators have attributed two radiocarbon dates to this phase, but neither of the dated samples originated in the chamber. These two dates (hearth C, 1 A-8916, 5760±70BP and pit e13, A-8915, 5495±60BP) together calibrate to *4692-4269 cal BC (95.4%; 4603-4338 cal BC, 68.2%)* (fig. 2).

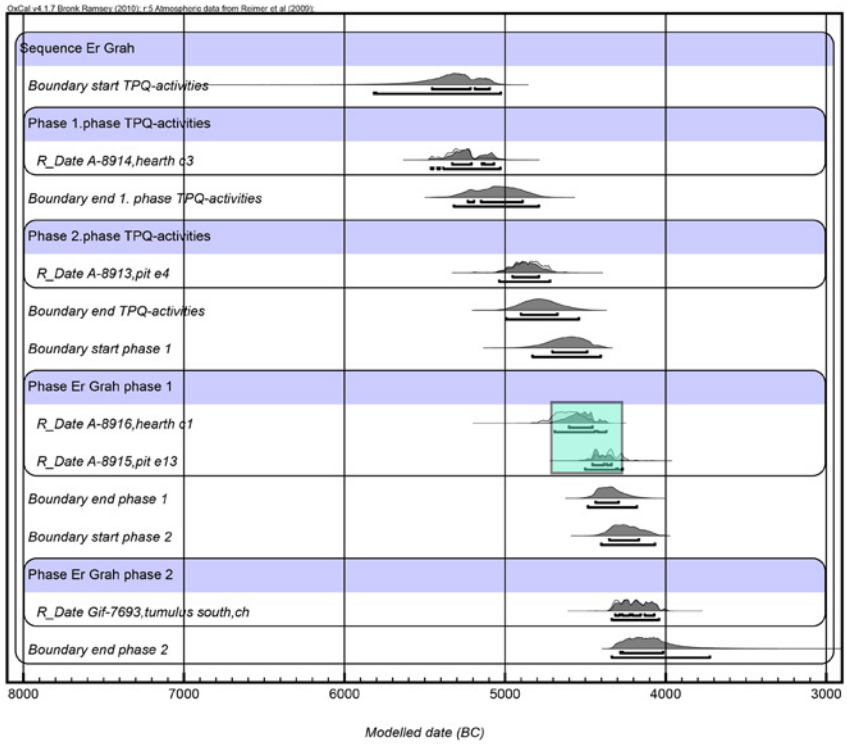


Fig. 2: Radiocarbon determinations from Er Grah. Model agreement: Amodel=79.2, Aoverall=80.1.

The building sequence of the circular Carnac mound of Tumiac (or Butte de César) near Arzon in the Morbihan is easier to understand. Tumiac is a monument with approximately 50m diameter and, at present, 15m high. The eastern part of the tumulus covered a cist measuring 3m x 2.4 m, mostly constructed from stone slabs but with drystone walling in its eastern third and at its entrance. The cist was closed and then covered, first by a round or a semi-circular stone cairn, and then by a final round earthen tumulus with no indication of any entrance or passage (Fouquet, 1862; Galles, 1878; Le Rouzic, 1935; Herbaut, Querré, 2004, fig. 3). According to the 19th century explorations (Malaguti, 1862; Cassen, 2011, p. 8), human remains belonging to one adult individual were discovered in the chamber. Accompanying this individual was a remarkable amount of jade and fibrolite artifacts and, with 251 *callaïs* beads and pendants, this constitutes the richest assemblage of stone grave goods in the Morbihan region. Four new radiocarbon dates are available, thanks to the European JADE2 research programme, directed by P. Pétrequin with E. Gauthier. One of these was obtained from a secure context, namely the wooden floor of the chamber. However, because this floor had been constructed using massive oak planks, we need to take into account the possibility of a significant old wood effect. We assumed an offset of 300 years (N (10, 300)), (fig. 3), which is the average for massive oak. The other two dates are from samples positioned quite close to each other and originating from sediments close to the chamber. From these dates, and assuming that the construction of the grave chamber and the burial of the individual occurred at the same time (or at least with no significant interval), the deposition of the *callaïs* is estimated to date to *4485-4332 cal BC (95.4%; 4450-4357 cal BC, 68.2%)* (fig. 3).

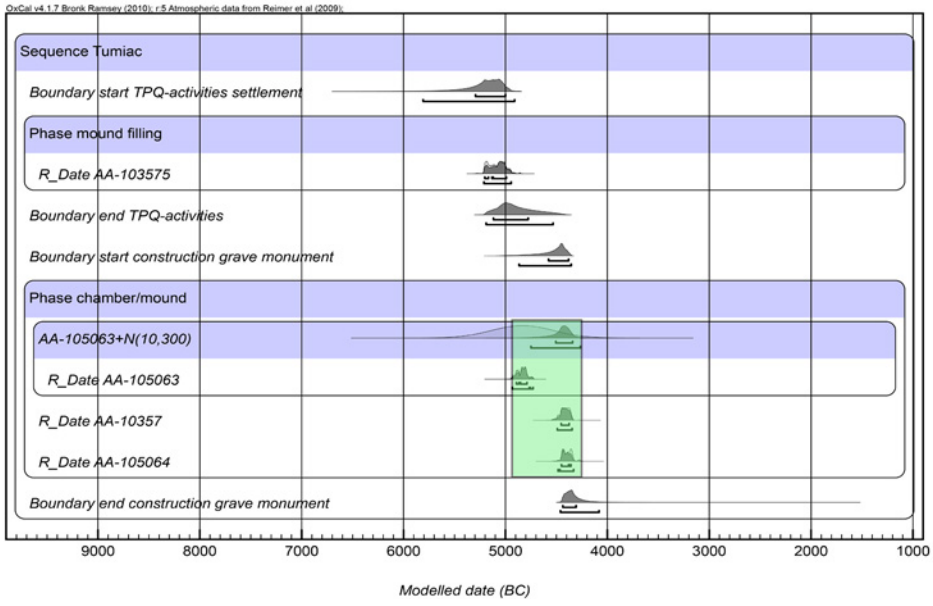


Fig. 3: Radiocarbon determinations from Tumiac. Model agreement: Amodel=84.6, Aoverall=85.3.

Contemporary with the Carnac mounds, there is a reliable context with variscite from north-east France, Replats at Aime, Rhône-Alpes (Cassen *et al*., this volume). The cist contained one variscite bead. Two radiocarbon dates from human bones (Gely, 2005) suggest a date of *4585-4343 cal BC (95.4%; 4499-4368 cal BC, 68.2%)* (fig. 6).

There are possible indications of an earlier use of callaïs artifacts in north-west France, in the form of earlier radiocarbon dates. However, none of these dates comes from a secure context, and in some cases there are additional problems with the poor quality of the dates. A variscite bead is documented from a pre-monument layer under the passage grave of Table des Marchands. There is just one radiocarbon date available to date this layer (Ly-13083; 5930±45BP). This is from the foundation pit for the back

stone of Table des Marchands (TDM)-a stele that had been erected prior to the passage grave and was subsequently incorporated into it: *4933-4714 cal BC (95.4%; 4846-4727 cal BC, 68.2%)*. A second date (Gif-7555; 5040±70BP) comes from a sample located outside the chamber (hearth F3, which is contemporary with the TDM cairn): *3971-3667 cal BC (95.4%; 3946-3774, 68.2%)* (cf. Schulz Paulsson, 2017, fig. 3.41).

The passage grave of Kercado in Carnac contained 156 variscite beads. One radiocarbon date gained from a charcoal sample, unidentified as to species, is available, but it has a very large standard deviation: 5840±300 BP (SA-95, 5464-4055 cal BC, 95.4%; 5048-4368 cal BC, 68.2%).

The Petit Mont, a complex structure with several construction phases, is located further to the south in Arzon on the Rhuys peninsula (Lecornec, 1987, 1994; Giot, 2007, p. 107; Cassen, 2009, p. 752). Today, the final stone cairn measures 60m x 46m and is between 6m and 7m high. In its initial stage, a long and low mound was erected. The tomb associated with this mound has not been identified, so there is no access to it. The next phase is represented by a trapezoidal stone tumulus (cairn I). The tomb associated with this mound has not been excavated either, but its position is nevertheless visible from the top of the cairn; it had collapsed (Cassen, 2009). The third structure is a round stone cairn which covers at least two tombs, each orientated to the east (passage graves II and III). Altogether, 11 radiocarbon determinations from charcoal samples are available (Lecornec, 1994; Cassen, 2009, p. 752, fig. 3.44) (fig. 4). One radiocarbon result from the initial long barrow or tertre is calculated to *c*. 4420 cal BC (Gif-6844, 5650±70 BP; *4428–4348 cal BC, 68.2%; 4515–4333 cal BC, 95.4%)*. Since there is also a date from the old ground surface of *c*. 4530 cal BC (Gif-6846, 5600±70 BP, *4547–4427 cal BC, 68.2%*; *4679–4387 cal BC, 95.4%)*, it is likewise possible that this charcoal originates from the pre-monument layer. A series of seven radiocarbon determinations is available from chamber II, passage II, passage IIIB, and from the eastern façade of the final mound. The construction of grave II, which is the earliest passage grave of the complex according to Lecornec (but not proven by the stratigraphy), is dated to *3944–3798 cal BC (95.4%, 3887–3817 cal BC, 68.2%)*. One result is available from the passage IIIB, indicating construction or use of grave III at *3882–3777 cal BC (95.4%; 3847–3803 cal BC, 68.2%)*. The date for a charcoal sample from the eastern façade suggests activities at the final tumulus cairn III *c. 3670 cal BC (3760–3639 cal BC, 68.2%, 3808–3536 cal BC, 95.4%)* (fig. 4). Chamber II produced clear Auzay-Sandun material, as did the entrance of IIIB, while from chamber IIIA only Late Castellic material was found, such as the fragment of a footed cup (*coupe-à-socle*) (Lecornec, 1987, fig. 21 to 25). A sequence of Auzay-Sandun to Castellic would be quite contradictory to the regional ceramic chronology. Thus, doubt is cast on Lecornec's hypothetical building sequence. Three variscite beads were found in chamber IIIA during the excavation by Galles and Cussé in 1865, and four further beads were collected during Lecornec's excavation; the variscite pendant was discovered behind chamber IIIA, at the base of the cairn I façade.

Further to the south and in the west part of Saint-Nazaire in Loire-Atlantique, four radiocarbon dates from charcoal samples from the grave complex Dissignac are at our disposal (L´Helgouach, 1990). A pre-monument layer is documented, with Middle Mesolithic and Early Castellic material (Cassen, 2004; Cassen, 2009, p. 755) and a variscite bead. Three of the dated samples originate from the pre-monument layers and are dated to *6230–3973 cal BC (95.4%; 5589–4274 cal BC, 68.2%)* (fig. 6).

A later passage grave complex with radiocarbon dates and *callaïs* artifacts is Ile Carn in Ploudalmézeau (Giot, 1987, 2007, p. 42; Giot *et al*., 1998; Sparfel, Pailler, 2009, p. 205-209). Ile Carn is a structure with three passage graves under a stone tumulus. Three variscite beads were found in a mixed burial layer with secondary depositions in the northern grave. Four radiocarbon dates, three of them with large standard deviations between ±150 and ±250, are available. One charcoal sample from the central chamber (Delibrias *et al*., 1970, p. 431) provided a radiocarbon result of *4313–3811 cal BC (95.4%; 4226–3965 cal BC, 68.2%*; Gif-1968, 5230±75 BP) (fig. 6).

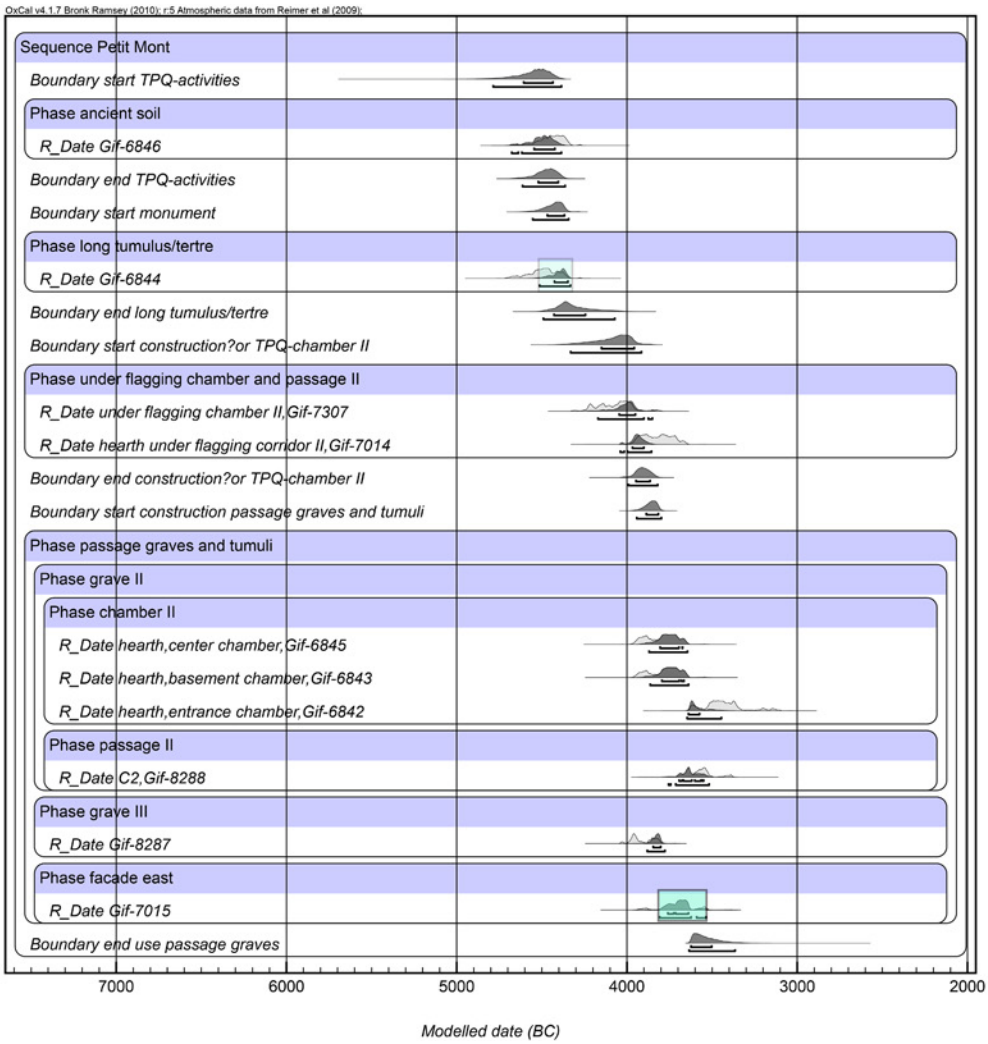


Fig. 4: Probability of the dates from the Petit Mont in Arzon. Model agreement: Amodel=74.4, Aoverall=77.8. The varisicite artifacts are associated with passage grave III and possibly with the earlier long barrow/tertre.

The chronology of the *callaïs* contexts in west-central France is even more complex and needs some closer consideration. We have radiocarbon dates from human bones from graves associated with variscite objects in the cemeteries of Les Chiron/Bougons, in Bougon. There is evidence, however, that these graves served partly as ossuaries (Chambon, 2003 ; Schulz Paulsson, 2017, p. 71-75), and because of that, the dates from the human bones cannot be taken as an indication of the construction of the graves or the use of the variscite found in them. The cemetery of Les Chiron/Bougons in Bougon near La-Mothe-Saint-Héray in Deux Sèvres comprises six monuments, A–F. These complexes, partly built in several phases, are round or long stepped drystone cairns, with altogether eight passage graves and two closed graves (Mohen, 1986; Mohen, Scarre, 2002). Variscite beads were found in chambers E1 and F2. The radiocarbon date from chamber E1 (Ly-966, 5800±230 BP) comes from one of the contexts that has been described as an ossuary. Moreover, it suffers from a large standard deviation and its use in dating the deposition of the variscite beads is therefore limited. The first stage of monument F is represented by the drystone passage grave F0 built at the southern end and covered by a round cairn. The monument was then possibly extended to the north with the megalithic passage grave F2 at its northern end. There are two dates from the megalithic passage grave F2 at the northern end of monument F: *4224–3289 cal BC (95.4%; 3894–3409 cal BC, 68.2%*; Ly-967, 4790±220 BP) and *3941–3188 cal BC (95.4%, 3652–3352, 68.2%*, Ly-968, 4440±230 BP) (fig. 5, fig. 6). One result is available from a quarry on the level of chamber F2: *4362–4052 cal BC (95.4%; 4346–4174*

cal BC, 68.2%) (fig. 5, Schulz Paulsson, 2017, p. 71-75). This is contemporary with the earliest of the later individuals in chamber F0 and it offers a possible construction date for chamber F2. The finds from the chamber comprised middle Neolithic Chasséen and late Neolithic material (Mohen, Scarre, 2002, p. 94).

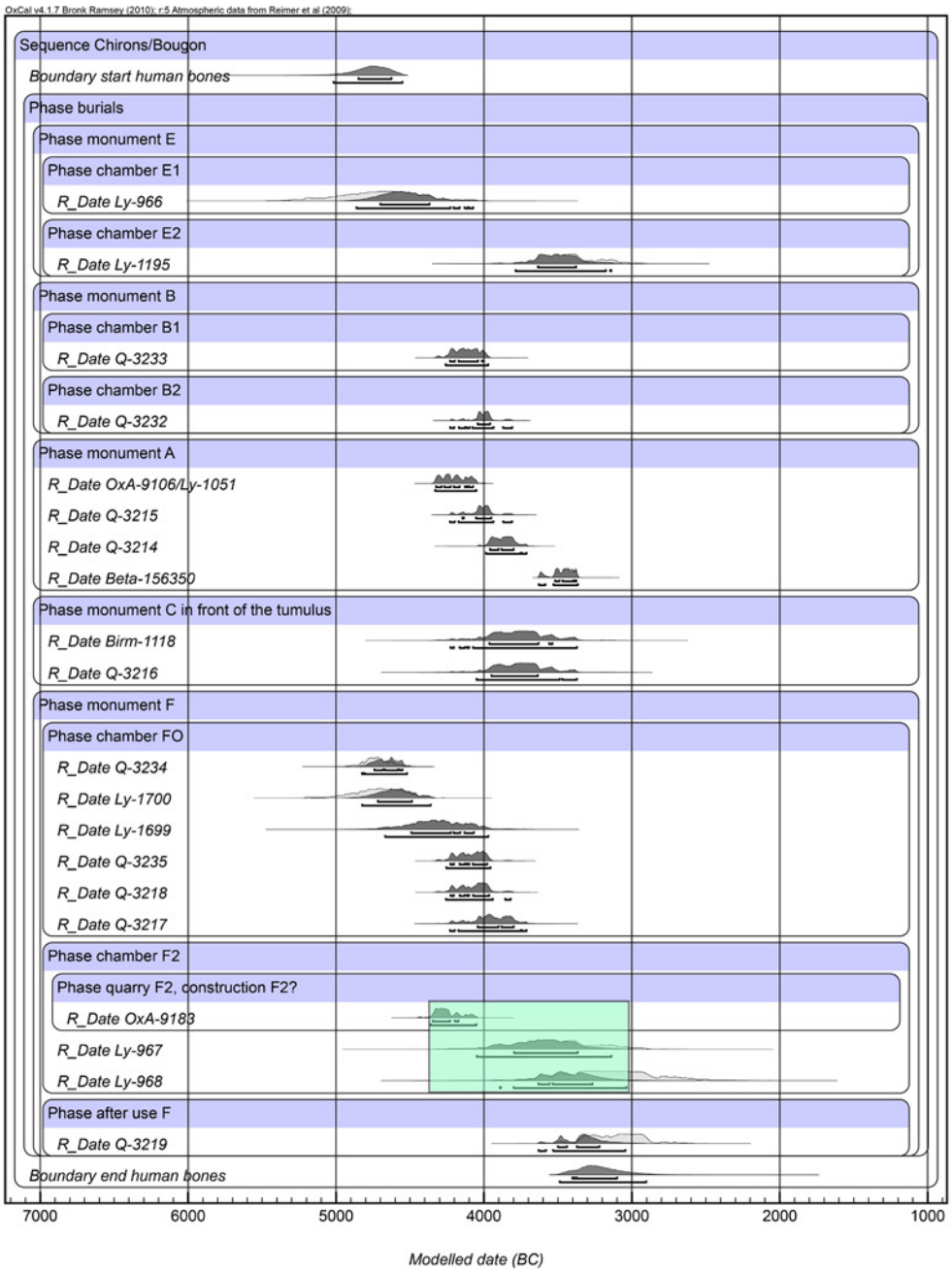


Fig. 5: Probability of radiocarbon determinations from monuments A-F, Chirons/Bougon. Model agreement: Amodel=96.4, Aoverall=94.5. The green bar marks the probability for the variscite deposition. The early dates from chamber E1 and F0 are, as discussed, likely to relate to secondary deposits of human remains (Schulz Paulsson, 2017).

Later *callaïs* occurrences are documented within the gallery graves of northern France. Radiocarbon results are available for the gallery graves ("*allées sépulcrales*") found in the Paris Basin. These are similar to the megalithic gallery graves, but were built in wood and partly covered by megalithic capstones.
From Porte-Joie in Eure, there is a subterranean gallery grave, featuring one stone-lined grave (allée sepulcrale) (pit XIV) and one timber-built gallery grave (tomb 1), formerly complete (Billard *et al*., 1995; Chambon, Salanova, 1996; Billard, 2007, p. 145). Four radiocarbon results are available from tomb 1, including from human bone samples, with the earliest result *c*. 3120 cal BC *(3264–2924 cal BC, 68.2%; 3331–2915 cal BC, 95.3%)* and the last result from the Early Bronze Age, *c. 1600 cal BC (1872–1325 cal BC, 68.2%; 2111–1092 cal BC, 95.5%)* (cf. Schulz Paulsson, 2017, p. 91). The grave goods of these burials consist of one variscite bead, stone or bone beads, axe head pendants, two small gold plates, and leaf-shaped arrowheads.

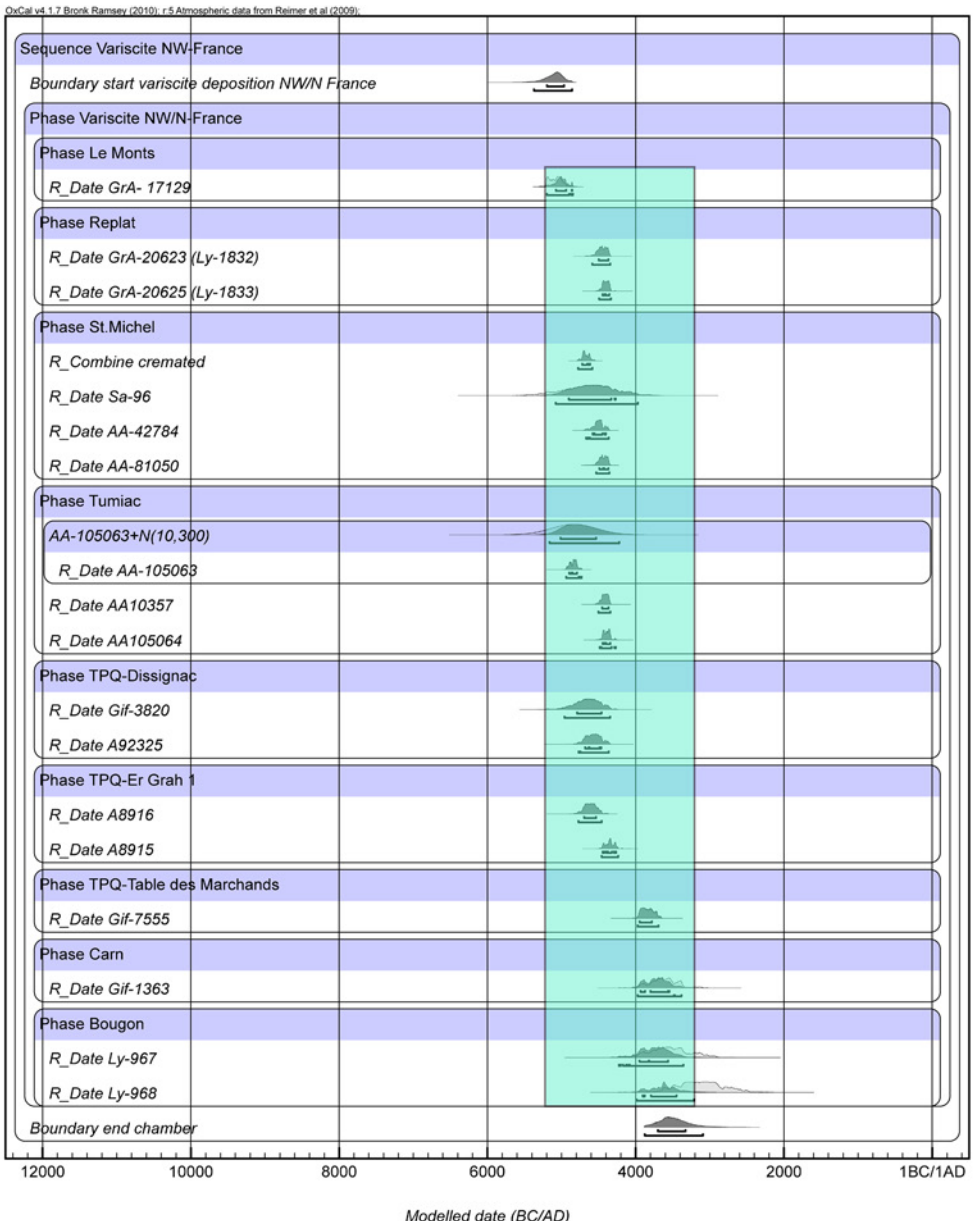


Fig. 6: Probability of all available radiocarbon dates for reliable callaïs contexts in northern France. Model agreement: Amodel=86, Aoverall=81.4.

La Butte Saint-Cyr in Val-de-Reuil is a gallery grave with an MNI of 109 individuals. Both sexes and all ages, except for small children under two years of age, are represented. Four radiocarbon determinations from human bone are available, with the earliest result from c. 3370 cal BC onwards (Ly-123, 4690±90 BP; 3362−3101 cal BC, 68.3%; 3498−3016 cal BC, 95.4%) and latest result from *c.* 2690 cal BC (Ly-125; 2865−2621 cal BC, 68.2%; 2881−2505 cal BC, 95.4%). The grave goods consist of six variscite beads, SOM pottery, flint daggers, mussel shells, bear or bovid teeth, lignite beads and copper objects, including copper beads and two copper daggers (Billard *et al*., 1995).

The significance of these dates is limited since so many individuals are buried and we do not know which one was associated with the deposition of the variscite bead.

2. Southern France

For southern France there are 25 radiocarbon dates relating to *callaïs* deposition. Four of these, with a standard deviation of over ±100, were excluded for the analysis. Around 15 of these dates are from funeral contexts, the remainder originating, as far as we know, in domestic contexts.

The radiocarbon results indicate that variscite artifacts circulated in southern France during the Early Chassey horizon, from *4309-4053 cal BC (95.4%; 4271-4067 cal BC, 68.2%)* onwards (fig. 7). Potentially the earliest evidence for callaïs comes from grave 33 in Béziers, le Crès (Loison, Schmitt, 2009), where one bead is associated with a child. Three other graves (22, 29 and 33) within the Béziers funeral complex are dated to *4309-4045 cal BC (95.4%; 4271-4052 cal BC, 68.2%)*. Two more radiocarbon dates belonging to this time horizon are from human bones from a silo grave (Cugnaux, ZAC Agora, sept. 30) and from an underground pit (Cugnaux, ZAC Agora, sept. 13): *4258-3999 cal BC (95.4%; 4189-4045 cal BC,68.2%)*. These graves are contemporary with another grave (Cugnaux, ZAC Agora, sept. 19) where one variscite bead was found (Marlière *et al*., 2008). Further finds of variscite are associated with Chassey and Montbolo phase individuals buried at Toulouse, St. Michel-du-Touch and Villeneuve-Tolosane (La Terrasse), natural caves (Montou) and the enclosure at Carcassonne, Auriac.

In the final Neolithic Chassey period further callaïs artifacts are recorded from caves and inhumation graves dating to between *3904 and 3596 cal BC (95.4%; 3798–3631 cal BC, 68.2%)*. Excavations in the cave Grotte IV de Las Claousos in Auriac produced six *callaïs* beads (five of variscite, one of turquoise) (Guilaine *et al*., 2015a), while the site at Villeneuve-Tolosane/ La Terrasse produced ten beads, of which six are from a funeral context (Vaquer *et al*., 2008).

There is more evidence for the use of variscite ornaments in the early Chalcolithic horizon, *3444–3095 cal BC (95.4%; 3372–3161 cal BC, 68.2%)* (fig. 7), again within caves (Saint-Jean et Saint-Paul, Grotte des Treilles; Blandas, Grotte des Pins; Boucoiran/Grotte du Chemin de Fer), a hypogeum (Roaix, Les Crottes), the megalithic graves of Béziers/ Cabrials and the dolmen de Laure-Minervois, Saint-Eugène.

There are some secure associations of variscite beads in closed Bell Beaker complexes, for example at Trèbes, le Mourral, but these lack radiocarbon dates. Their date can be estimated at *c*. 2500–2300 cal BC.

3. Catalonia

Altogether 56 radiocarbon dates are associated with variscite depositions in Catalonia. For the Bayesian analysis, it was necessary to exclude a large proportion of the dates (n=20): four of these are of low reliability regarding stratigraphy and context, while the others have a standard deviation of ±350 years. The latter are, however, considered in passing in the text. Twenty-six of the radiocarbon dates derive

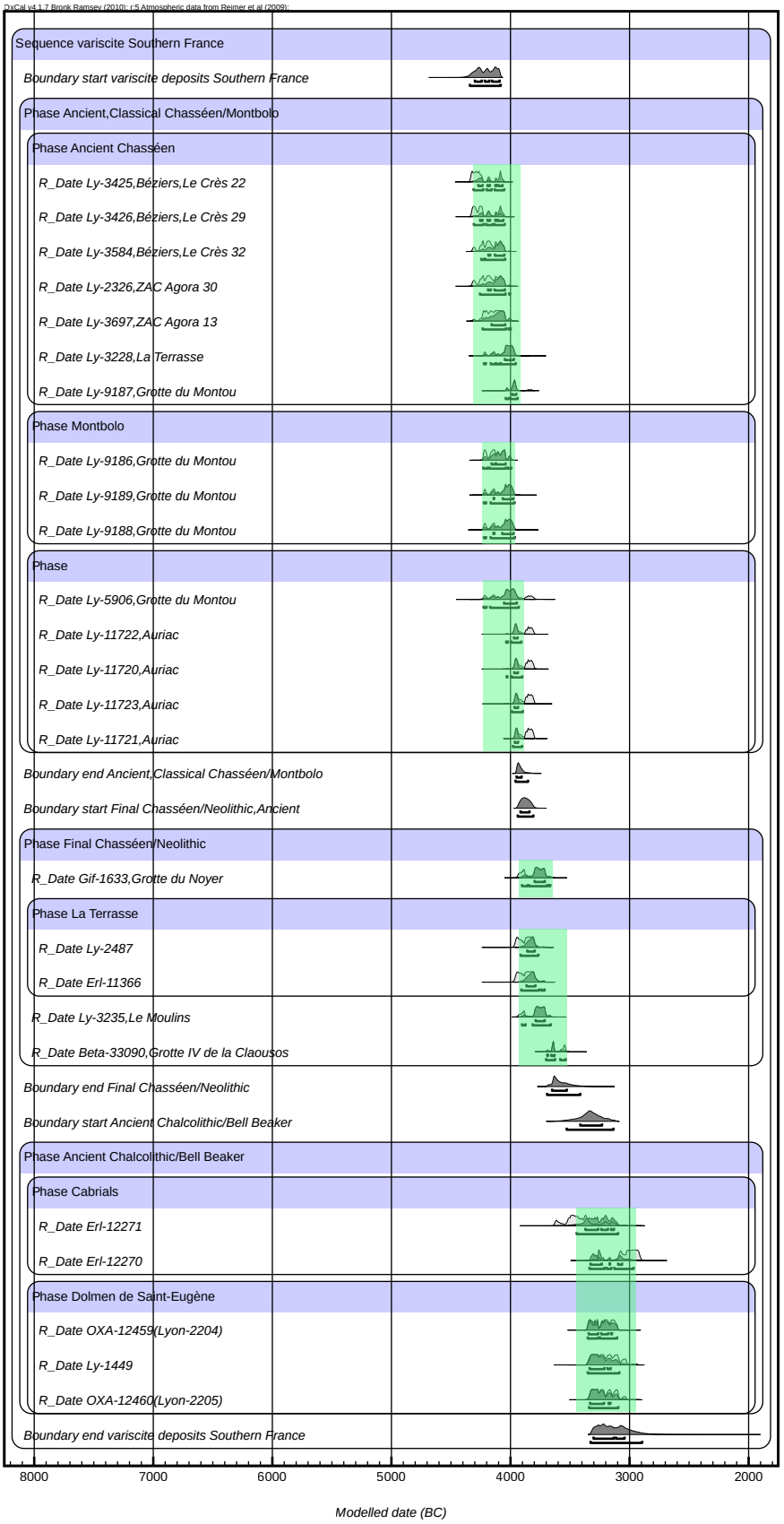


Fig. 7: Probability of all available radiocarbon dates from reliable variscite contexts in southern France. Model agreement: Amodel=68.8, Aoverall=65.4.

from funeral contexts and 30 are connected with the important variscite mine Can Tintorer in Gavá and the mining activities there. Provenance analyses have demonstrated that the raw material for the variscite artifacts in Catalonia originates in this mine.

In the early Neolithic/Epicardial/Postcardial horizons the earliest variscite depositions, comprising one to three beads, come from funeral contexts in natural caves such as Cova de l'Avellaner and Cova de Can Sadurní and date to *4741-4347 cal BC (95.4%;4599-4363 cal BC, 68.2%)* (fig. 8) onwards (Edo *et al*., 2011). There is only weak evidence for earlier depositions: the date of 5920±180 BP (Gak-12933) from the Cova de l´Avellaner has an unacceptably large standard deviation. The same is true of the date of 5880±110 BP (Beta-61490) from charcoal from the Barranc d'en Fabra (sep 4) hypogeum (Baldellou, 1972). Moreover, the context of this date is insecure and no other hypogeum is known from this time horizon. The latest available reliable date for the cave depositions is from the Cova de Can Sadurní (OxA-15490; 5279±31BP; *4230-4101 cal BC, 68.2%; 4234-4048, 95.4% cal BC)*. For the middle Neolithic, variscite artifacts continued to be deposited in funeral contexts such as hypogea (Can Roqueta, Can Gambús, Bòbila Madurel) and cists (Pla del Riu de les Marcetes) (Carlús *et al*., 2008; Gibaja *et al*., 2010; Allièse *et al*., 2014). The mine activities at Gavà Can Tintorer date from *4036-3806 cal BC (95.4%; 3997-3848 cal BC, 68.2%)* onwards. Gavà Can Tintorer is a Neolithic variscite mine and workshop for the manufacture of jewelry, situated on the coast of Catalonia. Mine shafts were dug into the schist and there are also traces of the extraction and working of the mineral from exterior areas. There are altogether 32 radiocarbon results for the mines available (Buxó *et al*., 1991; Bosch, Estrada, 1994; Villalba *et al*., 1998; Bosch, Borrell, 2009; Bosch, 2010). Eight dates were excluded from the analysis due to having excessive standard deviations. There is only one date (I-12.731, 5350±190BP; 4360-3969 cal BC, 68.2%; 4582-3714 cal BC, 95.4%) obtained from charcoal from mine 8, which suggests that mining started earlier here. However, this date cannot be accepted, even if the evidence from early Neolithic variscite depositions in general suggest early mine activities, since its standard deviation is excessive; and in any case, with unidentified charcoal there is always the potential danger of an inbuilt age. The mining activities in mines 16, 70, 6 and 5 seem to have started at *4041-3822 cal BC (95.4%; 3998-3595cal BC, 68.2%)*. The radiocarbon dates for mines 7, 28, 84 and 90 suggest that variscite mining atarted there around 200 years later. The latest dates and the date for the end of the Gavá mines fall within the time interval *3645-3439 cal BC (95.4%; 3635-3439, 68.2%)* (fig. 8). No reliable evidence exists for later variscite depositions during the final Neolithic in Catalonia. The charcoal sample for one date (Gif-6925; 4270±70BP), from a domestic cave (cova 120) with one variscite bead, comes from an insecure context.

4. Western Spain

Western Spain is the largest region considered in this work, with altogether 180 radiocarbon dates being associated with *callaïs* artifacts. For this analysis, 157 radiocarbon dates have been used, coming from moderately or strongly reliable contexts. Furthermore, this region has an important role to play in explaining the production and distribution of green beads, given that two of the three main variscite mines exploited during prehistory, namely Palazuelo (Zamora) and Encinasola (Huelva), are located there.

During the early Neolithic, the earliest variscite artifacts have been found in natural caves or collective burials. Among the reliable variscite contexts with available radiocarbon dates the Cueva de Chaves de Bastaras, in Aragón, and Paternanbidea in Navarra, deserve to be highlighted (Baldellou *et al*., 2012). The early variscite there probably originates from the mines of Can Tintorer, in Gavà (Catalonia). This is also the case for those recovered in the similar context of Cueva del Moro de Olvena (*ibid*.). The variscite artifacts from Cueva de Chaves de Bastaras come from a layer (Ia) that contains charcoal and human bone. Four charcoal samples and one human bone were dated. The results are fairly consistent and hint at a time interval of *5346-4902 cal BC (95.4%; 5269-4983, 68.2%)* (fig. 9). One charcoal sample had an earlier offset of *c.* 100

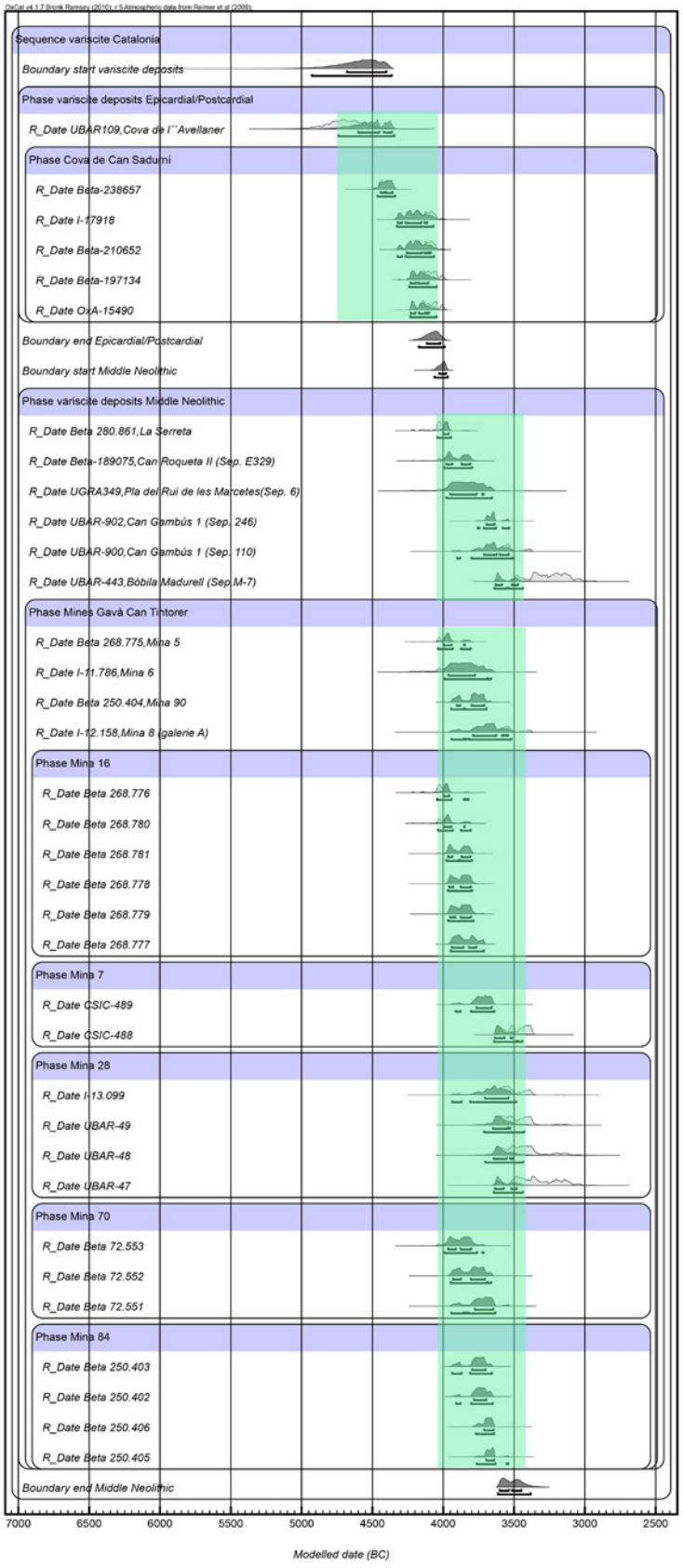


Fig. 8: Probability of all available radiocarbon dates from reliable variscite contexts in Catalonia. Model agreement: Amodel=86.9, Aoverall=83.6.

years and this potential inbuilt « old wood » age was corrected. Meanwhile, Paternanbidea is a site where several pits containing collective burials have been recorded. Six dated human bones from Fosa 1 and 2 hint at a time interval of *5290-4802 cal BC (95.4%; 5223-4871 cal BC, 68.2%)*. A greenstone bead was associated with the skull of a child aged around one year recovered in Fosa 1 (García Gazoláz, 1998; Baldellou *et al.*, 2012).

After a hiatus of *c*. 700 years, variscite was again used as a raw material for beads and pendants and it became increasingly popular, to judge from the ornaments recovered from middle Neolithic graves, dating from *4187-3988 cal BC (95.4%; 4101-4046 cal BC, 68.2%)* onwards. Several contexts with green beads also have radiocarbon sequences: this is the case with the mound of Fuentepecina 2, several megalithic graves (Tremedal de Montehermoso, San Martín and Chabola de la Hechicera), the collective burial El Miradero and also the tholos of La Sima II (Soria). The raw material for at least one of the variscite beads found in the Fuentepecina 2 (Burgos) mound suggests Can Tintorer (Gavà) as its source. The same origin is proposed for ornaments recovered from other sites in Burgos province, such as La Sima II, although this has not been yet confirmed analytically. Palazuelo has been identified for the first time as the source for the variscite beads found in the mound of Río Fortes (Ávila) (Estremera Portela, Fabián García, 2002). The only available radiocarbon date comes from charcoal from a burnt layer (Beta-164477, 4970±80 BP; *3951-3641 cal BC, 95.4%; 3909-3656 cal BC, 68.2 %)*. However, due to the heavily disturbed nature of this site and to the presence of grave goods of allegedly more recent date, we cannot

exclude the possibility that the variscite was deposited during a secondary re-use of the mound.
Another problematic context with variscite beads ascribed to the middle Neolithic is the megalithic grave of Alberite, Cadiz; the 110 variscite beads found there make this one of the largest occurrences of this material in the region. Three radiocarbon dates have been obtained: *4328–3661 cal BC (95.4%, 4255–3715 cal BC, 68.2%)* (Beta-80602, 5320 ± 70 BP; Beta-80600, 5110 ± 140 BP, Beta-80598, 5020 ± 70 BP). All three come from charcoal samples from a « find at the base of the tomb », associated with a layer of ochre. Even if the hearth where some of the charcoal was recovered is partly interpreted as indicating the use of the interior of the grave (*e.g.* García Sanjuán *et al*., 2011, 126), we have to take into consideration the possibility that it may instead relate to an earlier use of the site. In addition, the structure was partly destroyed by ploughing and it is possible that older charcoal found its way into the chamber as a result. Furthermore, this kind of architecture is associated with later periods, both in Andalusia and in other European regions. All in all, then, the evidence points towards this being a later grave form, with the dates being *termini post quos*.

The fact that most of the funerary contexts in question are collective graves involving successive burial episodes makes it much harder to determine the exact time of the variscite deposition. For the tholos of La Sima, three radiocarbon dates are available, from the bones of some of the 20 or so individuals buried there. Variscite beads, allegedly from the Can Tintorer mines, have been found among the grave goods (Rojo Guerra *et al*., 2005). The dates hint at a time interval of *3765-3532 cal BC (95.4%; 3706-3541 cal BC, 68.2%)*. Meanwhile, in La Velilla-where an MNI of between 71 and 76 individuals has been identified – five dates are available, from human bones, rabbit bones and charcoal (Zapatero Magdaleno, 2015). These belong to the middle Neolithic, within a probability range of *3966-3365 cal BC (95.4%; 3786-3412 cal BC, 68.2%)*. However, we must bear in mind that such dates do not necessarily reflect that of the deposition of the variscite. There are far more individuals buried than have been dated and the variscite cannot be associated with any specific individual. Thus, variscite may have been deposited within a short time interval during the middle Neolithic, or else it may have belonged to individuals who were added to the monument later. There are eight more radiocarbon dates for human bones from La Velilla, and these belong to the late Neolithic and the early Chalcolithic periods, *3187-3011 cal BC (95.4%; 3121-3060 cal BC, 68.2%)*.

From the same horizon are two radiocarbon dates obtained from the rock-cut tomb Paraje de Monte Bajo (E2). These come from charcoal that was either connected to the construction of the grave or to the cremation of one of the 60 individuals found there. However, the reliability of these dates is not very secure; the same can be said of the identification of the green beads as being of variscite (Lazarich *et al*., 2009).

The cave of San Juan ad Portam Latinam, in the Basque country, exhibits a sequence of radiocarbon results associated to a huge amount of human remains (with an MNI of 289), some of which would have been deposited inside the cave accompanied by a small number of green beads (Vegas Aramburu, 1999). Six dates obtained from human bones have produced a modelled range of *3211-3017 cal BC (95.4%; 3147-3049 cal BC, 68.2%)*.

Chabola de la Hechicera, also in the Basque country, is a passage grave displaying a sequence of deposition of human remains spanning the date range *3224-3009 cal BC (95.4%; 3139-3051 cal BC, 68.2%)* (Fernández Eraso, Mujika-Alustiza, 2013). Again, we need to take into account the fact that this monument was used for a long time for burial, so the dates do not necessarily reflect the time when the green stone ornaments were deposited.
Although there is evidence for the circulation of variscite beads during the early and middle Neolithic, it seems clear that, in western Spain, the most intense period for the production and distribution of these

objects was the third millennium cal BC. Most of the radiocarbon sequences at our disposal belong to this time horizon, and they come from (*inter alia*) the tholoi of La Pijotilla 3 and El Sotillo, the settlements of Aldeagordillo, Camino de las Yeseras, la Teta, Cantera de las Hálagas, Las Peñas and Humanejos, the cave of San Juan ad Portam Latinam, the collective burial of El Tomillar, the rock-cut tombs of Valle de las Higueras, Castillejo del Bonete, cueva B and the passage graves of Trincones 1, Alto de la Huesera and Tres Montes. These dates cover a span of *3022-1872 cal BC (95.4%; 2988-1889 cal BC, 68.2%)* (fig. 9).

Even though we do not yet have reliable dates for the mines in western Spain that would allow us to assert such a hypothesis, nevertheless the larger amount of variscite that was circulating during the third millennium cal BC may be an indication that both production centres in this area reached their peak production at that time. In this sense, and according to the provenance analyses conducted so far, the products from the Palazuelo and Encinasola mines seem to "corner the market" of western Iberia at that time, with the variscite from Gavà being almost absent from the archaeological record in the region.

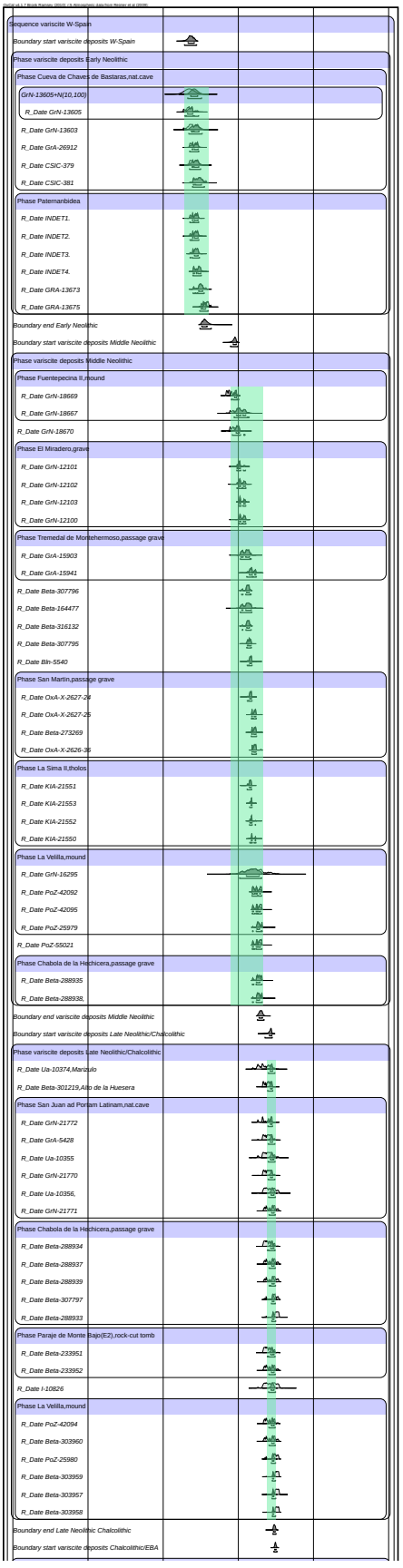
5. Portugal

For Portugal, 37 sites with variscite ornaments are known, and there are over 100 radiocarbon results available. For the analysis only those dates from contexts with a medium or a strong reliability were used. This reduces the number to 41 determinations.

There is evidence for a potential early Neolithic phase in Portugal with variscite artifacts within a burial cave context, thus similar to the Spanish evidence. The Caldeirão cave in Estremadura is so far one of the very few early Neolithic contexts in Iberia with variscite artifacts and the only one with radiocarbon results available. Three variscite beads are documented. Radiocarbon results, obtained from two animal bones and a human bone, suggest a date range of *4989-4543 cal BC (95.4%; 4846-4622 cal BC, 68.2%)* (fig. 10). However, since the cave has a long history of occupation, with funerary and settlement activity extending from the early Neolithic to the Visigoth period, we have to bear in mind that the beads may belong to a phase later than the early Neolithic. Indeed, the excavator's ongoing re-analysis of the later prehistoric collections from this site suggests that they should be linked instead to its middle or late Neolithic occupation (J. Zilhão, pers. *inf.;* see Carvalho, this volume). Until a definitive study is published, however, we shall provisionally assume that the dates are a reliable indicator for the period of variscite use.

The same cannot be said for the Monchique Mountain, in the western half of the Algarve region. Here, some variscite beads were recovered in "proto-megalithic" cists during excavations in the 1940-50s. Although a relatively early date (5th millennium BC) has been proposed for the older examples of these monuments on the basis of typological analysis of grave goods (*e.g.* Silva 2008), there are no radiocarbon dates to confirm or refute this claim.

The more reliable middle Neolithic contexts with variscite artifacts and radiocarbon dates are limited to the passage graves of Areita 1 and the dolmen of Carapito 1, in northern Portugal. For Areita, there are two available dates for human bones from the basement of the chamber, namely *3976–3795 cal BC, 68.3%; 4037–3712 cal BC, 95.4%* and GrN-18497, 4840±60BP (3695-3537 cal BC, 68.2%; 3756-3517 cal BC, 95.4%). Since there is a gap of *c.* 300 years between these dates and since the older result is somewhat isolated when compared to the other 76 radiocarbon dates on human bones from megalithic contexts in the western Iberian Peninsula, we have to consider the possibility that we are dealing with the practice of secondary burial, in order to explain such an old result (Schulz Paulsson, 2017). In other words, the individuals may have been allowed to decompose elsewhere before their remains were transported into the dolmen-a possibility that has also been proposed for other graves in Portugal (Rocha,



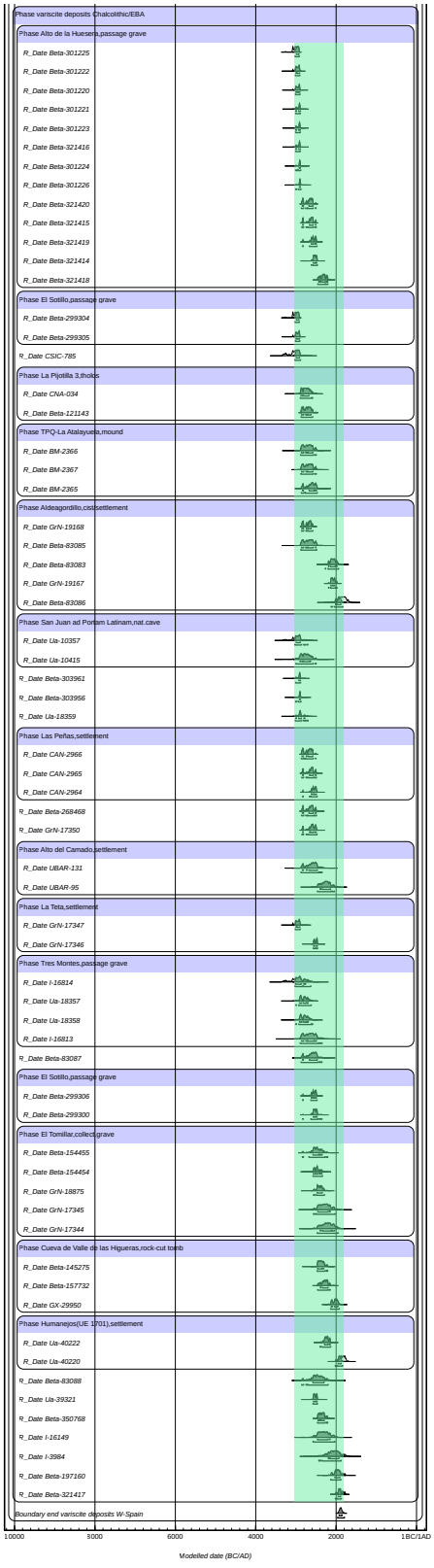


Fig. 9: Probability model for all the available radiocarbon dates from reliable variscite contexts in western Spain. Model agreement: Amodel=87.8, Aoverall=84.9.

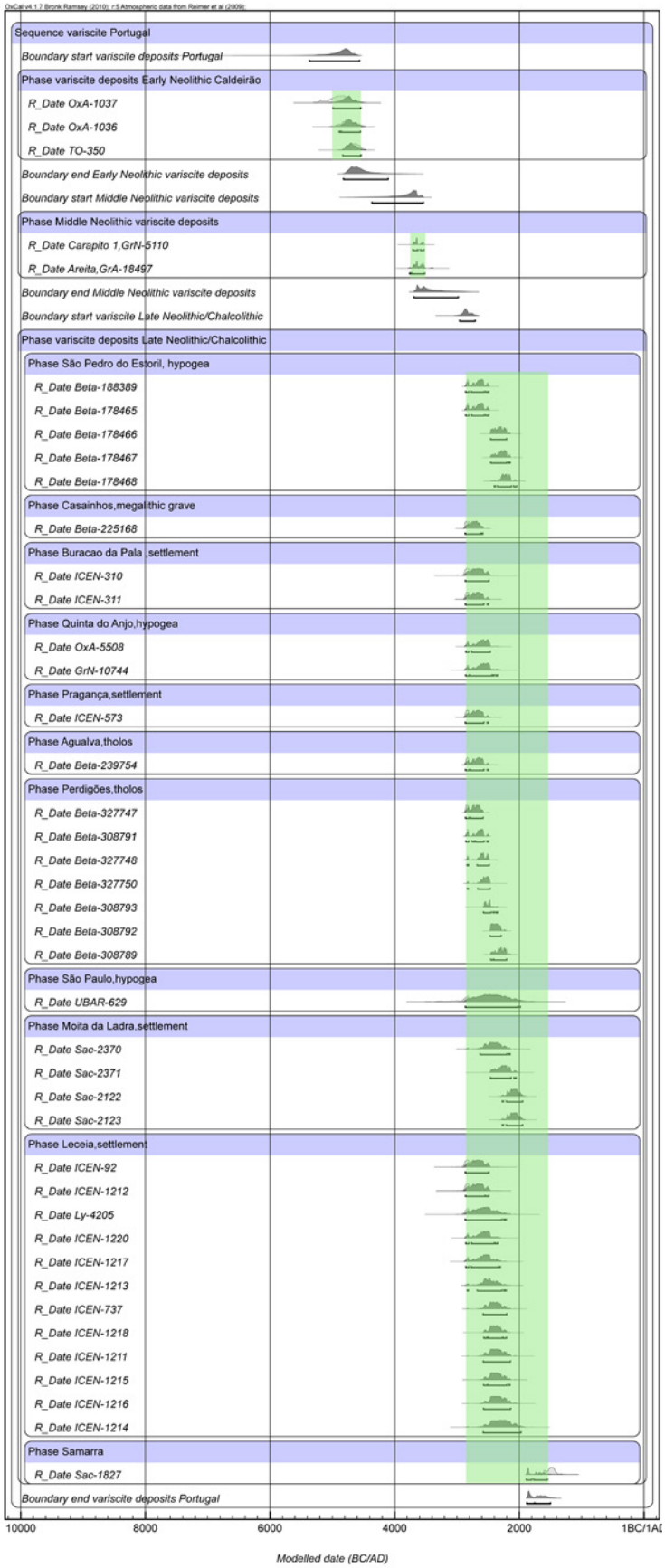


Fig. 10: Probability of all available radiocarbon dates from reliable variscite contexts in Portugal. Model agreement: Amodel=79.9, Aoverall=79.8.

2005) and elsewhere in Europe (*e.g.* in north-west France, Schleswig-Holstein and Ireland). According to this hypothesis, this early result would therefore represent a *terminus post quem* value and would not actually date the construction of the grave. Alternatively, the bone that produced this earlier date could have been contaminated, or else could have had a potential reservoir effect. Therefore, only the later of the two dates cited above can be regarded as a potential indicator of the date of variscite deposition.

Contemporary with this later date is that obtained from the dolmen of Carapito 1 (GrN-5110, 4850±40 BP; *3693-3540 cal BC, 68.2%; 3707-3530 cal BC, 95.4%)*, which indirectly reinforces the above conclusion.

After the middle Neolithic, the radiocarbon results suggest a hiatus of at least 800 years for the exploitation of, and trade in, variscite. The Chalcolithic is the period with the highest occurrence of variscite artifacts and the peak of variscite deposition in both domestic and funerary contexts. Thirty-five out the 41 analysed radiocarbon dates are concentrated within the *2860-2220 cal BC (95.4%; 2834-2145 cal BC, 68.2%)* date bracket. From this time horizon there are variscite artifacts found as grave goods in the hypogea of São Pedro do Estoril, Quinta do Anjo and São Paulo, the tholoi of Agualva and Perdigões, and the megalithic grave of Casainhos. Between one and 37 beads are recorded from each of these contexts, the only known pendant being from Casainhos. A remarkable exception is the assemblage of 277 variscite beads from the Anta Grande do Zambujeiro in the Alentejo.

The Anta Grande de Zambujeiro is one of the largest megalithic graves in the Iberian Peninsula. Its grave goods indicate a long history of funerary use at this monument, with finds attributable to the 4th and 3rd millennia cal BC. There is only one radiocarbon result available (Beta-243693, 3910±40BP), which was excluded from the analysis since it is impossible to correlate it with the deposition of variscite. More than 150 idol-plaques (schist plaques, or "*placas de xisto*" in Portuguese) underline the chronological affiliation of the variscite artifacts to this time horizon *(2860-2220 cal BC 95.4%; 2834-2145 cal BC, 68.2%)* (cf. Schulz Paulsson, 2017, fig. 10.12). In the Alentejo region, idol-plaques are estimated to have been in use mostly during the first centuries of the 3rd millennium cal BC (Boaventura, 2009, 2011; Schulz Paulsson, 2017).

Large quantities of variscite beads are documented in other late Neolithic/Chalcolithic settlement contexts from north to south across the country, such as Pragança, Leceia, Moita da Ladra and Buraco da Pala.

All the variscite artifacts to have been identified in late Neolithic and Chalcolithic sites in Portugal appear to have been made using material from the Palazuelo and Pico Centeno mines (*e.g.* Odriozola *et al*., 2010; Querré *et al*., 2015). Two main conclusions can be drawn from the available evidence (and see Carvalho, this volume, for the quantitative data). One is the exclusivity of the source, as represented in each site-the only two exceptions being the passage grave of Anta Grande do Zambujeiro and the walled enclosure of Vila Nova de São Pedro, where material from more than one source has been found. The other is the overwhelming predominance of variscite deriving from the more distant source-Palazuelo de las Cuevas, in the Spanish province of Zamora, around 400 km to the north east-rather than from the nearest source, Pico Centeno (50-100 km to the east).

Conclusion

Our radiocarbon results suggest that variscite was exploited from the end of the 6th millennium cal BC, from deposits located in the Iberian Peninsula. We have found decisive support for long-distance contacts and for the circulation of this precious green mineral across the land and/or seaways, to northern France, from this early date. Used as jewellery, this green stone was deposited in simple graves or within caves or collective burials.
Can Tintorer/Gavá is considered to be the raw material source for the early variscite finds from funeral contexts in natural caves or collective funerary contexts in the Aragón and Navarra regions of north-

eastern Spain *(5346-4802 cal BC, 95.4%; 5269-4871 cal BC, 68.2%)*. These earliest variscite horizons are not, however, reflected by the currently-available dating sequence at the Can Tintorer/Gavá mines themselves, which suggest that exploitation started around the beginning of the fourth millennium BC *(4036-3806 cal BC, 95.4%; 3997-3848 cal BC, 68.2%)*. Yet we should not rule out the possibility that variscite was exploited earlier at these mines, and that the dated activity relates to the expansion of early mine shafts during the peak of mining activities in the first half of the 4th millennium cal BC. Reliable evidence for the early use and long-distance circulation of variscite ornaments comes from the east of France, at Plichancourt/Marne, Les Monts, where an early Neolithic grave containing a variscite pendant has been dated to *5199-4847 cal BC (95.4%; 5076-4856 cal BC, 68.2%)*. Pico Centeno/Encinasola in Andalusia has been identified as the source of this variscite. Again, this early horizon of exploitation has not yet been reliably confirmed through radiocarbon dates from the mine itself. The Caldeirão cave in Estremadura, Portugal is another potential early Neolithic context with variscite artifacts dating from the first half of the 5th millennium cal BC.

The *callaïs* sequence for north-west France currently starts with the first phase of the Carnac mound, the Tumulus St. Michel, at *4777–4585 cal BC (95.4%; 4722–4616 cal BC, 68.2%)*. The end of the period when considerable amounts of callaïs were deposited corresponds to the end of the early Castellic horizon, around 4200 cal BC (cf. Schulz Paulsson, 2017, p. 38). Later deposits consist of single, or a few beads. The same can be said for west central France. Variscite artifacts were deposited singly or in small amounts in graves in later horizons from *4328–4047 cal BC (95.4%; 4313–4054 cal BC, 68.2%)* onwards. Recent provenance analyses have revealed that Pico Centeno/Encinasola was the sole source for the raw material of these beads and pendants in northern France. The abundance of Andalusian variscite in Carnac monuments in Brittany is evidence for long-distance travel between these regions at that time and we have to take maritime routes into consideration. No contemporary Andalusian variscite artifacts of this early date has been found in the region of Encinasola and between the mines and the Morbihan. Within the same date range of *4741-4048 cal BC (95.4%; 4599-4101 cal BC, 68.2%)* deposits of variscite artefacts have been recorded in the natural caves of Catalonia. In the Cova dels Ladres some 139 beads have been documented. This variscite had originated in the Can Tintorer/Gavá mines.
During the middle Neolithic variscite and turquoise beads were deposited in funerary contexts such as hypogea, cists and megalithic graves. This is the time of the peak of mining activities at the Can Tintorer Gavá mines *(4041-3439 cal BC, 95.4%; 3998-3439, 69.2%)*. Most finds are of single beads, but in the Can Gambús cemetery near the mines some 620 beads have been found. For southern France the radiocarbon results indicate that variscite artifacts were circulating there from the early Chasséen horizon *(4309-4053 cal BC, 95.4%; 4271-4067 cal BC, 68.2%)* onwards. On the Iberian Peninsula away from the mining areas variscite ornaments were deposited in funeral contexts from *4187-3988 cal BC (95.4%; 4101-4046 cal BC, 68.2%)* onwards. Where the source of the raw material for the ornaments has been identified, as at several sites in Burgos province, it has been the Can Tintorer/Gavá mines. The earliest recorded appearance of Palazuelo variscite is in the mound of Río Fortes (Ávila), but the early dates obtained from this site should be regarded with caution, given the post- depositional problems at this site as discussed above. Most of these sites provided only one or a few beads; an exception to this is a necklace with 13 variscite beads found in the passage grave of Areita, in northern Portugal.

In the Iberian Peninsula the number of variscite finds, and the reliability of associations with radiocarbon dates, increase as we approach the 3rd millennium BC – a time of peak production at both the Palazuelos and Pico Centeno mines. The Can Tintorer/ Gavá mines apparently lose their sub-regional importance at this time, and the Palazuelo and Pico Centeno provided almost all the variscite artefacts that have currently been identified in late Neolithic and Chalcolithic sites. Large numbers of variscite artifacts have been found in settlements and funerary sites, such as the 277 variscite beads in the Anta Grande do Zambujeiro or the *c*. 300 documented in the artificial caves of Valle de las Higueras. According to the

provenance analyses carried out so far, most of these sites seem to have variscite from only one of these two mines, namely Palazuelo de las Cuevas, in the Spanish province of Zamora; products from the nearer Pico Centeno mines are in the minority.

Appendice : List of the 406 current available radiocarbon results from variscite and turquoise (*callaïs*) find contexts in Europe used to construct the chronology/scenario outlined in the chapter, including detailed information. The radiocarbon dates for the complete radiocarbon sequences for Er Grah, Petit Mont, Table des Marchands and Les Chirons/Bougon are from Schulz Paulsson (2017).

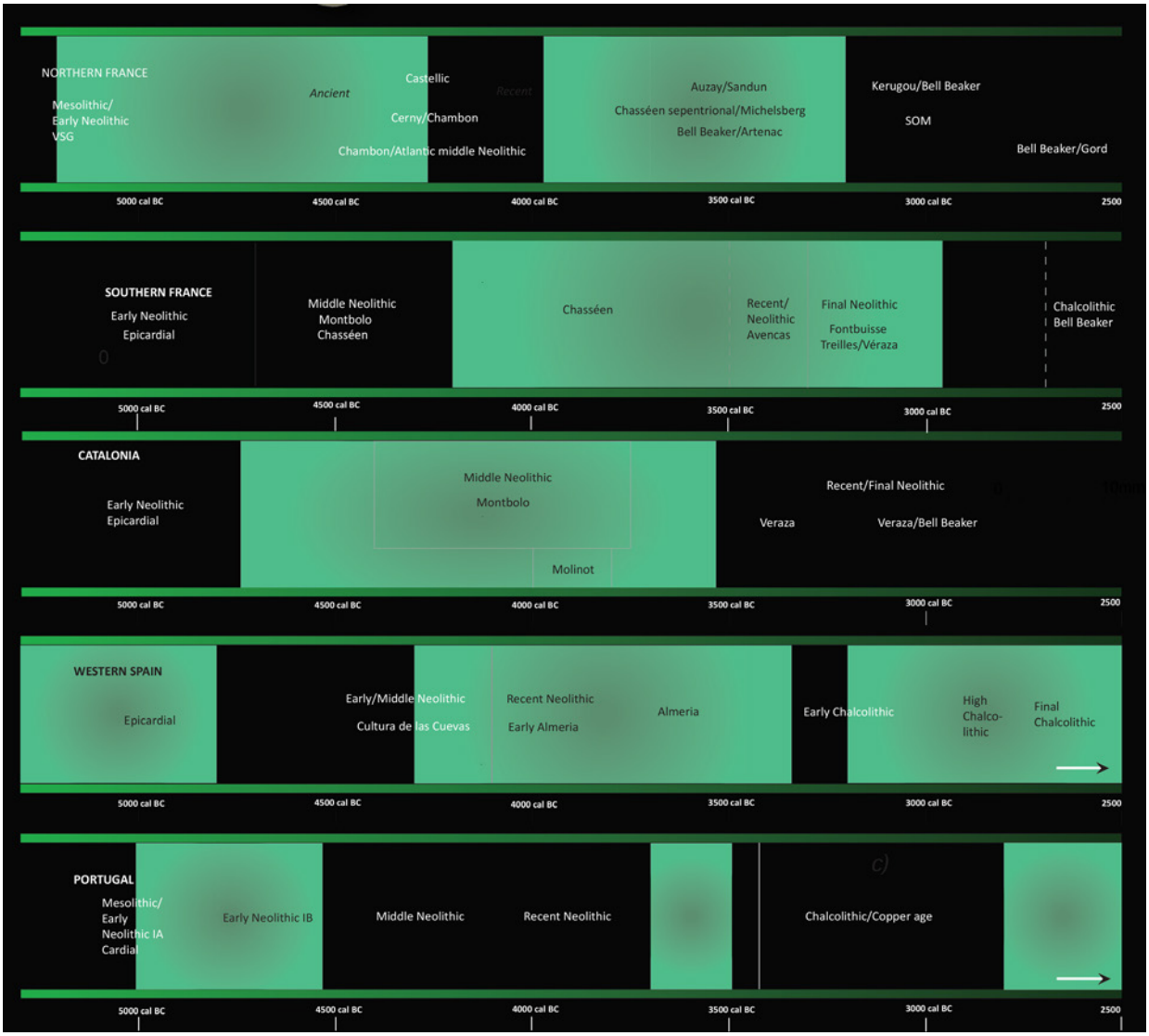


Fig. 11: Results from the Bayesian analysis of 406 radiocarbon dates for callaïs contexts in Europe. The date ranges for the circulation of callaïs in the different regions (green) are presented at 95.4% probability.

Acknowledgements

We would like to thank Alison Sheridan for the guidance and for the critical feedback of the work.

References

Alday Ruíz, A. 1996. *El entramado campaniforme en el País Vasco : los datos y el desarrollo del proceso histórico*. Bilbao, Universidad del País Vasco (Anejos de Veleia Series Maior 9).

Alday Ruíz, A., Juez, L., Pérez-Romero, A., Adán, G., Santos, E., Galindo-Pellicena, M.A., Adán, G. and Arsuaga, J.L. 2017. Proofs of long-distance relations between Central Europe and Inland Iberian Peninsula during Neolithic and Bronze Age. Evidences from the Material Culture of the Site of El Portalón (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Advances in Anthropology* 5(4) : 83-112.

Allièse, F., Roig, J., Manel Coll, J., Eulàlia Subirà, M., Ruíz, J., Chambon, P. et Gibaja, J.F. 2014. Les pratiques funéraires dans la nécropole du Néolithique moyen de Can Gambús-1 (Sabadell, Espagne). De la préparation du corps à la fermeture de la tombe. *Bulletin de la Société préhistorique française* 111(3) : 453-468.

Alonso Eguiluz, M. 2012. Estudio de los fitolitos en conjuntos de la Prehistoria Reciente en la Sierra de Cantabria. El caso de los niveles de redil de San Cristobal (Laguardia, Álava). *CKQ Quaternary Studies* 2 : 3-14.

Álvarez-Fernandez, R. et Altuna Etxabe, J. 2013. La cueva de Marizulo (Urnieta, Gipuzkoa) 50 años después: revisión de los restos arqueozoológicos de los niveles mesolíticos. *Kobie* 32 : 131-152.

Andres Ruperez, M.T. et Barandiaran Maestu, I. 2004. La tumba calcolítica de La Atalayuela, trienta y cinco años después. *SALDVIE* 4 : 85-124.

Baldellou, V. 1972. La necrópolis prehistórica del Barranc “d'en Fabra” (Amposta). *Boletín Arqueológico de Tarragona, Estudis dedicats a la memòria de mossèn Joan Serra Vilaró* 113-120(1971-2) : 41-49.

Baldellou, V., Utrilla Miranda, PI. et García-Gazólaz, J. 2012. Variscita de Can Tintorer en el Neolítico Antiguo del Valle Medio del EbroIn M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 307-314. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Balsan, L. et Costantini, G. 1972. La grotte 1 des Treilles à Saint-Jean-et-Saint-Paul (Aveyron). Étude archéologique et synthèse sur le Chalcolithique des Grands Causses. *Gallia préhistoire* 15(1) : 229-250.

Barge, H. 1982. *Les parures du Néolithique ancien au début des Ages des Métaux en Languedoc.* Marseille, Centre national de la recherche scientifique.

Bellido Blanco, A. 2005. *Cambios Sociales En La Prehistoria Reciente De La Meseta Norte : 5500-1000 AC*. Thèse de doctorat, Universidad de Valladolid.

Benitez De Lugo Enrich, L., Álvarez Garcia, H.J., Fernandez Martin, S., Mata Trujillo, E., Moraleda Sierra, J., Palomares Zumajo, N., Odriozola Lloret, C., Morgado Rodriguez, A. et Salazar Garcia, D.C. 2014. Castillejo de Bonete (Terrinches, Ciudad Real) : un complejo tumular prehistórico de la Cultura de las Motillas en el Alto Guadalquivir. *Menga* 5 : 151-173.

Billard, C., Guillon, M. et Verron, G. (dir.) 2010. *Les sépultures collectives du Néolithique récent-final de Val-de-Reuil et Porte-Joie (Eure - France).* Liège, Centre de recherches archéologiques de l'Université de Liège (Eraul 123).

Billard, C. 2007. Les allées sépulcrales : derniers caveaux funéraires collectifs. In C. Marcigny, E. Ghesquiere, et J. Desloges (dir.), *La Hache et la Meule. Les premiers paysans du Néolithique en Normandie (6000-2000 avant notre ère).* Le Havre, Muséum du Havre (catalogue d'exposition).

Billard, C., Guillon, M., Sunder, F. et Arbogast, R. 1995. La sépulture collective néolithique de Val-de-Reuil, Les Varennes et ses structures associées de l´âge du Bronze. In *Actes du XXe colloque interrégional sur le Néolithique Évreux 1993* : 155-182. Rennes, Presses Universitaires de Rennes (Revue archéologique de l'Ouest suppl. 7).

Blasco, C., Liesau, C. et Rios, P. 2011. *Yacimientos calcolíticos con campaniforme de la región de Madrid.* Madrid, Patrimonio Arqueológico de Madrid.

Boaventura, R. 2009. *As antas e o Megalitismo da região de Lisboa.* Lisboa, Universidade de Lisboa (unpublished Ph.D. dissertation).

Boaventura, R. 2011. Chronology of megalithism in south-central Portugal. *Menga, Revista de Prehistoria de Andalucía* 1 : 159-190.

Bosch, A. 1991. *El neolític antic al NE de Catalunya*. Thèse de doctorat, Universitat Autònoma de Barcelona.

Bosch, J. 2010. Representaciones antropomorfas muebles del Neolítico en Cataluña: primeros ídolos oculados. In C. Cacho, R. Maicas, E. Galan y J. A. Martos (coord.), *Ojos que nunca se cierran. Ídolos en las primeras sociedades campesinas* : 13-37. Madrid, Museo Arqueológico Nacional.

Bosch, J. et Borrell, F. (dir.), 2009. *Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998-2009. De la variscita al ferro : neolític i antiguitat*. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 4).

Bosch, J. et Estrada, A. (dir.) 1994. *El neolític postcardial a les Mines Prehistòriques de Gavà (Baix Llobregat)*. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 0).

Bosch, J., Forcadell, A. et Villalbí, M.M. 1996. El Barranc de Fabra : asentamiento de inicios del IV milenio a. C. en el curso inferior del Ebro. In *Congrés del Neolític a la Península Ibèrica. Formació i implantació de les comunitats agrícoles* : 391-396. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 1).

Boujot, C. et Cassen, S. 1998. Tertres Armoricains et Tumulus Carnacéens dans les contextes de la néolithisation de la France occidentale. In J. Guilaine (éd.), *Sépultures d´Occident et genèses des mégalithismes (9000-3500 avant notre ère)* : 107-126. Paris, éditions Errance (Séminaire du Collège de France).

Bronk Ramsey, C. 2009a. Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon* 51 : 337-360.

Bronk Ramsey, C. 2009b. Dealing with outliers and offsets. *Radiocarbon* 51 : 1023-1045.

Bueno Ramirez, P., Barroso Bermejo, R. et Balbin Behrmann, R. De 2004. Construcciones megalíticas avanzadas de la cuenca interior del tajo. el núcleo cacereño. *SPAL, Revista de Prehistoria y arqueología* 13 : 83-112.

Bueno Ramirez, P., Barroso Bermejo, R. et Balbin Behrmann, R. De 2005. Ritual campaniforme, ritual colectivo : la Necrópolis de cuevas artificiales del Valle de las Higueras, Huecas, Toledo. *Trabajos de Prehistoria* 62 : 67-90.

Buxo, R., Catala, M. et Villalba, M. J. 1991. Llavors i fruïts en un conjunt funerari situat en la galeria d'accés a la mina 28 del complex miner de Can Tintorer (Gavà). *Cypsela* 9 : 65-72.

Cap Jedikian, G., Perrin, T., Remicourt, M. et Servelle, C. 2008. Révision des données disponibles sur les aménagements funéraires du site de Saint-Michel-du-Touch (Toulouse, Haute-Garonne). In J. Vaquer, M. Gandelin, M. Remicourt et Y. Tcheremissinoff (dir.), *Défunts néolithiques en Toulousain* : 179-196. Toulouse, Éditions des Archives d'Écologie Préhistorique.

Cardoso, J.L. 2014. Absolute chronology of the Beaker phenomenon north of the Tagus estuary : demographic and social implications. *Trabajos de Prehistoria* 71(1) : 56-75.

Cardoso, J.L. et Carvalho, A.F. 2010/11. A Gruta da Furninha (Peniche) : estudo dos espólios das necrópoles neolíticas. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 18 : 333-392.

Carlús, X., López Cachero, F.J.L, Terrats, N., Oliva Poveda, M., Palomo, A. et Rodríguez, A. 2008. Diacronia durant la prehistòria recent a Can Roqueta (Sabadell-Barberà del Vallès, Vallès Occidental) entre el VI i el I millenni cal. BC. *Cypsela* 17 : 115-142.

Carretero, J.M. et Arsuaga, J.L. 2011. La industria osea de El Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapuerca, Burgos). Biapuntados, puntas de flecha y agujas, morfología y funcionalidad. *Munibe (Antropología-Arqueología)* 62 : 227-249.

Cassen, S. (dir.) 2009. *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir. Synthèse d'un programme de fouilles (J. L'Helgouac'h et S. Cassen, 1986-1994) et d'une Action Collective de Recherche 2003-2006.* Nantes, LARA Université de Nantes.

Cassen, S. 2004. Préhistoire récente entre Loire et Vilaine : tendances actuelles de l'enregistrement et nouvelles visées de l'interprétation. *Cahiers du Pays de Guérande* 44 : 4-14.

Cassen, S., Boujot, C., Dominguez Bella, S., Guiavarc'h, M., Le Pennec, C., Prieto Martinez, M.P., Querré, G., Santrot, M.H. et Vigier, E. 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In P. Petrequin, S. Cassen, M. Errera, L. Klassen et J.A. Sheridan (dir.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av. J.-C. Besançon* : 918-994. Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté.

Cassen, S., Boujot, C. et Vaquero, J. 2000. *Éléments d'Architecture. Exploration d'un Tertre Funéraire à Lannec er Gadouer (Erdeven, Morbihan)*. Chauvigny, Éditions chauvinoises.

Cassen, S., Petrequin, P., Boujot, C., Dominguez Bella, S., Guiavarc'h, M., et Querré, G. 2011. Measuring distinction inside the architectures of the Carnac region. From sign to material. In J. Müller, F. Lüth, M. Furholt (dir.), *Megaliths and Identities. Early Monuments and Neolithic Societies from the Atlantic to the Baltic. 3rd European Megalithic Studies Group Meeting 13th-15th of May 2010 at Kiel University* : 225-248. Bonn, Dr. Rudolf Habelt GmbH.

Chambon, P. et Salanova, L. 1996. Chronologie des Sépultures du IIIe millénaire dans les Bassins de la Seine. *Bulletin de la Société préhistorique française* 93(1) : 103-117.

Chambon, P. 2003. *Les morts dans les sépultures collectives néolithiques en France. Du cadavre aux restes ultimes*. Paris, Centre national de la recherche scientifique.

Clottes, J. et Lorblanchet, M. 1972. La grotte du Noyer (Esclauzels, Lot). In *Compte rendu de la XIXe session du Congrès préhistorique de France, Auvergne, 6-14 juillet 1969* : 145-164. Paris, Société préhistorique française.

Coursaget, J. et Le Run, J. 1966. Gif-sur-Yvette natural radiocarbon measurements I. *Radiocarbon* 8 : 128-141.

Cruz, D.J. 1995. Cronologia dos monumentos com tumulus do Noroeste Peninsular e da Beira Alta. *Estudos Pré-Históricos* 3 : 81-119.

Cruz, D.J. 2001. *O Alto Paiva : Megalitismo, diversidade tumular e práticas rituais durante a Pré-História recente*. Coimbra, Universidade de Coimbra (unpublished Ph.D. dissertation).

Delibes De Castro, G. et Rojo Guerra, M.A. 1997. C14 y secuencia megalítica en la Lora burgalesa: acotaciones a la problemática de las dataciones absolutas referentes a yacimientos dolménicos. In A.A. Rodriguez Casal (dir.), *O Neolítico Atlántico e as orixies do megalitismo : actas do Coloquio Internacional (Santiago de Compostela, 1-6 de abril de 1996)* : 391-414. Santiago de Compostela, Universidade de Santiago de Compostela.

Delibrias, G., Guillier, M., Labeyrie, J. 1966. Gif Natural Radiocarbon measurments I. *Radiocarbon* 8 : 74-95.

Delibrias, G., Guillier, M., et Labeyrie, J. 1970. Gif Natural Radiocarbon Measurements V. *Radiocarbon* 12 : 421-444.

Diaz-Guardamino Uribe, M. 1997. El grupo megalítico de Villarmayor (Salamanca), Contribución al estudio del megalitismo del occidente de la Meseta Norte. *Complutum* 8 : 39-56.

Dominguez-Bella, S. 2010. Objetos ornamentales en el Calcolítico del centro de la Península Ibérica. Estudio analítico de las cuentas de collar de los enterramientos prehistóricos del Valle de las Higueras (Toledo). In S. Dominguez-Bella, J. Ramos Muñoz, J.M. Guiterrez Lopez y M. Perez Rodriguez (dir.), *Minerales y rocas en las sociedades de la prehistoria* : 275-284. Cádiz, Universidad de Cádiz.

Dominguez-Bella, S. et Boveda, M.J. 2011. Variscita y ámbar en el Neolítico gallego. Análisis arqueométrico del collar del túmulo 1 de Chousa Nova, Silleda (Pontevedra, España). *Trabajos de Prehistoria* 68 : 369-380. doi:10.3989/tp.2011.11075.

Edo, M., Blasco, A. et Villalba, M. J. 2011. La cova de Can Sadurní, guió sintètic de la prehistòria recent de Garraf. In *Jornades Internacionals de Prehistòria "30 anys d'investigació arqueològica a Garraf", Begues, desembre 2008* : 13-95. Milano, EDAR-Hugony editore.

Edo, M., Antolín, F. et Barrio, M.J. 2012. Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat), de la captación de recursos abióticos al inicio de la mineria de aluminofosfatos (10500-4000 cal ane) en el macizo de Garraf. In M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop et M. Molist (ed.), *Actes del congrés internacional Xarxes al neolític. Circulació i intercanvi de matèries, productes i idees a la Mediterrània occidental (VII-III millenni a C)* : 299-305. Gavà, Museu de Gavà (Rubricatum, Revista del Museu de Gavà 5).

Estremera Portela, S. et Fabian Garcia, J.F. 2002. El túmulo de la Dehesa de Río Fortes (Mironcillo, Ávila): primera manifestación del Horizonte Rechaba en la Meseta Norte. *Boletín del Seminario de Estudio de Arte y Arqueología* 68 : 9-41.

Fabian Garcia, J.F. 1995. *El aspecto funerario durante el Calcolítico y los inicios de la Edad del Bronce en el Sur de la Meseta Norte. El enterramiento colectivo en fosa de El Tomillar (Bercial de Zapardiel, Avila) en su contexto cultural.* Salamanca, Universidad de Salamanca (Estudios Históricos y Geográficos 93).

Fabian Garcia, J.F. 2006. *El IV y III Milenio AC en el Valle Amblés (Ávila)*. Valladolid, Junta de Castilla y León, (Monografías, Arqueología en Castilla y León 5).

Fabregas Valcarce, R. et Rodriguez Rellan, C. 2008. Gestión del cuarzo y la pizarra en el Calcolítico peninsular : El "Santuario" de El Pedroso (Trabazos de Aliste, Zamora). *Trabajos de Prehistoria* 65 : 125-142.

Fernandez Eraso, J. et Mujika-Alustiza, J.A. 2013. La estación megalítica de la Rioja Alavesa : cronología, orígenes y ciclos de utilización. *Zephyrus* LXXI : 89-106.

Fernendez-Eraso, J., Mujia-Alustiza, J.A. et Fernandez Crespo, T. 2015. Sobre la cronología de los ídolos-espátula del Dolmen de San Martín (Laguardia-Álava). *Arpi extra* 3 (Homenaje a Rodrigo de Balbín Behrmann) *:* 257-271.

Fouquet, M. 1862. Rapport sur la découverte d'une grotte sépulcrale dans la butte de Tumiac, le 21 Juillet 1853. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* 6 : 1-7.

Galles, R. 1862. Rapport sur les fouilles du mont Saint-Michel près de Carnac. *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 7-17.

Galles, R. 1878. *Fouille du tumulus de Tumiac en Arzon*. Vannes, Imp. Galles.

Garcia Garcia, M. 2008. *Análisis locacional del entorno de "El Casetón de la Era II"(Villalba de los Alcores, Valladolid)*. Valladolid, Universidad de Valladolid.

Garcia Gazolaz, J. 1998. Paternanbidea (Íbero, Navarra) : un yacimiento al aire libre de la Prehistoria Reciente de Navarra. *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra* 6 : 33-48.

García Sanjuán, L., Wheatley, D. W. and Costa Caramé, M. E. 2011. The numerical chronology of the megalithic phenomenon in southern Spain: progress and problems. In C. Scarre, L. García Sanjuán, and D. Wheatley (dir.), *Exploring Time and Matter in Prehistoric Monuments. Absolute chronology and rare rocks in European Megaliths* : 121-159. Antequera, Junta de Andalucía (Menga M01 Revista de Prehistoria de Andalucia 1).

Gely, B. 2005. Nouvelles datations des restes humains néolithiques de la nécropole du Replat à Aime (Savoie). In *Bilan Scientifique de la région Rhône-Alpes 2003* : 186. DRAC Rhône-Alpes, Lyon.

Germond, G. et Bizard, M. 1987. Le tumulus A du Montiou à Sainte-Soline (Deux-Sèvres), Dolmens, inhumations, mobilier. *Bulletin de la Société préhistorique française* 84(5) : 139-154.

Gibaja, J.F., Majo, T., Chambon, P., Ruiz, J. et Eulalia Subira, M. 2010. Prácticas funerarias durante el neolítico. Los enterramientos infantiles en el noreste de la Península Ibérica. *Complutum* 21(2) : 47-68.

Giot, P.R. 1987. *Barnenez, Carn, Guennoc*. Rennes, Université de Rennes.

Giot, P.R. 2007. *La Bretagne des mégalithes*. Rennes, Ouest-France.

Giot, P.R., Monnier, J.L., L´Helgouach, J. 1998. *Préhistoires de la Bretagne.* Rennes, Ouest-France.

Gomes, L.F.C., Carvalho, P.M.S., Francisco, J.P.A., Perpétuo, J.A. et Marrafa, L.C. 1998. O dólmen de Areita (S. João da Pesqueira, Viseu). In *A Pré-História na Beira Interior* : 33-94. Viseu, Centro de Estudos Pré-Históricos da Beira Alta (Estudos Pré-Históricos 6).

Gonçalves, J.L.M. 1990/92. Olelas e Pragança: duas fortificações calcolíticas da Estremadura. *O Arqueólogo Português* Série IV(8-10) : 31-40.

Gonçalves, V.S., 2005. Cascais há 5000 anos. Tempos, símbolos e espaços da morte das antigas sociedades camponesas. In V.S. Gonçalves (coord.), *Cascais há 5000 anos* : 63-195. Cascais, Câmara Municipal de Cascais.

Gonçalves, V.S. 2008. *As ocupações pré-históricas das furnas do Poço Velho (Cascais).* Cascais, Câmara Municipal de Cascais (Cascais Tempos Antigos, 3).

Gonçalves, V.S. et Sousa, A.C. 2006. Algumas breves reflexões a propósito de quatro datas ^{14}C para o Castro da Rotura, no contexto do 3. Milénio a.n.e. nas penínsulas de Lisboa e Setúbal. *O Arqueólogo Português* Série IV(24) : 233-266.

Guilaine, J. 2015. *Les hypogées protohistoriques de la Méditerranée Arles et Fontvieille*. Arles, Éditions Errance.

Guilaine, J., Vaquer, J. et Zammit, J. 2015a. *Grottes sépulcrales préhistoriques des Hautes Corbières. Les grottes de las Claousos à Auriac et de René Carrié à Termes (Aude).* Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique.

Guilaine, J., Vaquer, J., Gratuze, B. et Querré, G. 2015b. Les perles en variscite de la grotte de las Claousos IV et de la grotte René Carrié. In J. Guilaine, J. Vaquer, J. Zammit (dir.), *Grottes sépulcrales des Hautes Corbières. Les grottes de Las Claousos à Auriac et de René Carrié à Termes (Aude)* : 89-104. Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique.

Guitart, I. 1987. La necròpolis neolítica del Pla del Riu de les Marcetes (Manresa, Bages). *Tribuna d'Arqueologia* 1986-1987 : 41-47.

Herbaut, F. et Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la société préhistorique française* 101(3) : 497-520.

Jorda Cerda, F. 1982. Nota. *Arqueología* 81 : 113.

L´Helgouach, J. 1990. *La Bretagne et l'Europe préhistoriques : mémoire en hommage à Pierre-Roland Giot.* Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéoligiques dans l'Ouest de la France (Revue archéologique de l'ouest, suppl. 2).

Lazarich, M., Fernández De La Gala, J.V., Jenkins, V., Peralta, P., Briceño, E., Ramos, A., Richarte, M.J., Carreras, A.M., Núñez, M., Insúa, M., Stratton, S., Sánchez, M. et Grillé, J.M. 2009. *Paraje de Monte Bajo (Alcalá de los Gazules), Una nueva necrópolis de cuevas artificiales en el Sur de la provincia de Cádiz*. Cádiz, Universidad de Cádiz.

Le Roux, C.T. 2006. *Monuments mégalithiques à Locmariaquer (Morbihan). Le long tumulus d'Er Grah dans son environnement.* Paris, Centre national de la recherche scientifique (Gallia Préhistoire suppl. XXXVIII).

Le Rouzic, Z. 1932. *Carnac, fouilles dans la région. Le tumulus de Mont-St-Michel, 1900-1906*. Vannes, Lafolye et Lamarzelle.

Le Rouzic, Z. 1935. Carnac. Restaurations faites dans la région (1934-1935), Tumulus de Tumiac, monument historique, commune d'Arzon (Morbihan). *Bulletin de la Société polymathique du Morbihan* : 5-17.

Lecornec, J. 1994. *Le Petit Mont Arzon, Morbihan*. Rennes, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France (Documents archéologiques de l'Ouest).

Lecornec, J. 1987. Le complexe mégalithique du Petit-Mont à Arzon (Morbihan). *Revue archéologique de l'Ouest* 4 : 37-56.

Leisner, G. and Leisner, V. 1959. *Die Megalithgräber der Iberischen Halbinsel, Der Westen*. Berlin, Walter de Gruyter.

Leisner, V. 1965. *Die Megalithgräber der Iberischen Halbinsel. Der Westen*. Berlin, Walter de Gruyter.

Leisner, V., Paço, A. et Ribeiro, L. 1964. *Grutas artificiais de São Pedro do Estoril*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Leisner, V. et Ribeiro, L. 1968. Die Dolmen von Carapito. *Madrider Mitteilungen* 9 : 11-62.

Leisner, V., Zbyszewski, G. et Ferreira, O.V. 1969. *Les monuments préhistoriques de Praia das Maçãs et de Casainhos*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal (Memória 16, Nova Série).

Leisner, V., Zbyszewski, G. et Ferreira, O.V. 1961. *Les grottes artificielles de Casal do Pardo (Palmela) et la culture du vase campaniforme*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal (Memória 8, Nova Série).

L'helgouach, J. et Lecornec, J. 1976. Le site mégalithique « Min Goh Ru » près de Larcuste à Colpo (Morbihan). *Bulletin de la Société préhistorique française* 73(1) : 370-397.

Liseau Von Lettow-Vorbeck, C. et Blasco Bosqued, C. 2015. La diversidad campaniforme en el mundo funerario : algunos ejemplos de la cuenca media/alta del Tajo en el interior peninsular. *Arpi extra* 3 (Homenaje a Rodrígo de Balbín Behrmann) : 272-286.

Llovera, X. 1986. La Feixa del Moro (Juberri) i el neolític mtijà recent a Andorra. *Tribuna d'Arqueologia* 1985-1986 : 15-24.

Loison, G. et Schmitt, A. 2009. Diversité des pratiques funéraires et espaces sépulcraux sectorisés au Chasséen ancien sur le site du Crès à Béziers (Hérault). *Gallia Préhistoire* 51 : 245-272.

Lopez Plaza, M.S. 1994. El Alto del Quemado, poblado calcolítico fortificado en el SO. de la Meseta norte española. *Trabalhos de Arqueologia da E.A.M.* 2 : 201-214.

Malaguti, M. 1862. Analyse des ossements et terres trouvés dans le tumulus de Tumiac et du Mont St. Michel en Carnac. *Bulletin de la Societé polymathique de Morbihan* : 40-45.

Mañana Borrazás, P. 2005. Túmulo 5 de Forno dos Mouros (Ortigueira, A Coruña). Primeiros resultados. *Cuadernos de Estudios Gallegos* 52 : 39-79.

Marliere, P., Vaquer, J., Texier, M., Gandelin, M., Giraud, J.-P. et Remicourt, M. 2008. Les sépultures de Cugnaux, la Vimouna et ZAC Agora. In J. Vaquer, M. Gandelin, M. Remicourt et Y. Tchérémissinoff (dir.), *Défunts néolithiques en Toulousain* : 99-148. Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique.

Martin, A., Guilaine, J., Thommeret, J. et Thomeret, Y. 1981. Estratigrafía y dataciones Cl4 del yacimiento de la Cova del Frare de St. Llorenç del Munt (Matadepera, Barcelona). *Zephyrus* XXXII-XXXIII : 101-111.

Mataloto, R. et Boaventura, R. 2009. Entre vivos e mortos nos IV e III milénios a.n.e. no sul de Portugal : um balanço relativo do povoamento com base em datações pelo radiocarbono. *Revista Portuguesa de Arqueologia* 12(2) : 31-77.

Millard, A.R. 2014. Conventions for reporting radiocarbon determinations. *Radiocarbon* 56 : 555-559.

Mohen, J. P. et Scarre, C. 2002. *Les Tumulus de Bougon. Complexe mégalithique du Ve au IIIe millénaire.* Paris, Errance.

Mohen, J. 1986. Les styles céramiques des Tumulus de Bougon, Deux-Sèvres. In J. Guilaine et J.P. Demoule, *Le Néolithique de la France. Hommage à Gérard Bailloud* : 207-216. Paris, Centre national de la recherche scientifique.

Molist, M., Vicente, O. et Farre, R. 2008. El jaciment de la caserna de Sant Pau del camp : aproximació a la caracterització d'un assentament del neolític antic. *Quarhis, revista del Museu d'Història de la Ciutat* Època II(4) : 14-24.

Mujika, J.A. et Armendáriz, A. 1991. Excavacinoes en la estación megalítica de Murumendi (Beasain, Gipuzkoa). *Munibe (Antropología-Arqueología)* 43 : 105-165.

Mujika, J.A., Peñalver, X., Tarriño, A. et Telleria, E. 2009. Haltzerreka (Guipuzkoa) : un asentamiento del Bronce Antiguo al aire libre en un medio de montaña. *Kobie (Serie Paleoantropología)* 28 : 89-120.

Odriozola Lloret, C.P., Villalobos Garcia, R., Burbidge, C.I., Boaventura, R., Sousa, A.C., Odriozola, C.P., Hurtado Perez, V., Dias, M.I. et Prudencio, M.I. 2008. Datación por técnicas luminiscentes de la Tumba 3 y el conjunto campaniforme de La Pijotilla (Badajoz, España). *VII Congreso Ibérico de Arqueometría* : 211-225. Madrid, Instituto de Historia (CSIC), Museo Arqueológico Nacional y SAPaC.

Odriozola, C.P., Linares-Catela, J.A. et Hurtado, V. 2010. Variscite source and source analysis : testing assumptions at Pico Centeno (Encinasola, Spain). *Journal of Archaeological Science* 37 : 3146-3157.

Odriozola, C.P., Villalobos, R., Boaventura, R., Sousa, A.C., Martínez-Blanes, J.M. et Cardoso, J.L. 2013b. Las producciones de adorno personal en rocas verdes del SW peninsular : los casos de Leceia, Moita da Ladra y Penha Verde. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 20 : 605-622.

Ontañón Peredo, R. 2003. *Caminos hacia la complejidad : el Calcolítico en la región cantábrica*. Santander, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, Fundación Marcelino Botín.

Parreira, R. 1990. Considerações sobre os milénios IV e III a.C. no Centro e Sul de Portugal. *Estudos Orientais* I : 27-43.

Pavón Soldevila, I. 2008. *El mundo funerario de la Edad del Bronce en la Tierra de Barros. Una aproximación desde la Bio-arqueología de Las Minitas*. Mérida, Junta de Extremadura.

Pétrequin, P., Errera, M., Cassen, S. et Croutsh, C. 2002. De la pétrographie aux approches sociales : la circulation des grandes haches en roches alpines pendant le Néolithique. In *Les Matières Premières Lithiques en Préhistoire. Table-ronde d'Aurillac (20-22 June 2002)* : 253-275. Préhistoire du Sud-Ouest 5.

Querré, G., Calligaro, T., Domínguez-Bella, S. et Cassen, S. 2014. PIXE analyses over a long period : The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th–3th millennium BC). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 318 : 149-156.

Querré, G., Cassen, S. et Calligaro, T. 2015. Témoin d'échanges au Néolithique le long de la façade atlantique : la parure en variscite des tombes de l'ouest de la France. In N. Naudinot, L. Meignen, D. Binder et G. Querré (dir.), *Les systèmes de mobilité de la Préhistoire au Moyen Âge. XXXVe rencontres internationales d'Archéologie de d'Histoire d'Antibes* : 403-418. Antibes, Éditions Association pour la promotion et la diffusion des connaissances archéologiques.

Ramos Muñoz, J. et Giles Pacheco, F. 1996. *El dolmen de Alberite (Villamartín) : aportaciones a las formas económicas y sociales de las comunidades neolíticas en el noroeste de Cádiz*. Cádiz, Universidad de Cádiz.

Real, F. 1992. Estudo mineralógico de adornos de cor verde do Neolítico antigo da Gruta do Caldeirão. In J. Zilhão, *Gruta do Caldeirão. O Neolítico antigo* : 315-319. Lisboa, Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico (Trabalhos de Arqueologia 6).

Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E, Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W, Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S, Turney, C.S. M., Van Der Plicht, J. et Weyhenmeyer, C.E. 2009. IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon* 51(4) : 1111-1150.

Richarte, M.J., Carreras, A.M., Núñez, M., Versaci, M., Stratton, S., Sánchez, M. et Grillé, J.M. 2009. Paraje de Monte Bajo (Alcalá de los Gazules). Una nueva necrópolis de cuevas artificiales en el Sur de la provincia de Cádiz. *Almoraima* 39 : 67-83.

Rocha, L. 2005. *As origens do megalitismo funerário no Alentejo Central: a contribuição de Manuel Heleno*. Thèse de doctorat, Université de Lissabon.

Rodriguez Ariza, O., Parrilla Giraldez, R., Prudençio, M.I. et Dias, M.I. 2016. Distribution and chronological framework for Iberian variscite mining and consumption at Pico Centeno, Encinasola, Spain. *Quaternary Research* (United States) : 159-176, doi:10.1016/j.yqres.2015.11.010.

Rojo Guerra, M.A., Garrido Pena, R., García-Martínez De Lagrán, I., Morán Dauchez, G. et Kunst, M. 2005. *Un Desafío a la eternidad : tumbas monumentales del Valle de Ambrona*. Valladolid, Consejería de Educación y Cultura, Castilla y León (Arqueología en Castilla y León, memorias 14).

Rojo Guerra, M.A., Garrido-Pena, R. et Garcia-Martinez De Lagran, I. 2006. Un peculiar vaso campaniforme de estilo marítimo del túmulo de La Sima, Miño de Medinaceli (Soria, España) : reflexiones en torno a las técnicas decorativas campaniformes y los sistemas de intercambio a larga distancia. *Trabajos de Prehistoria* 63 : 133-147.

Rojo Guerra, M.A., Garrido-Pena, R., Tejedor-Rodriguez, C., Garcia-Martinez De Lagran, I. et Alt, K.W. 2015. El tiempo y los ritos de los antepasados : La Mina y El Alto del Reinoso, novedades sobre el megalitismo en la Cuenca del Duero. *Arpi extra* 3 (Homenaje a Rodrígo de Balbín Behrmann) : 133-147.

Roscian, S., Claustre, F. et Dietrich, J.-E. 1992. Les parures du Midi méditerranéen du Néolithique ancien à l'âge du Bronze : origine et circulation des matières premières. *Gallia préhistoire* 34 : 209-257.

Ruiz-Galvez Priego, M. 2000. El conjunto dolménico de la Dehesa Boyal de Montehermoso. *Extremadura Arqueológica* 8 : 187-200.

Sanches, M.J. 1997. *O Abrigo do Buraco da Pala (Mirandela) no contexto da Pré-História recente de Trás-os-Montes e Alto Douro*. Porto, Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnologia.

Schulting, R., Lanting, J. et Reimer, P. 2009. New dates from Tumulus Saint-Michel, Carnac. In S. Cassen (dir.), *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir. Synthèse d'un programme de fouilles (J. L'Helgouac'h et S. Cassen, 1986-1994) et d'une Action Collective de Recherche 2003-2006* : 769-773. Nantes, LARA Université de Nantes.

Schulz Paulsson, B. 2017. *Time and Stone : the emergence of megaliths and megalithic societies in Europe*. Oxford, Archaeopress.

Schvoerer, M., Boyer, R., Bechtel, F., Dubernet, S., L'helgouac'h, J. et Courtin, J. 2000. Sur l'émergence de l'artisanat verrier en France méridionale au Néolithique final/Chalcolithique : une nouvelle analyse physique de la perle de Roaix (Vaucluse, France). *Bulletin de la Société préhistorique française* 97 (1) : 73-81.

Silva, C.T. 2008. Octávio da Veiga Ferreira e o estudo do Megalitismo da Serra de Monchique e do Baixo Alentejo. *Estudos Arqueológicos de Oeiras* 16: 301-315.

Soares, A.M. 1999. Megalitismo e cronologia absoluta. *II Congreso de Arqueología Peninsular* : 689-706. Zamora , Fundación Rei Afonso Henriques (vol. III).

Soares, J. et Silva, C.T. 2010. Anta Grande do Zambujeiro : arquitectura e poder. Intervenção arqueológica do MAEDS, 1985-87. *Musa* 3 : 83-129.

Sparfel, Y. et Pailler, Y. 2009. *Les mégalithes de l´arrondissement de Brest*. Rennes, Institut culturel de Bretagne.

Suarez Otero, J. et Leston Gomez, M. 2005. Un vaso con decoración cordada en Galicia y el problema de los orígines de la cerámica campaniforme en la Península Ibérica. *Madrider Mitteilungen* 46 : 1-21.

Tarrús, J. 1987. El megalitisme de l'Alt Empordà (Girona) : els constructors de dólmens entre el Neolític Mitjà i el Calcolític a l'Albera, Serra de Roda i Cap de Creus. *Cota Zero* 3 : 36-54.

Tcheremissinof, Y., Pelle, R., Remicourt, M., Schmitt, A., Sendra, B. et Errera, M. 2012. *La sépulture collective mégalithique de Cabrials (Béziers, Hérault)*. Aix-en-Provence, Association pour la promotion de la préhistoire et de l'anthropologie méditerrainéenne (Préhistoires méditerranéennes 3).

Ten, R. 1982. La cova sepulcral neolítica epicardial dels lladres (Vacarisses, Vallès Occidental). *Empúries, revista de món clàssic i antiguitat tardana Museu d'Arqueologia de Catalunya* II(48-50).

Terradas, X., Gratuze, B., Bosch, J., Enrich, R., Esteve, X., Oms, F.X. et Ribé, G. 2014. Neolithic diffusion of obsidian in the western Mediterranean: new data from Iberia. *Journal of Archaeological Science* 41 : 69-78.

Umbelino, C. 2006. *Outros sabores do Passado. As análises de oligoelementos e de isótopos estáveis na reconstituição da dieta das comunidades humanas do Mesolítico final e do Neolítico final / Calcolítico do território português*. Coimbra, Universidade de Coimbra (unpublished Ph.D. dissertation).

Utrilla Miranda, P. 1979. Excavaciones en la cueva de Abauntz (Arraiz). Campaña de 1976. *Trabajos de Arqueología Navarra* 1 : 73-76.

Valera, A.C., Silva, A.M. et Marquez, J.E. 2014. The temporality of Perdigões enclosures: absolute chronology of the structures and social practices. *SPAL* 23 : 11-26.

Vaquer, J., Gandelin, M., Remicourt, M. et Tcheremissinoff, Y. (dir.) 2008. *Défunts néolithiques en Toulousain.* Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique (série monographie).

Vaquero Lastres, J. 1999. *Les Extrêmes distincts : la configuration de l'espace dans les sociétés ayant bâti des tertres funéraires dans le Nord-Ouest ibérique*. Oxford, Archaeopress (British Archaeological Report International Series 821).

Vegas Aramburu, J.I. 1999. *El enterramiento neolítico de San Juan Ante Portam Latinam*. Araba, Exposición, Diputación Foral de Navarra.

Vijande Vila, E., Dominguez-Bella, S., Cantillo Duarte, J.J., Martinez Lopez, J. et Barrena Tocino, A. 2015. Social inequalities in the Neolithic of southern Europe: The grave goods of the Campo de Hockey

necropolis (San Fernando, Cádiz, Spain). *Comptes Rendus Palevol* 14 : 147–161. doi:10.1016/j.crpv.2014.11.004.

Villalba, M. J. 2002. Le gîte de variscite de Can Tintorer : production, transformation et circulation du minéral vert. In J. Guilaine (dir.), *Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'Âge du Bronze. Séminaire du Collège de France* : 115-127. Paris, Éditions Errance.

Villalba, M. J., Edo, M. y Blasco, A. 1998. Explotación. manufactura, distribución y uso como bien de prestigio de la 'calaita' en el Neolítico: el ejemplo del complejo de Can Tintorer. El ejemplo del complejo de Can Tintorer. In *Minerales y Metales en la prehistoria reciente, algunos testimonios de su explotación y laboreo en la península ibérica : 41-70.* Valladolid, Universidad de Valladolid (Studia Arqueológica 88).

Villalba, M. J., Bañolas, L., Arenas, J. et Alonso, M. 1986. *Les Mines neolitiques de Can Tintorer. Gavà. Excavacions 1978-1980.* Barcelona, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

Villalobos Garcia, R. et Odriozola, C.P. 2016. Organizing the production of variscite personal ornaments in Later Prehistoric Iberia : the mines of Aliste and the production sites of Quiruelas de Vidriales (Zamora, Spain). *European Journal of Archaeology* 19(4) : 631-651, DOI:10.1080/14619571.2016.1147316.

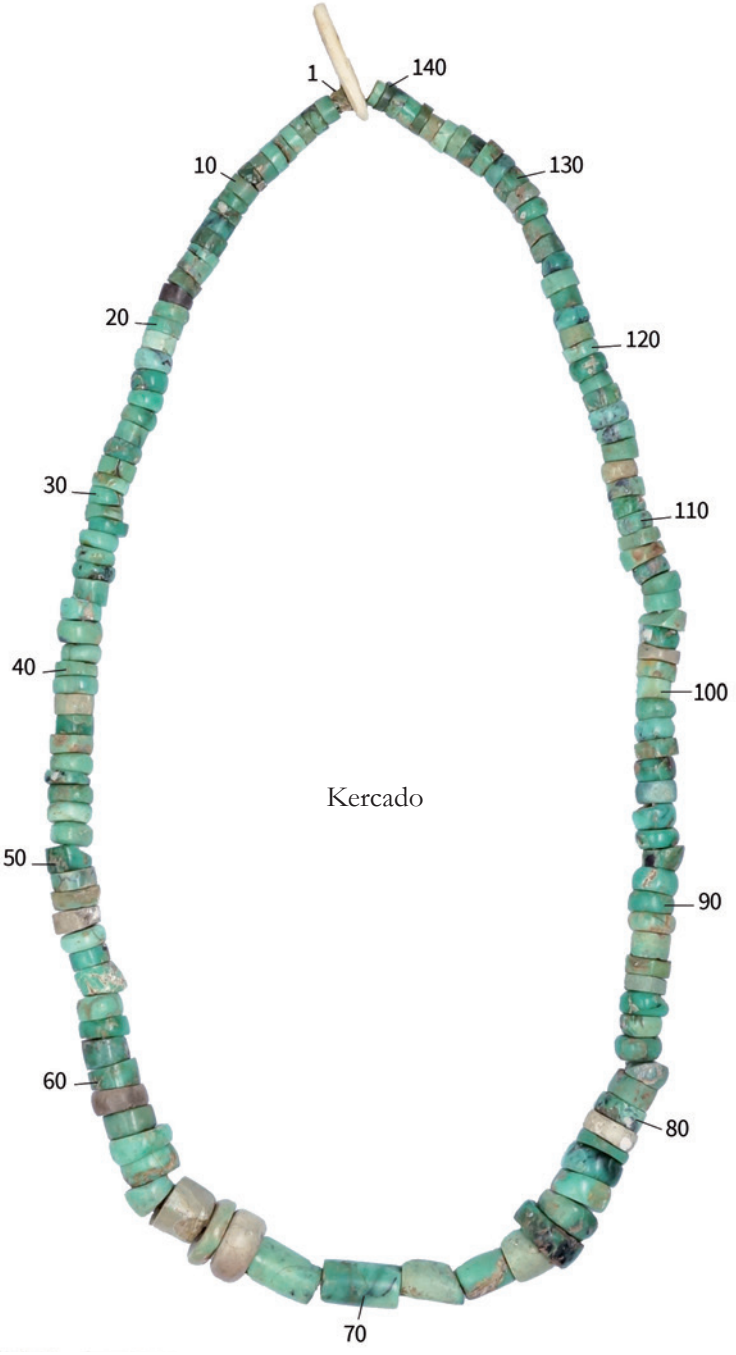
Zapata Peña, L. 1995. La excavación del depósito sepulcral calcolítico de la cueva Pico Ramos (Muskiz, Bizkaia). La industria ósea y los elementos de adorno. *Munibe (Antropologia-Arkeologia)* 47 : 35-90.

Zapatero Magdaleno, P. 2015. *El Neolítico en el Noroeste de la Cuenca del Duero : el yacimiento de La Velilla en el Valle del Valdivida (Palencia)*. Valladolid, Universidad de Valladolid.

Zilhão, J. 1992. *Gruta do Caldeirão. O Neolítico antigo*. Lisboa, Instituto Português do Património Arquitectónico e Arqueológico (Trabalhos de Arqueologia 6).

ANNEXE I : PLANCHES PHOTOS DES PERLES ET PENDELOQUES EN CALLAÏS DE L'OUEST DE LA FRANCE

S. Cassen, E. Vigier, Ch. Le Pennec, J.-B. Aubert, G. Querré, F. Bertin



Kercado



Le Luffang

Musée de Carnac



Mané Lud





Musée de Carnac



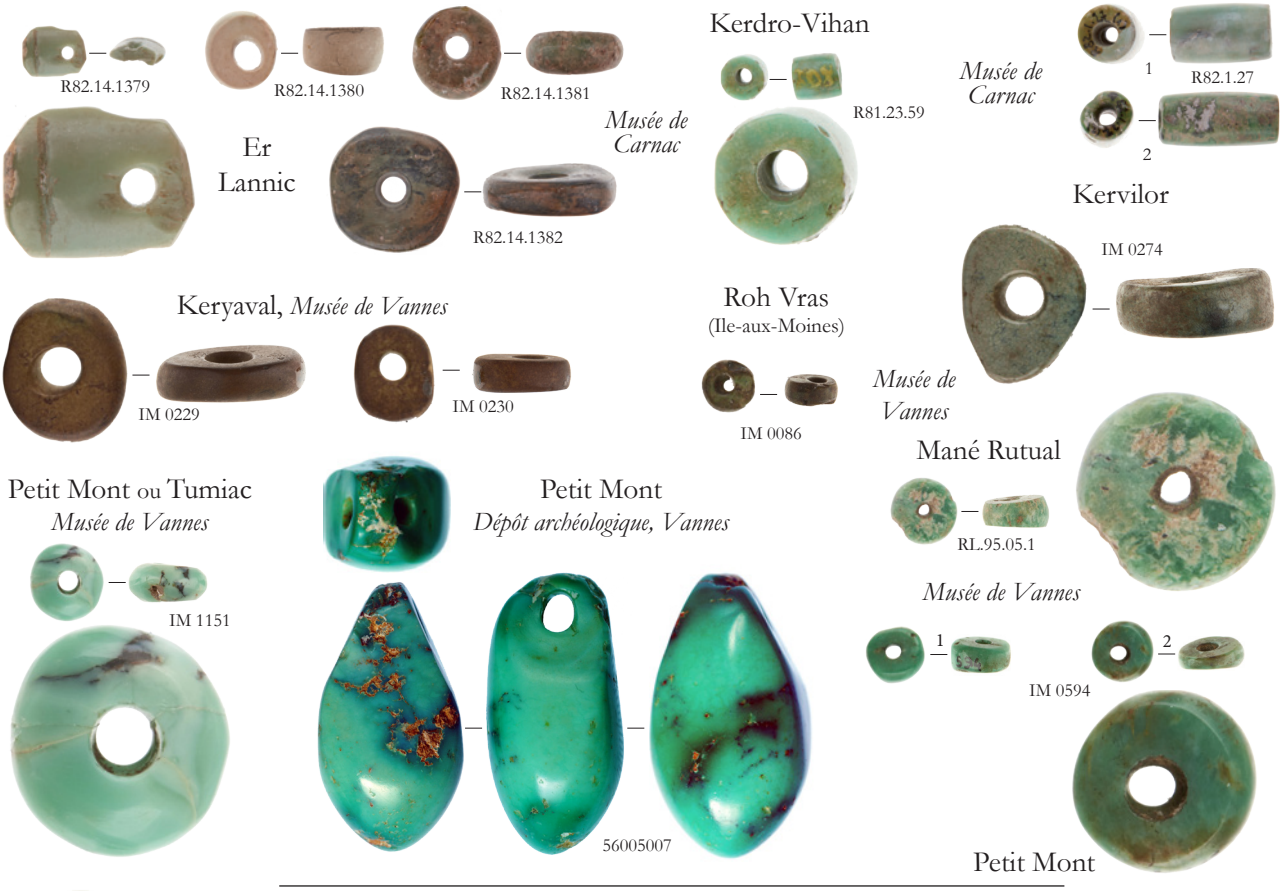


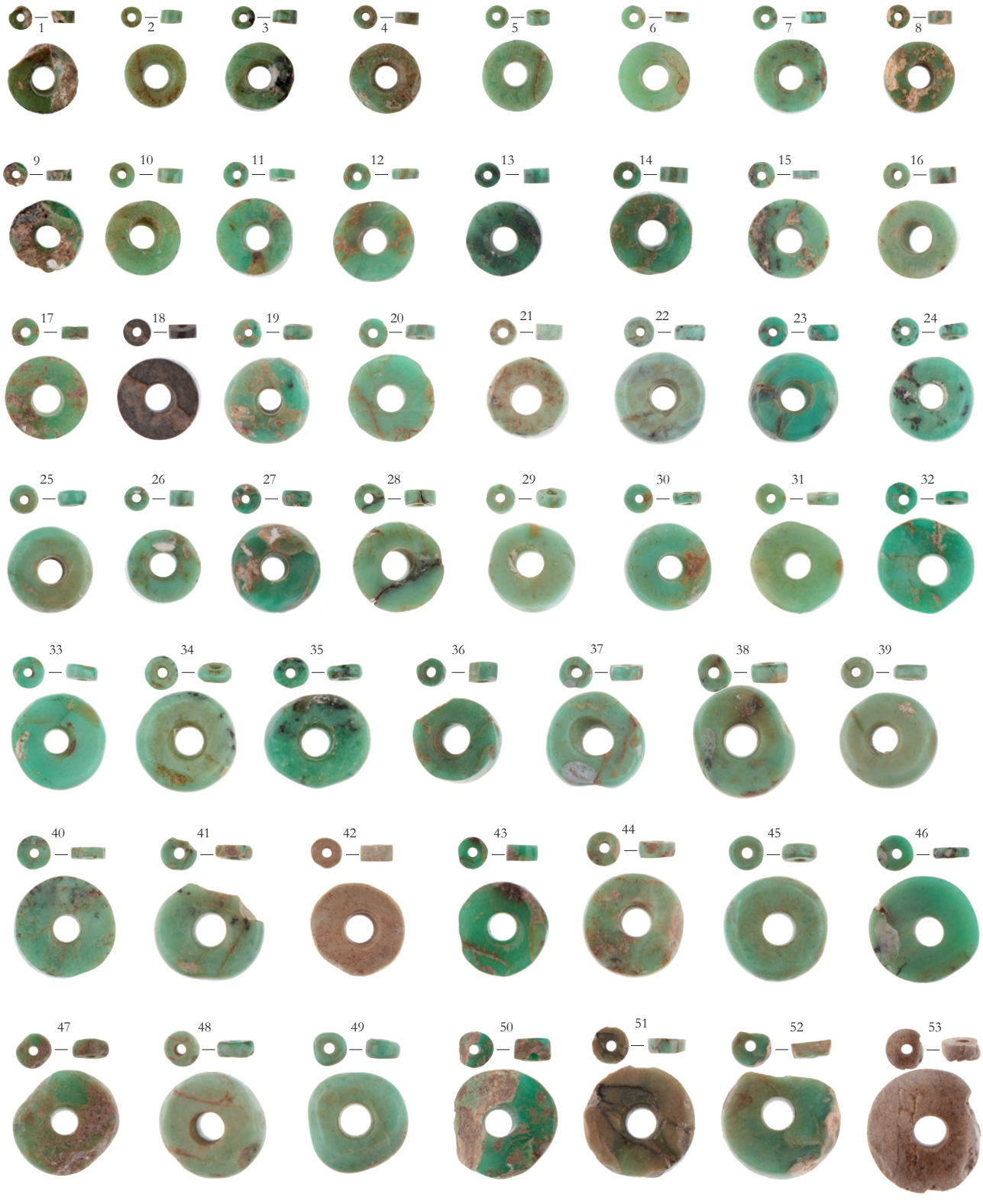

5
10
13
107
100
95
90
85
80
72
67
61
57
53
49
44
39
34
30
25
20
Mont
Saint-Michel


33
01
30
05
10
25
15
20
18
Tumiac

50%

0 3 cm


R82.14.1379
R82.14.1380
R82.14.1381
Er Lannic
Musée de Carnac
R82.14.1382
Kerdro-Vihan
R81.23.59
Musée de Carnac
1
R82.1.27
2
Kervilor
IM 0274
Keryaval, Musée de Vannes
IM 0229
IM 0230
Roh Vras
(Ile-aux-Moines)
IM 0086
Musée de Vannes
Mané Rutual
RL.95.05.1
Petit Mont ou Tumiac
Musée de Vannes
IM 1151
Petit Mont
Dépôt archéologique, Vannes
56005007
Musée de Vannes
IM 0594
Petit Mont
1
2
3
4
S.p. - Musée de Carnac, dépôt musée départemental breton (Quimper), D82.1.3
5
8
Kercado
Musée de Vannes
IM 0612
7
6
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)

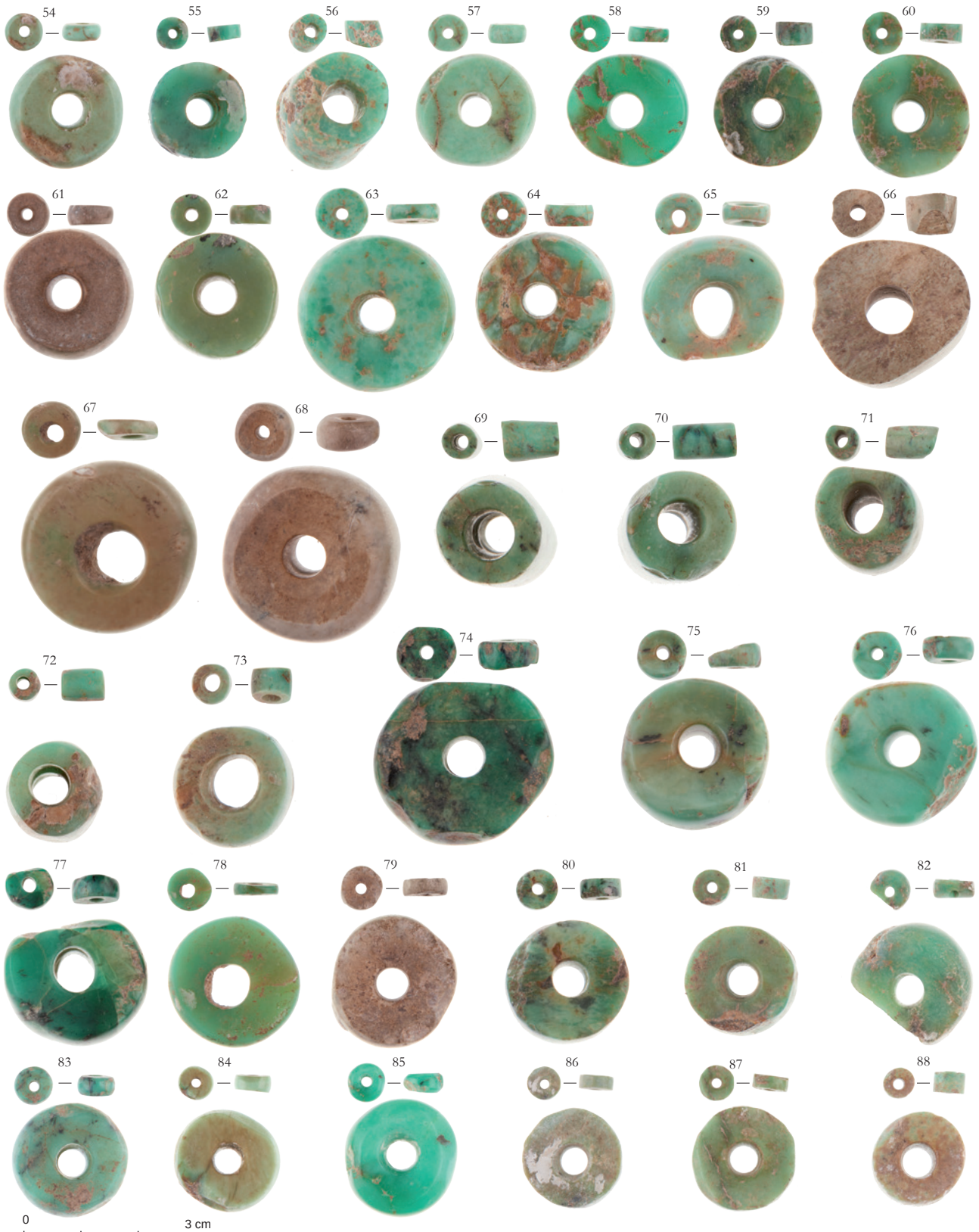


0 3 cm

Kercado, *Musée de Carnac* R81.2.64

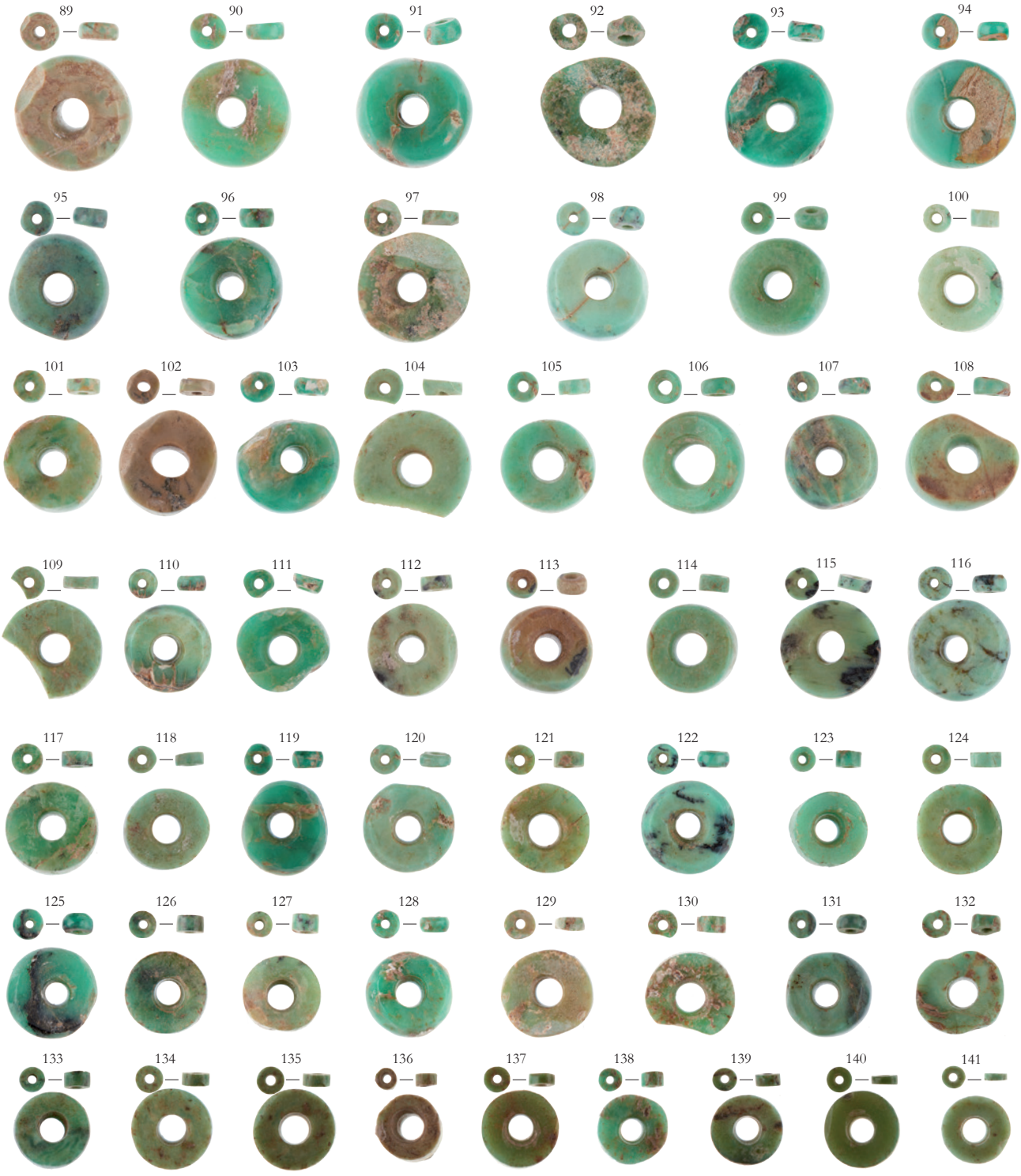
0 3 cm

échelle d'agrandissement (300%)



Kercado, *Musée de Carnac* R81.2.64

échelle d'agrandissement (300%)

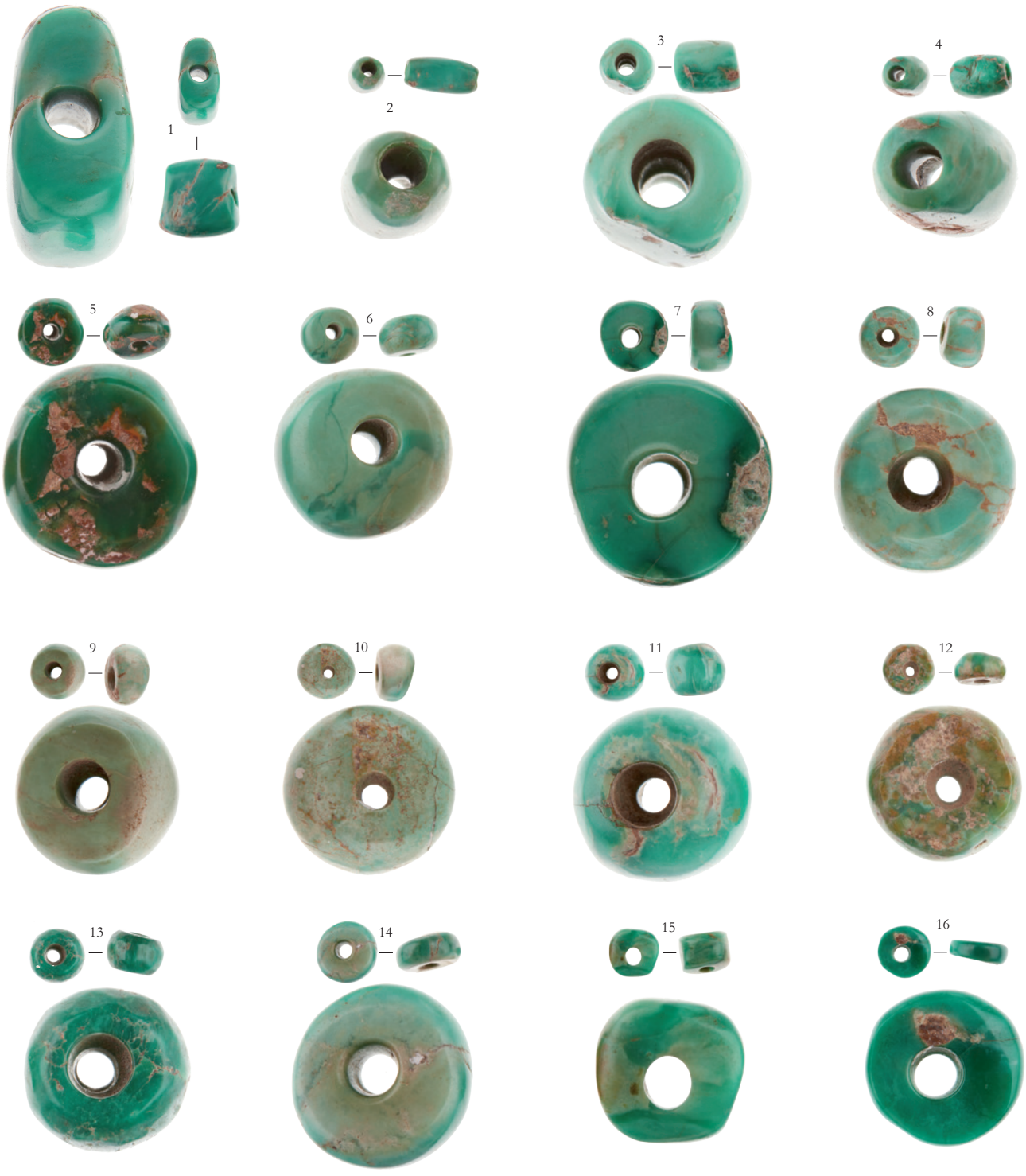


Kercado, *Musée de Carnac* R81.2.64

Collection De Chavagnac

0 3 cm

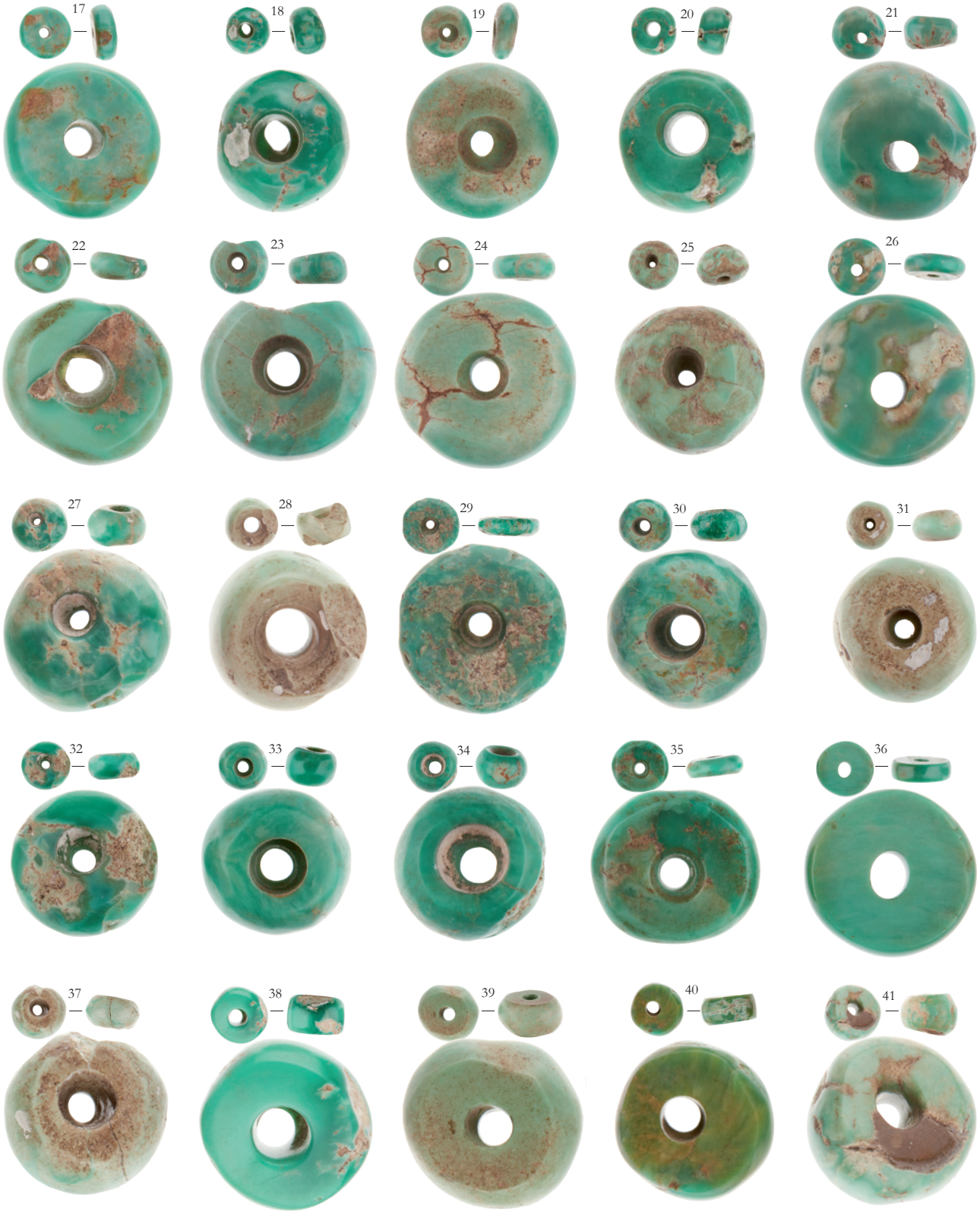
0 3 cm échelle d'agrandissement (300%)



Kerlagat, *Musée de Carnac* R82.23.7

0 3 cm

0 3 cm échelle d'agrandissement (300%)



0 3 cm

Kerlagat, *Musée de Carnac* R82.23.7

0 3 cm échelle d'agrandissement (300%)



Kerlagat,
Musée de Carnac

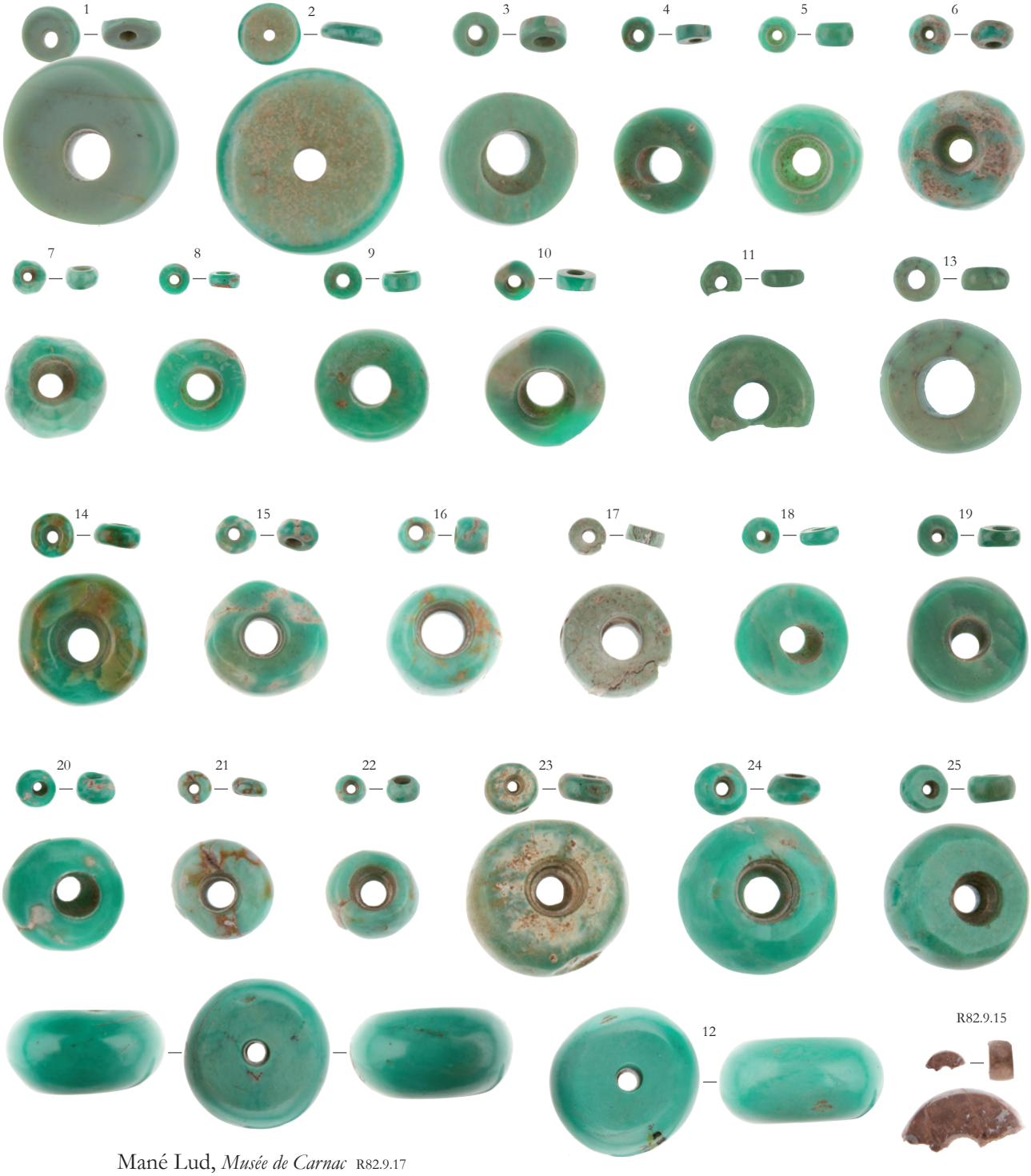
R82.23.7



Le Luffang, *Musée de Carnac* R81.16.81



échelle d'agrandissement (300%)



Mané Lud, *Musée de Carnac* R82.9.17

Le Moustoir
Musée de Vannes IM 0589



0 3 cm

0 3 cm

échelle d'agrandissement (300%)



Er Grah

Musée de Carnac R82.22.14

échelle d'agrandissement (300%)



Mané er Hroëck
Musée de Vannes



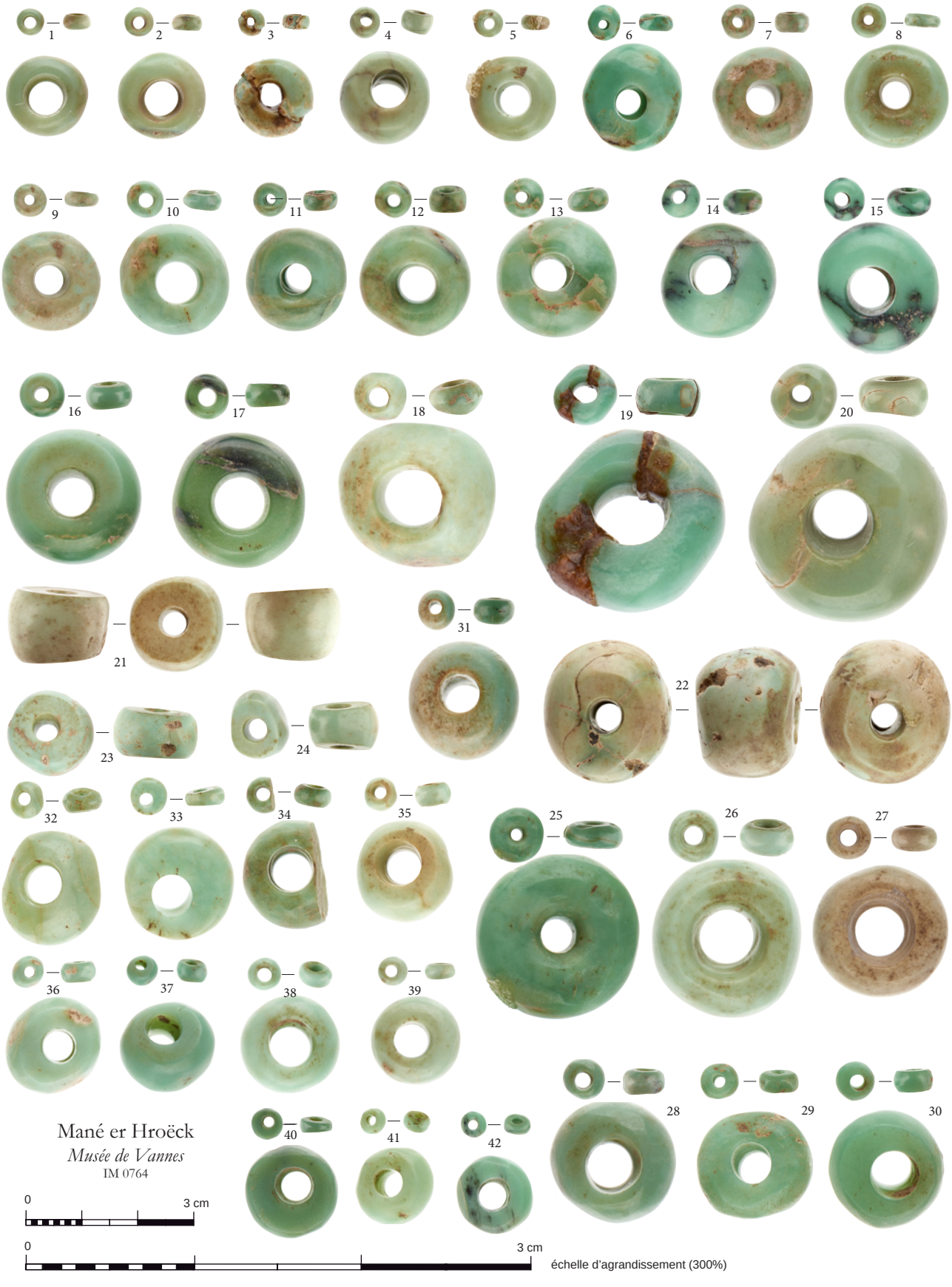
Mané er Hroëck
Musée de Vannes

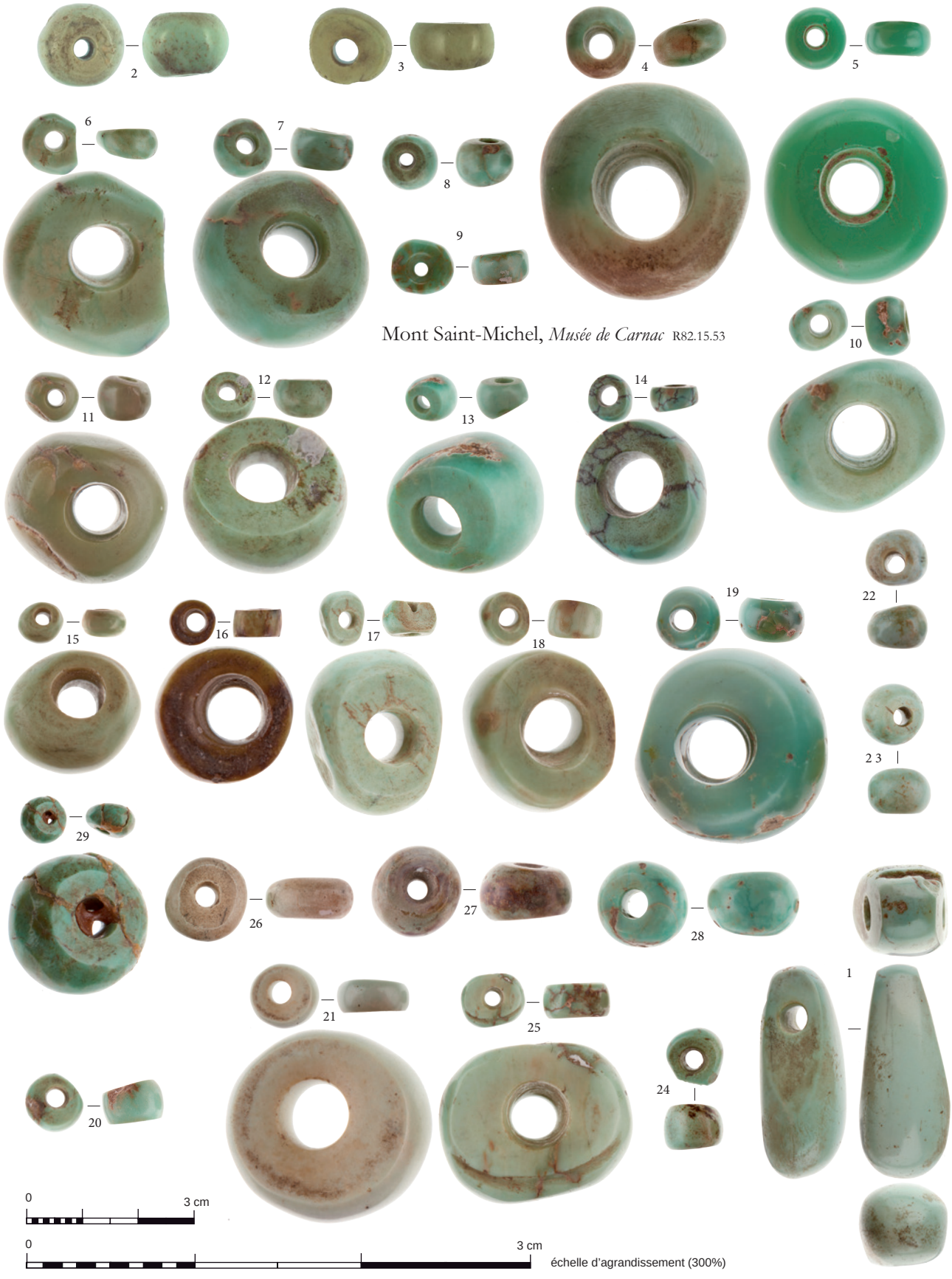


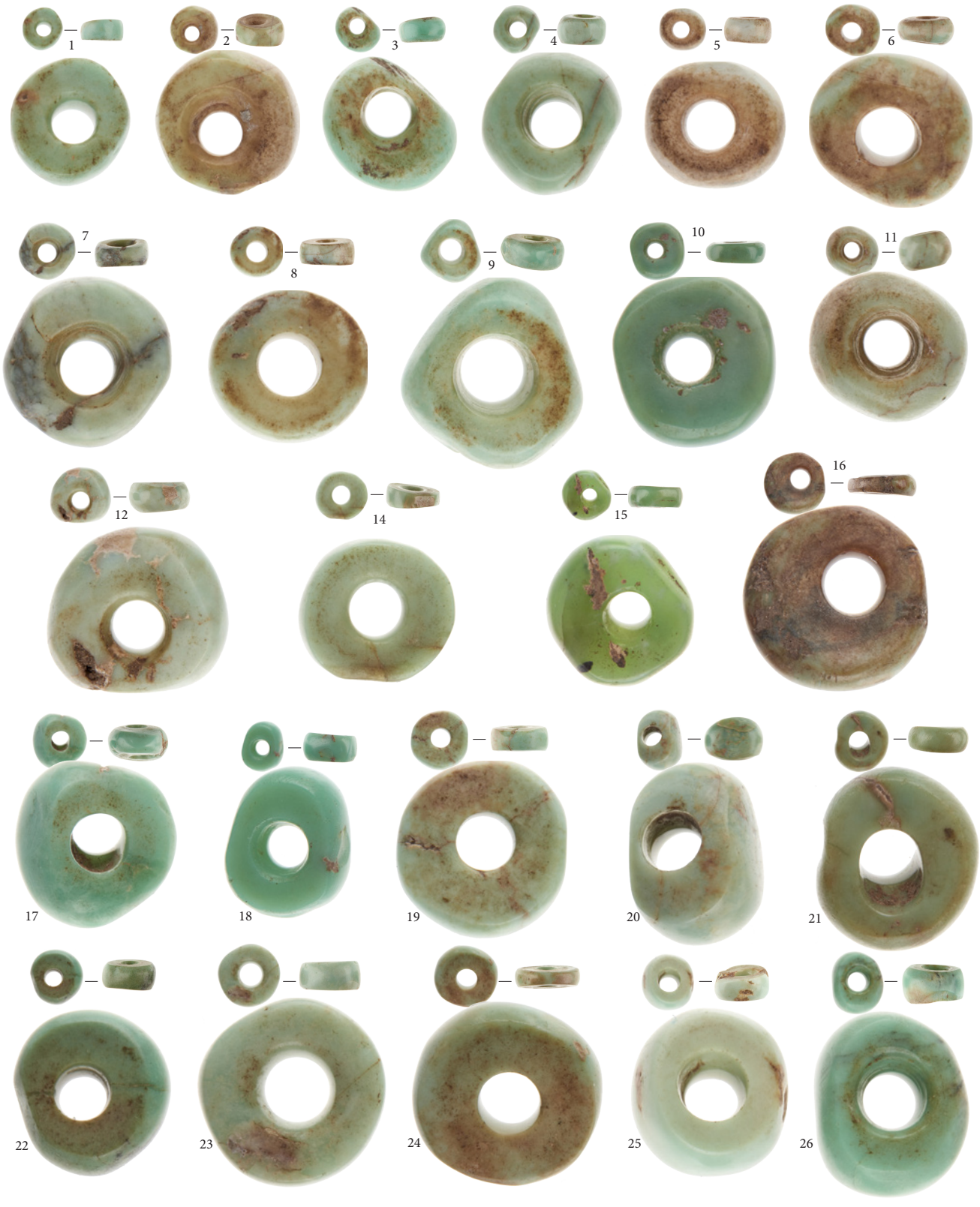



759
IM 0759
Mané er Hroëck
Musée de Vannes
IM 0760
760
0
3 cm

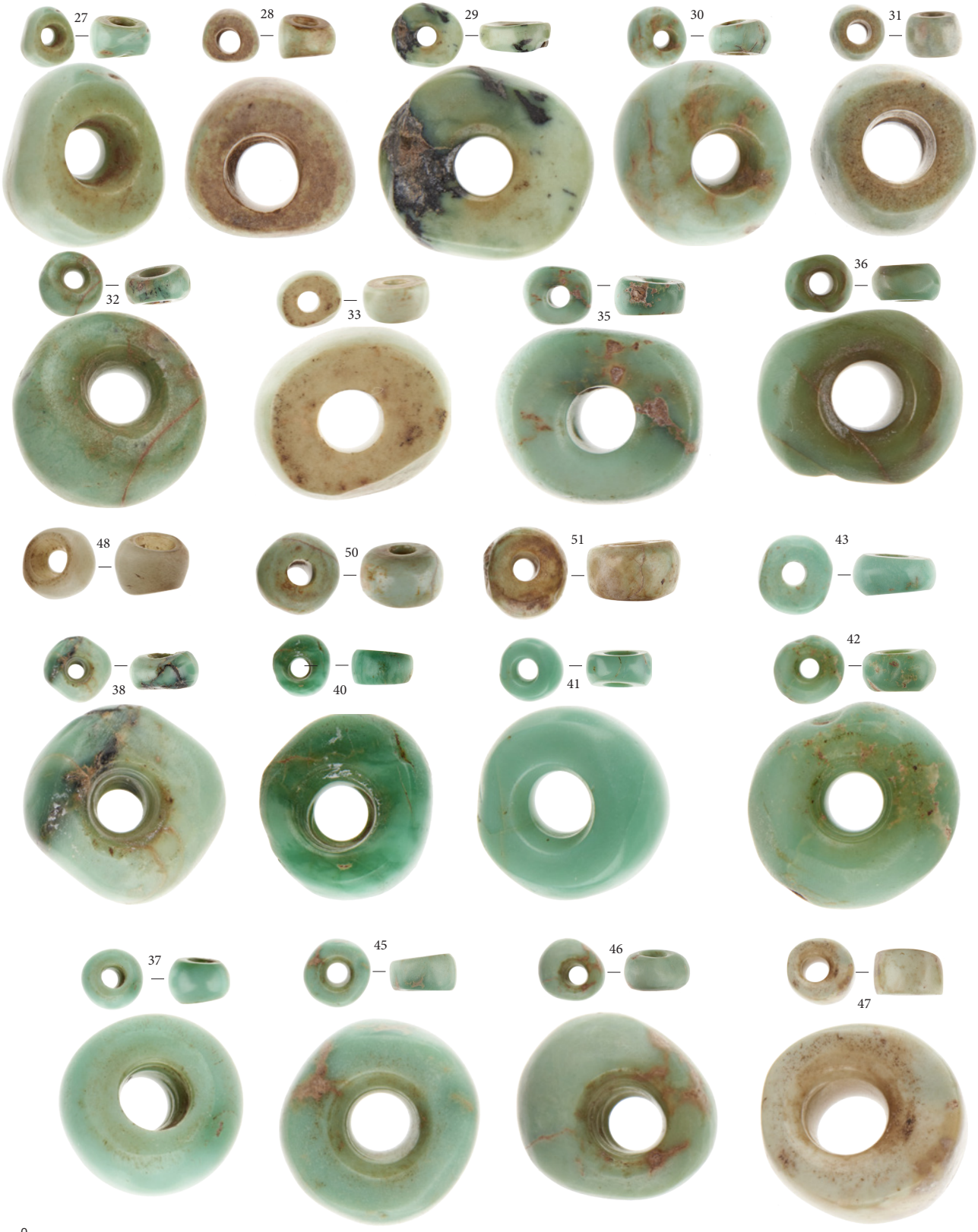

761
201
IM 0761
762
IM 0762
Mané er Hroëck
Musée de Vannes
IM 0763
763
203
IM 1152
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
Mané er Hroëck
Musée de Vannes
IM 0764
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)


Mont Saint-Michel, *Musée de Carnac* R82.15.53
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)



Mont Saint-Michel, *Musée de Vannes* IM 0816



Mont Saint-Michel, *Musée de Vannes* IM 0816


Mont Saint-Michel
Musée de Vannes IM 0816
34
44
49
39
53
816
72
51
IM 1150
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)

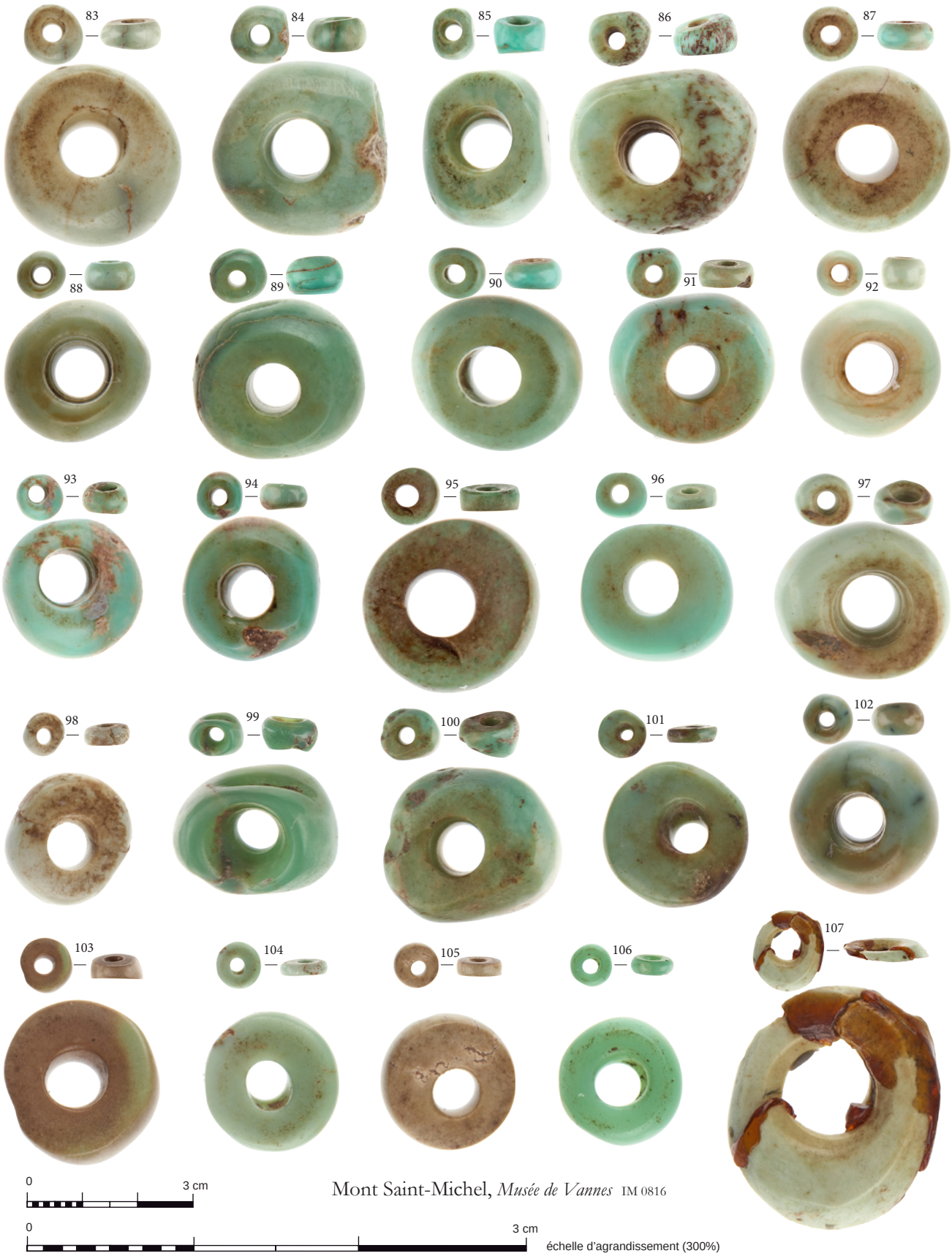
Mont Saint-Michel, *Musée de Vannes* IM. 0816



échelle d'agrandissement (300%)

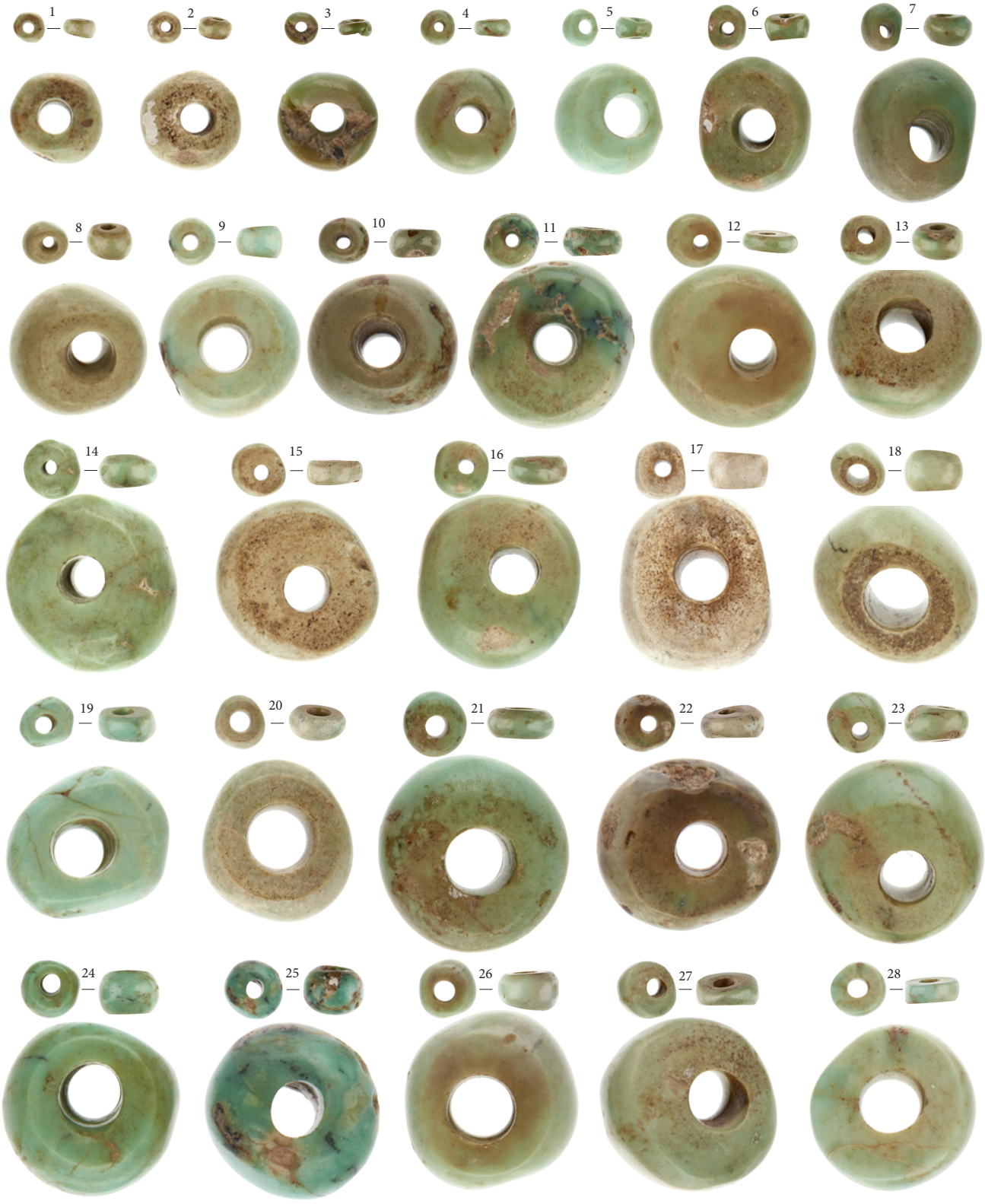


Mont Saint-Michel, *Musée de Vannes* IM. 0816



Mont Saint-Michel, *Musée de Vannes* IM 0816

échelle d'agrandissement (300%)



Tumiac, *Musée de Vannes* IM 0858



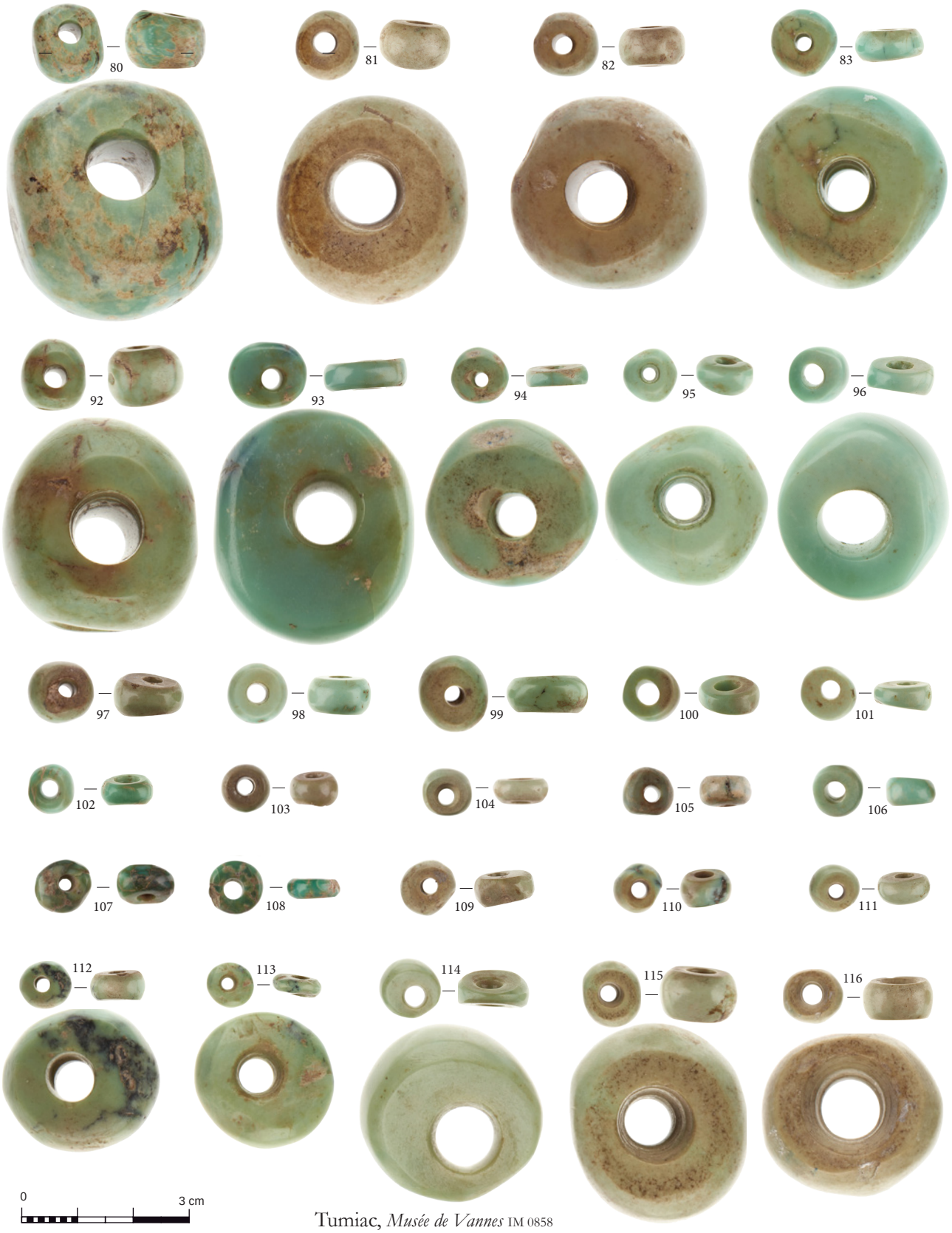
Tumiac, *Musée de Vannes* IM 0858



Tumiac
Musée de Vannes IM 0858


Tumiac
Musée de Vannes IM 0858
858
118
85
43
37
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)


62
63
64
65
66
67
69
70
71
72
74
75
76
77
78
73
91
90
Tumiac
Musée de Vannes
IM 0858
56
57
58
59
84
49
50
51
52
89
86
87
88
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)



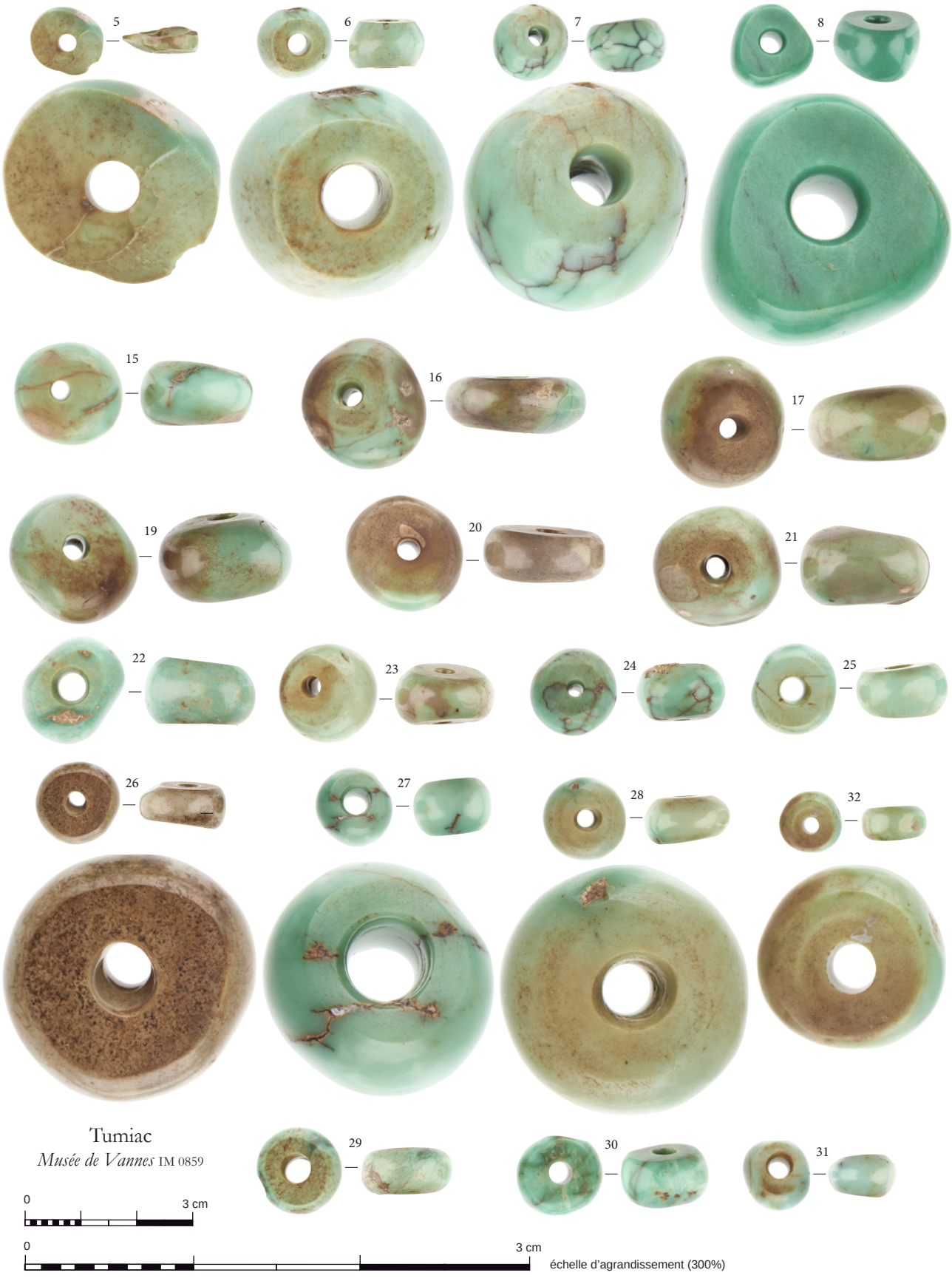
Tumiac, *Musée de Vannes* IM 0858

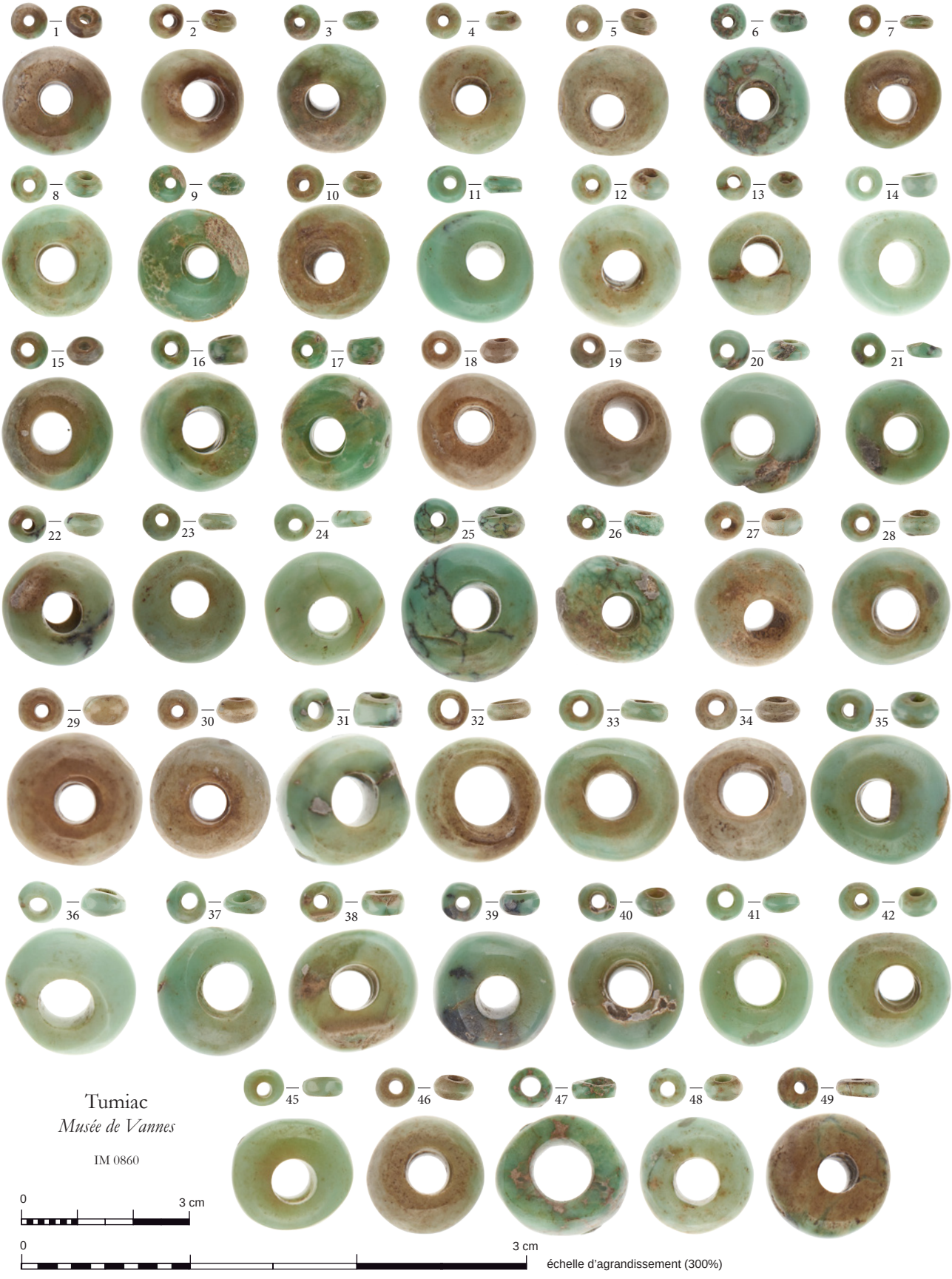
échelle d'agrandissement (300%)

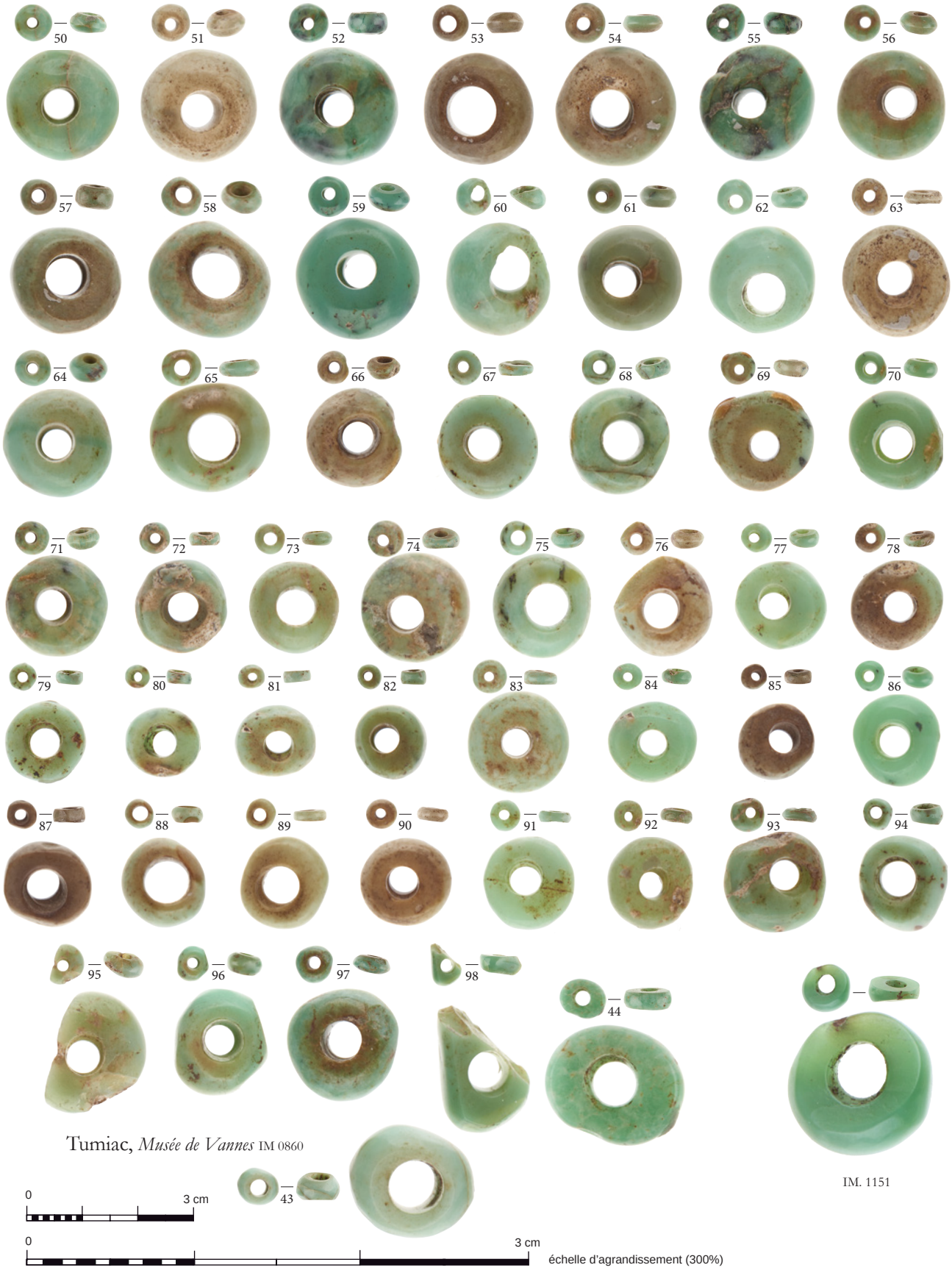
Tumiac
Musée de Vannes

IM 0859




5
6
7
8
15
16
17
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
32
29
30
31
Tumiac
Musée de Vannes IM 0859
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
45
46
47
48
49
Tumiac
Musée de Vannes
IM 0860
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)

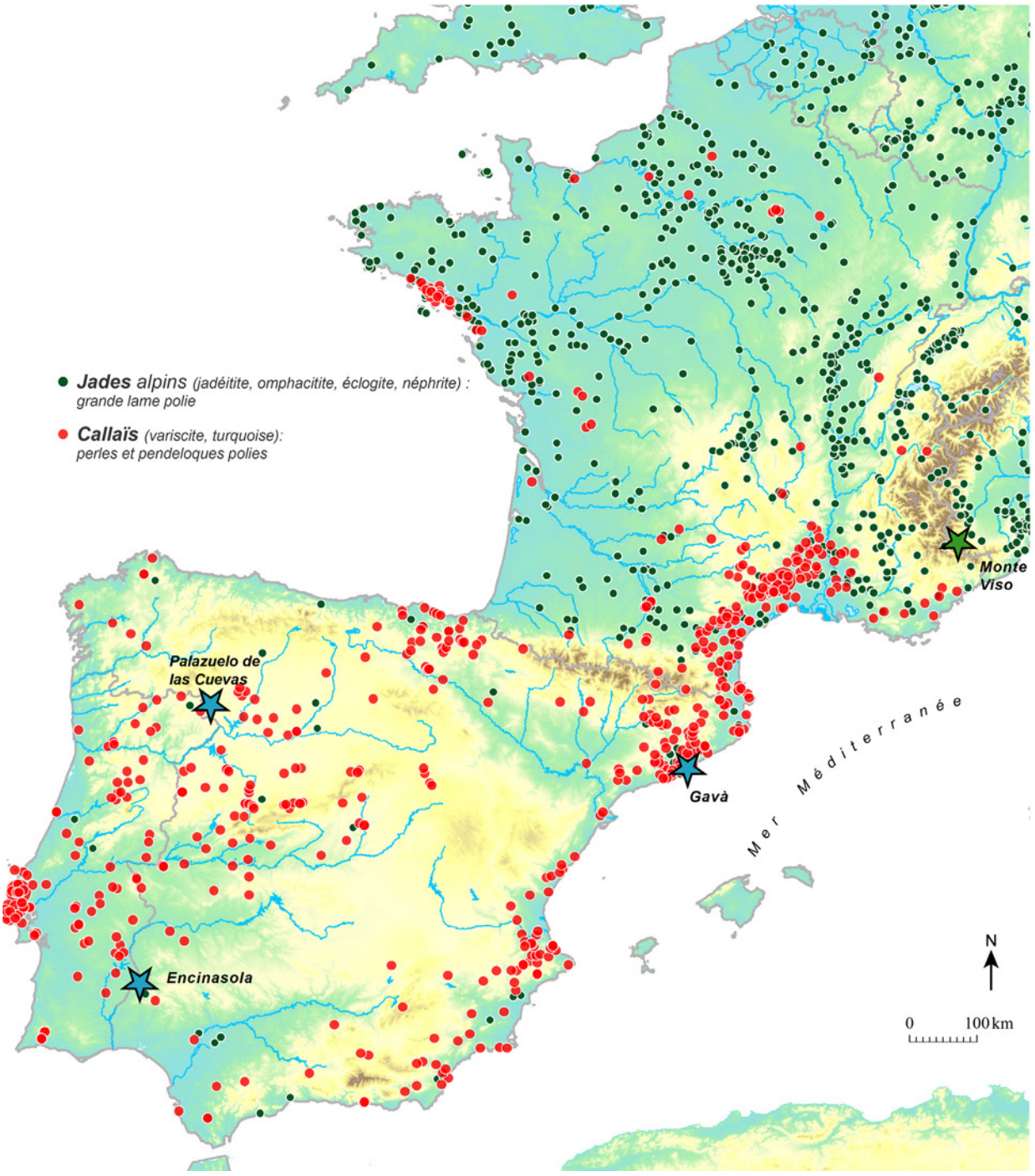

50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
44
43
Tumiac, *Musée de Vannes* IM 0860
IM. 1151
0
3 cm
0
3 cm
échelle d'agrandissement (300%)

ANNEXE II : CARTE OUEST-EUROPÉENNE DES OBJETS NÉOLITHIQUES EN JADES ET EN CALLAÏS

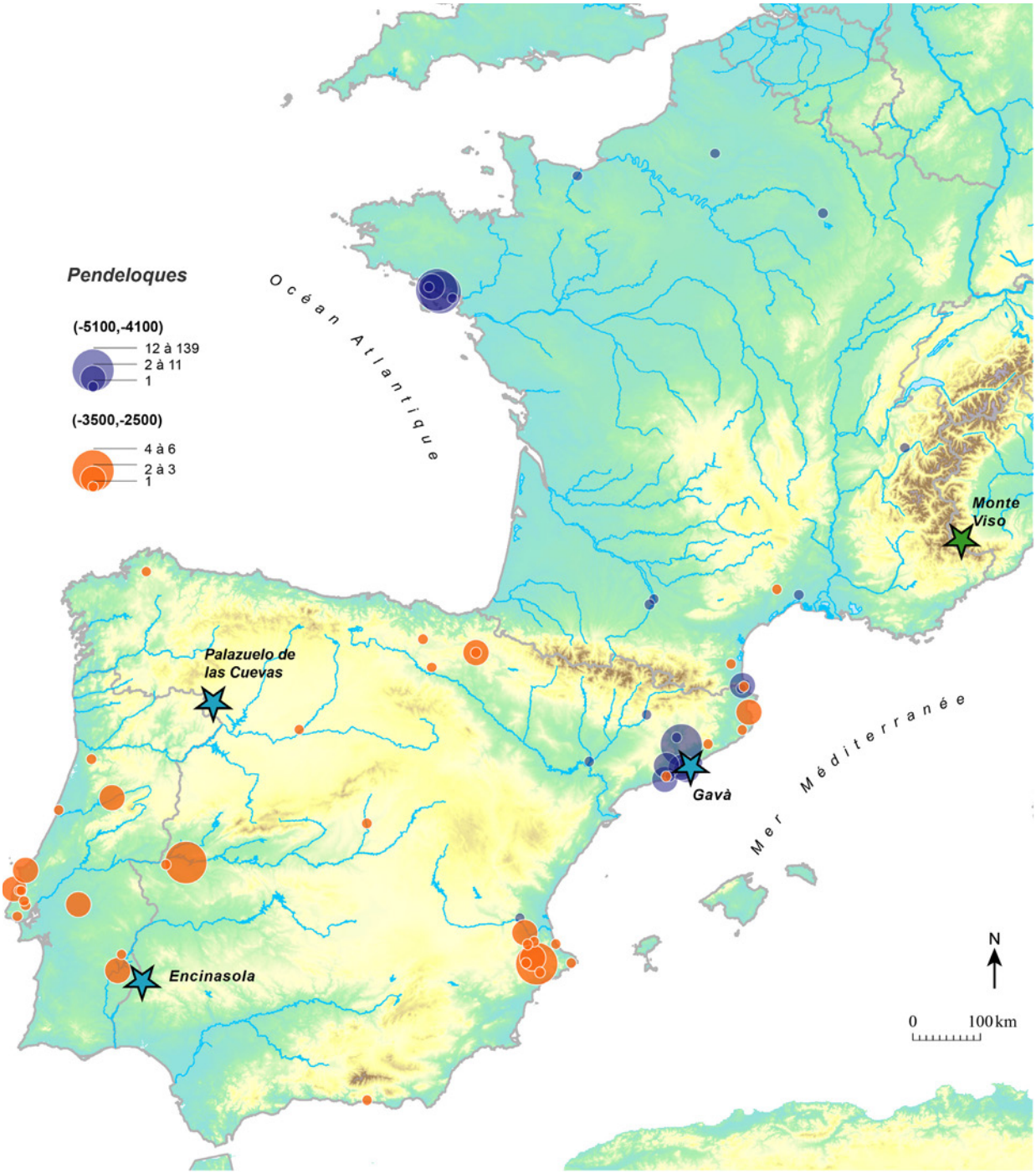
S. Cassen, F. Prodéo, C. Rodríguez-Rellán, J. Bosch Argilagós, A.F. Carvalho, G. Querré, C. Rodríguez-Rellán, R. Fábregas Valcarce, M. Molist Montaña, J. Vaquer.

Carte ouest-européenne des objets en jades et en callaïs.

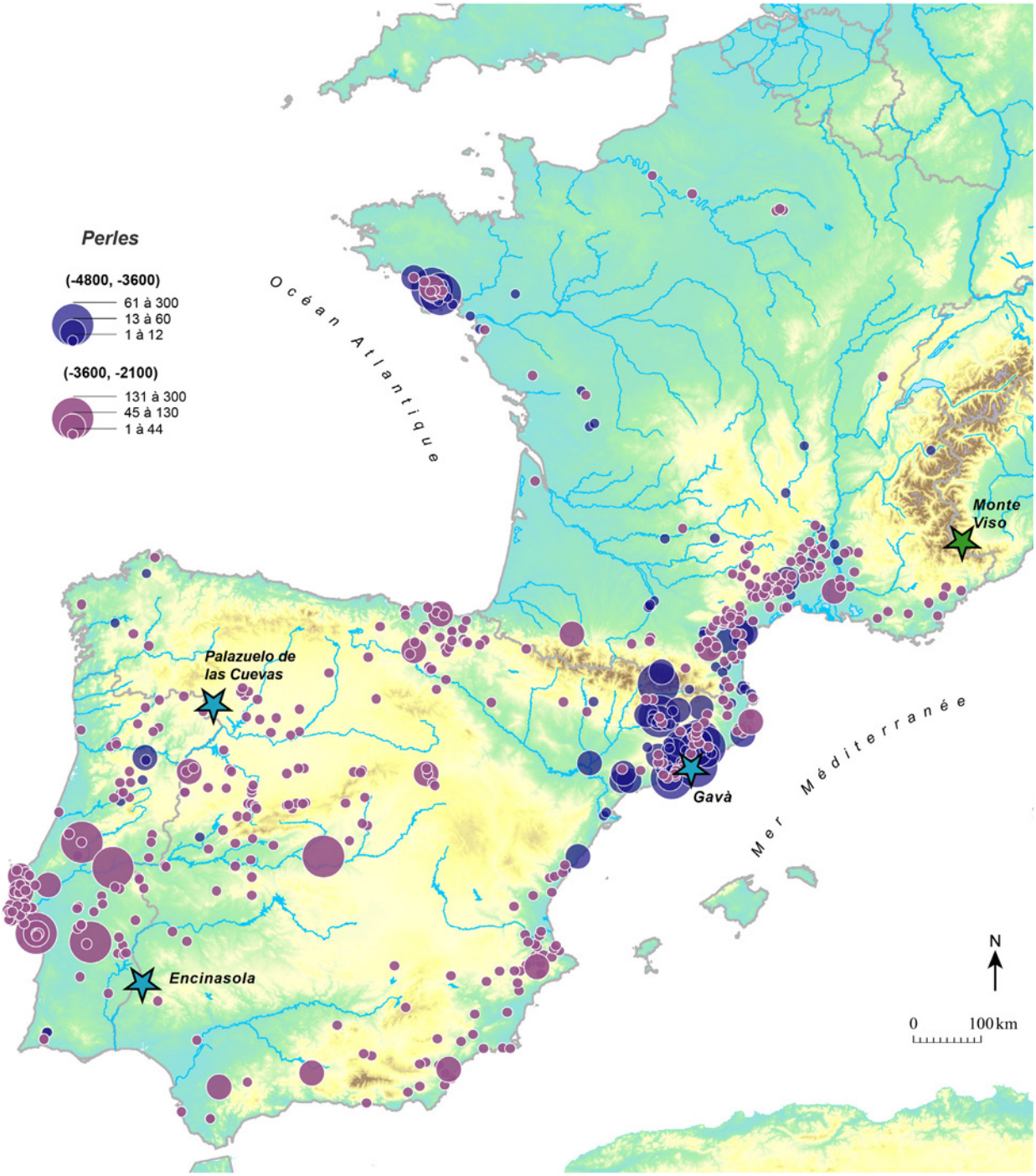
DAO : S. Cassen, F. Prodéo et C. Rodríguez-Rellán ; bases de données : J. Bosch Argilagós, A.F. Carvalho, S. Cassen, G. Querré, C. Rodríguez-Rellán, R. Fábregas Valcarce, M. Molist Montaña, J. Vaquer
Base de données JADE en ligne : http://jade.univ-fcomte.fr/b



Cartographie : S. Cassen, F. Prodéo, C. Rodríguez Rellán.



Cartographie : S. Cassen, F. Prodéo, C. Rodríguez Rellán.



Cartographie : S. Cassen, F. Prodéo, C. Rodríguez Rellán.

ANNEXE III : ANALYSES CHIMIQUES DES SOURCES OUEST EUROPÉENNES DE VARISCITE ET / OU TURQUOISE

G. Querré, T. Calligaro, S. Cassen, M.-P. Dabard, S. Domínguez-Bella

Toutes les analyses chimiques élémentaires ont été obtenues sur AGLAE à l'aide du faisceau extrait par la méthode PIXE. Pour plus de détails sur les conditions d'analyses et l'interprétation des spectres de Rayons X, voir G. Querré , T. Calligaro, S. Domínguez-Bella, S. Cassen (2013) - PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th–3th millennium BC), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. Volume 318, Part A, 1 January 2014, pp. 149–156.

• Les concentrations élémentaires de Na à U sont exprimées en parties par million (ppm).
• V*, Cr*, Fe* : proportions relatives de ces trois éléments exprimées en % avec V+Cr+Fe = 100%
soit : V* = [V/(V+Cr+Fe)]*100; Cr* = [Cr/(V+ Cr+Fe)]*100; Fe* = [V+Cr+Fe)]*100.
• num : numéro d'ordre de la base de données géochimiques globales.
• run : dates d'analyse.

run	dates
1	juillet 1999
2	novembre 2000
3	septembre 2001
4	juillet 2004
5	juillet 2005
6	janvier 2008
7	octobre 2008
8	janvier 2009
9	juillet 2009
10	octobre 2009
11	février 2010
12	novembre 2010 (CHARISMA)
13	novembre 2010
14	mai 2011
15	janvier 2013
16	janvier 2015

• spectre : numéro de spectre enregistré sur la base et sur les serveurs d'AGLAE.
• nom : localisation pour les références géologiques - numéro d'inventaire ou d'ordre pour les objets de fouille et des musées.

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Can Tintorer Gavà (n=27)	91	2	27nov026	12680	3791	171757	45466	222244	1641	9870	4089	5929	1695	562	660	0	9965	32	2	88	60	33	359	3	98	5	16	2	13	5	6	89	1,17	1222
	92	2	27nov027	7241	4057	162756	90014	202704	814	3444	3323	7609	1715	668	617	0	9795	20	0	31	20	30	333	4	104	4	29	1	3	6	6	88	0,92	1285
	93	2	27nov028	644	2099	172769	63639	218722	0	66	1270	6024	1640	557	622	0	12039	2	0	27	14	29	360	2	111	0	25	3	0	4	5	91	1,12	1179
	94	2	27nov029	1530	3760	113923	300262	29621	217	96	5896	23422	3471	268	380	20	13366	46	66	72	26	22	238	0	264	5	49	0	0	2	3	95	1,42	648
	95	2	27nov030	2016	3413	135063	231691	80845	0	72	3814	20080	2842	354	423	11	12151	35	52	62	27	25	286	0	228	9	38	3	0	3	3	94	1,19	777
	96	2	27nov031	1223	10959	102893	209380	82766	843	60	5165	84681	2625	64	307	47	11942	49	60	117	36	12	127	5	541	23	30	4	14	1	2	97	4,8	371
	97	2	27nov032	2054	11949	106028	181979	111967	927	226	4096	71764	3027	197	416	23	11957	47	61	120	50	20	237	2	623	36	49	3	31	2	3	95	2,11	613
	98	2	27nov033	4013	13434	68575	52817	188228	3083	382	1736	187388	4103	175	410	41	12871	34	79	311	85	31	146	0	1036	45	55	9	45	1	3	96	2,34	585
	101	2	27nov036	1360	3637	146664	153080	142763	0	116	2816	27741	1301	252	341	27	10243	27	130	29	17	24	294	6	550	0	66	3	32	2	3	95	1,35	593
	102	2	27nov037	2305	3159	165299	80504	200225	0	334	1546	18895	1516	592	523	0	10615	19	24	19	12	28	380	3	657	5	57	0	22	5	4	90	0,88	1115
	103	2	27nov038	1342	2458	171165	69172	212532	0	335	1518	10983	1459	537	538	14	9779	3	5	11	11	25	396	6	649	5	39	0	22	5	5	90	1	1075
	163	2	27nov098	3248	3340	161502	128837	87952	1981	3497	4937	107803	2658	1	398	184	24426	81	586	393	163	47	139	0	29773	0	37	0	14	0	2	98	_	399
	164	2	27nov099	5724	2676	101512	106689	135400	1872	1847	1880	148920	2159	34	391	120	23428	59	170	289	131	24	387	5	16631	5	30	0	15	0	2	98	11,5	425
	165	2	27nov100	6302	8101	108685	45404	172077	3634	491	957	175282	993	3	378	83	15411	50	256	235	130	55	146	16	34525	13	0	0	28	0	2	98	126	381
	169	2	27nov104	1269	2429	185891	30298	237633	1029	330	947	8452	1375	510	539	7	9574	18	0	16	21	30	329	6	284	3	30	0	13	5	5	90	1,06	1049
	170	2	27nov105	1611	1850	183455	32794	234786	1477	362	1026	9644	1955	541	539	34	11424	43	16	22	23	25	333	0	443	8	44	0	11	4	4	91	1	1080
	171	2	27nov106	1566	1536	185820	26421	239250	1224	934	1340	9093	1467	587	602	0	11531	11	0	18	25	30	432	10	323	10	16	0	32	5	5	91	1,03	1189
	172	2	27nov107	1963	2519	176383	53355	223023	889	696	1374	8004	1437	641	600	15	10823	3	5	17	27	24	364	0	182	13	18	2	13	5	5	90	0,94	1241
	173	2	27nov108	2088	4170	105608	194242	66916	6221	439	7637	100074	14184	78	1	146	18634	43	57	165	56	258	369	26	6923	151	0	42	124	0	0	100	0,01	79
	174	2	27nov109	1753	3803	104690	194045	68454	6555	358	7292	98540	15127	66	1	101	19142	40	55	165	50	259	391	51	7153	110	127	27	89	0	0	100	0,02	67
	175	2	27nov110	3449	4106	156097	101066	186591	908	1059	3720	18613	1495	369	426	22	8530	22	28	21	16	22	262	4	495	9	27	4	7	4	5	91	1,15	795
	176	2	27nov111	3890	4496	133604	154603	159667	632	1298	5419	9067	1305	413	417	20	9097	20	17	25	21	21	255	9	212	7	31	0	20	4	4	92	1,01	830
	1717	15	14jan038	1514	2514	141442	119820	95273	1488	287	1929	124893	92	162	564	0	14424	0	190	257	128	48	392	14	27959	36	68	0	183	1	4	95	3,48	726
	1718	15	14jan039	1398	2552	151444	157585	140928	1100	332	3075	13203	931	531	563	0	10932	0	22	30	19	25	323	3	229	8	18	8	0	4	5	91	1,06	1094
	1719	15	14jan040	2402	2351	17713	34502	153592	2855	201	987	345476	0	267	22	0	7306	0	18	32	14	15	219	11	650	0	24	9	205	4	0	96	0,08	289
	1720	15	14jan041	1654	3298	143751	170833	128761	647	430	2494	11319	1650	543	720	9	22505	0	12	37	17	38	397	13	139	2	37	5	0	2	3	95	1,33	1263
	1721	15	14jan042	315	851	207192	14567	238643	254	343	167	4187	653	888	576	9	11216	0	3	48	24	15	270	0	96	8	0	0	9	7	5	88	0,65	1464
			Min	**315**	**851**	**17713**	**14567**	**29621**	**0**	**60**	**167**	**4187**	**0**	**1**	**1**	**0**	**7306**	**0**	**0**	**11**	**11**	**12**	**127**	**0**	**96**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**88**	**0,01**	**67**
			Max	**12680**	**13434**	**207192**	**300262**	**239250**	**6555**	**9870**	**7637**	**345476**	**15127**	**888**	**720**	**184**	**24426**	**81**	**586**	**393**	**163**	**259**	**432**	**51**	**34525**	**151**	**127**	**42**	**205**	**7**	**6**	**100**	**126**	**1464**
			Moyenne	**2835**	**4197**	**140062**	**112706**	**157836**	**1492**	**1034**	**2980**	**61374**	**2699**	**365**	**443**	**35**	**13079**	**26**	**71**	**98**	**45**	**45**	**302**	**7**	**4847**	**19**	**36**	**5**	**35**	**3**	**3**	**93**	**6,49**	**809**
			Ecart-Type	**2591**	**3156**	**41732**	**74521**	**63047**	**1704**	**1981**	**2035**	**80461**	**3571**	**243**	**189**	**49**	**4600**	**22**	**122**	**108**	**43**	**62**	**90**	**11**	**10011**	**35**	**26**	**9**	**53**	**2**	**2**	**4**	**24,48**	**397**
			d %	**91**	**75**	**30**	**66**	**40**	**114**	**192**	**68**	**131**	**132**	**67**	**43**	**142**	**35**	**84**	**172**	**110**	**96**	**138**	**30**	**145**	**207**	**179**	**73**	**201**	**153**	**70**	**50**	**4**	**377**	**49**

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Encinasola (n=77)	81	2	27nov016	1634	1588	210910	11070	265643	0	98	429	92	1088	1253	786	0	10835	9	0	1	2	60	271	0	1	3	44	0	7	10	6	84	0,63	2039
	82	2	27nov017	2347	1650	195296	8531	253382	0	239	855	143	823	967	849	0	14538	7	0	7	36	51	425	0	2	5	41	6	16	6	5	89	0,88	1816
	83	2	27nov018	1063	1380	200462	7316	254289	0	233	411	0	1063	1193	733	0	9729	5	0	2	1	67	274	2	1	0	41	0	3	10	6	83	0,61	1926
	85	2	27nov020	1536	947	198468	7367	254449	0	366	1264	107	1185	1075	770	0	10945	20	0	3	6	69	314	0	18	0	86	0	0	8	6	86	0,72	1845
	110	2	27nov045	0	271	205663	0	261148	0	0	149	118	96	1883	2803	0	3381	9	1	2	1	2	249	3	1	0	37	0	3	23	35	42	1,49	4686
	111	2	27nov046	304	51	204547	1543	260675	0	0	318	154	92	1794	2704	0	3241	15	2	4	3	0	204	2	1	5	19	0	6	23	35	42	1,51	4498
	112	2	27nov047	0	1139	202173	8861	255791	0	0	374	64	87	1770	2840	6	2770	9	1	73	6	1	239	0	2	0	33	0	0	24	38	38	1,6	4610
	113	2	27nov048	122	1295	213208	10290	266367	356	0	167	162	107	2009	2499	3	3170	7	0	15	3	1	237	0	3	0	41	4	0	26	33	41	1,24	4508
	114	2	27nov049	409	1593	200031	9601	256100	0	0	315	30	158	2150	2234	13	3288	14	1	3	2	3	181	2	5	5	69	5	6	28	29	43	1,04	4384
	115	2	27nov050	932	1811	200554	10003	254665	111	0	225	34	147	1815	2333	1	3369	19	0	3	5	2	191	0	0	0	39	14	0	24	31	45	1,29	4148
	456	5	11jul137	333	897	199832	3764	259544	1216	34	440	564	138	2493	3103	4	3951	13	4	0	10	3	201	0	5	4	40	0	8	26	33	41	1,24	5596
	457	5	11jul138	504	797	201428	1036	262054	980	0	370	262	99	2522	2756	10	2904	18	0	4	10	2	203	0	0	0	50	0	8	31	34	35	1,09	5278
	458	5	11jul139	441	877	201565	1300	261307	1184	38	373	227	95	2489	2891	0	3093	17	0	3	14	4	227	3	0	0	52	0	0	29	34	37	1,16	5380
	461	5	11jul142	870	1188	194039	1906	256998	704	43	310	188	1390	1532	874	0	20849	15	0	5	20	79	368	6	2	0	28	0	6	7	4	90	0,57	2406
	1361	11	02nov119	1423	0	208340	4106	245442	327	664	876	751	223	3174	1037	9	14872	10	4	94	13	29	1094	0	8	13	14	0	20	17	5	78	0,33	4211
	1362	11	02nov120	1479	0	211126	0	251038	359	246	685	404	72	2298	884	17	10692	1	6	98	20	17	598	0	0	19	28	0	42	17	6	77	0,38	3182
	1363	11	02nov121	2053	758	149363	37564	206093	2423	1389	1589	1846	2567	3354	936	44	96397	13	0	79	28	30	337	47	142	0	66	0	0	3	1	96	0,28	4290
	1364	11	02nov122	1424	0	202960	0	247157	375	0	480	283	113	2660	1520	0	26081	23	3	291	18	4	1578	0	1	4	9	0	10	9	5	86	0,57	4180
	1365	11	02nov123	944	496	179609	35612	231118	242	349	1469	1329	280	2858	414	0	28371	15	39	413	42	6	814	0	12	128	0	0	152	9	1	90	0,14	3272
	1366	11	02nov124	1378	0	178371	0	235543	169	155	806	242	542	2130	1232	0	76419	16	1	108	9	64	2654	14	14	36	6	0	17	3	2	96	0,58	3362
	1367	11	02nov125	725	0	210747	0	252133	463	0	270	311	132	2332	747	7	10876	6	3	99	16	12	477	0	4	29	20	0	32	17	5	78	0,32	3079
	1368	11	02nov126	1728	0	162186	0	233805	257	0	310	204	847	1976	2788	0	96727	0	0	118	12	136	4783	9	28	0	36	0	0	2	3	95	1,41	4764
	1369	11	02nov127	680	0	208699	0	250592	92	0	174	41	135	2698	957	11	15332	30	4	192	14	43	1238	0	0	10	6	0	0	14	5	81	0,35	3655
	1370	11	02nov128	674	0	209128	0	250711	212	0	263	113	106	2478	1162	2	14413	0	3	223	12	51	1473	0	4	9	0	0	0	14	6	80	0,47	3640
	1371	11	02nov129	183	0	206544	0	250306	332	0	175	163	142	2509	987	2	18821	18	5	184	6	44	1211	0	3	0	4	0	26	11	4	84	0,39	3496
	1372	11	02nov130	1759	0	209770	0	249725	213	256	766	263	50	4430	310	0	12846	0	0	150	21	9	287	6	3	28	0	0	92	25	2	73	0,07	4740
	1373	11	02nov131	576	0	202658	1337	249754	0	0	172	736	242	1168	125	9	24639	6	5	1540	21	4	77	0	36	72	0	0	89	5	0	95	0,11	1293
	1375	11	02nov133	1181	192	210238	7549	243507	1280	162	1077	667	611	2838	2778	28	7192	9	1	48	11	46	895	1	6	13	198	0	0	22	22	56	0,98	5616
	1376	11	02nov134	4302	229	198167	36484	227834	581	1544	2542	672	480	2014	1428	0	4519	6	3	54	12	24	96	0	17	5	36	0	0	25	18	57	0,71	3442
	1377	11	02nov135	1298	0	207446	841	253079	585	778	775	418	755	1905	1652	2	8125	5	5	59	10	91	1325	0	8	0	69	0	0	16	14	70	0,87	3557
	1379	11	02nov137	3542	0	208534	6116	244833	173	1836	1123	3666	125	1946	201	1	10050	10	2	64	10	12	234	0	28	11	0	0	0	16	2	82	0,1	2147
	1380	11	02nov138	780	0	205667	11703	239222	114	199	574	520	167	1278	1671	7	20296	21	7	84	11	94	921	5	26	2	22	0	0	5	7	87	1,31	2949
	1381	11	02nov139	851	0	189678	2967	226934	806	142	525	552	592	2153	2271	0	71507	0	2	79	7	42	1040	18	0	0	102	0	0	3	3	94	1,05	4424
	1384	11	02nov142	1363	0	210836	0	253667	286	553	601	213	698	3067	2230	9	4505	0	5	61	9	143	149	0	4	2	0	0	0	31	23	46	0,73	5297
	1385	11	02nov143	0	0	213793	0	254970	90	0	0	268	51	2236	142	0	4888	17	0	132	5	7	199	0	4	0	0	0	9	31	2	67	0,06	2378
	1386	11	02nov144	808	0	212688	0	252878	660	0	0	30	1398	2345	1646	15	4946	13	0	43	5	53	779	4	10	44	36	0	0	26	18	55	0,7	3991
	1389	11	04nov003	776	0	221506	0	249636	0	39	64	112	335	1409	327	10	3431	1	6	1886	46	26	98	5	21	2	0	0	0	27	6	66	0,23	1736
	1390	11	04nov004	380	0	214672	0	246741	0	0	0	47	329	1771	1952	17	15107	26	2	2006	41	105	719	10	2	0	18	0	12	9	10	80	1,1	3723
	1397	11	04nov011	1710	0	206867	0	241932	487	189	953	254	324	2639	2661	4	27990	16	0	2239	98	204	232	6	6	65	56	0	126	8	8	84	1,01	5300
	1398	11	04nov012	996	0	205720	2764	233460	0	245	3012	407	744	2448	1356	0	39405	55	0	2122	65	74	216	12	190	60	114	0	39	6	3	91	0,55	3804
	1399	11	04nov013	1119	0	205724	6972	229844	235	46	4060	402	899	2462	1267	0	37770	6	1	2034	73	67	254	42	183	38	126	0	63	6	3	91	0,51	3729
	1400	11	04nov014	1762	0	187628	0	234336	701	663	890	368	2168	3464	2650	0	61016	41	34	2191	72	362	530	2	18	0	164	0	0	5	4	91	0,77	6114
	1401	11	04nov015	2104	0	170237	0	229230	311	737	778	252	2425	2914	2439	0	92761	5	10	2054	66	301	820	0	0	12	256	0	27	3	2	95	0,84	5353
	1402	11	04nov016	2008	0	215863	0	249920	184	238	900	168	560	3513	1343	0	4271	16	0	2158	67	31	185	2	9	16	61	0	45	38	15	47	0,38	4856

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Encinasola (n=77)	1403	11	04nov017	821	0	199021	0	240463	108	25	924	178	665	3576	1381	8	41686	32	0	2191	63	23	539	10	19	19	220	0	72	8	3	89	0,39	4957
	1404	11	04nov018	812	0	184400	0	235839	259	335	732	296	1218	3712	2350	0	65665	46	0	2078	56	143	1499	10	14	0	69	0	0	5	3	92	0,63	6062
	1405	11	04nov019	231	0	217495	0	249213	146	0	293	200	233	2451	2368	18	4572	26	2	3197	85	134	157	0	16	113	45	0	137	26	25	49	0,97	4819
	1406	11	04nov020	684	0	201489	0	241851	0	0	380	253	155	3371	373	0	38786	46	0	2660	65	7	666	27	5	94	5	0	101	8	1	91	0,11	3744
	1686	15	14jan007	398	37	214656	1290	249179	194	36	218	952	256	2946	2002	7	5929	0	3	14	11	65	133	6	322	15	12	0	5	27	18	55	0,68	4948
	1689	15	14jan010	529	404	214615	843	249122	520	518	270	588	1278	1922	2358	2	5128	0	5	6	11	49	949	2	0	6	138	4	6	20	25	55	1,23	4280
	1690	15	14jan011	426	99	216250	1498	248672	338	90	277	348	382	3905	2576	12	3716	0	4	6	8	35	97	0	17	8	48	0	2	38	25	36	0,66	6481
	1691	15	14jan012	81	382	197369	3601	239630	1461	283	612	323	681	3803	2188	0	36650	0	8	23	4	53	1064	24	32	4	148	7	0	9	5	86	0,58	5991
	1692	15	14jan013	358	218	198884	1012	242259	536	80	340	309	1378	5287	3860	26	32962	0	20	15	5	150	336	26	0	0	53	7	0	13	9	78	0,73	9147
	1693	15	14jan014	578	617	210548	9384	242468	924	1000	331	980	783	2870	3485	0	5626	0	92	39	33	243	174	0	1	3	23	0	2	24	29	47	1,21	6355
	1694	15	14jan015	238	283	203183	1234	242879	2547	141	1148	429	1029	2152	3190	11	26006	0	6	23	9	58	437	21	35	0	103	10	0	7	10	83	1,48	5342
	1695	15	14jan016	140	0	215664	598	251232	429	108	105	130	488	3076	2192	6	3657	1	1	8	9	239	90	4	1	1	0	4	7	34	25	41	0,71	5268
	1696	15	14jan017	484	1154	103031	3661	210902	2534	58	840	284	3000	2335	900	10	201149	11	23	108	10	127	4156	201	0	0	125	0	0	1	0	98	0,39	3235
	1697	15	14jan018	1224	50	215167	2451	248347	720	336	612	690	34	3641	2587	4	2751	0	0	18	7	3	45	2	4	4	8	3	21	41	29	31	0,71	6228
	1698	15	14jan019	394	532	206215	8311	243052	273	111	244	164	918	581	1030	16	17967	0	4	46	4	264	2055	11	3	1	29	0	0	3	5	92	1,77	1611
	1699	15	14jan020	475	421	193705	9683	237770	708	503	680	630	544	2563	2245	23	37948	0	7	19	26	90	328	27	0	0	45	4	0	6	5	89	0,88	4808
	1700	15	14jan021	144	221	216833	1799	249119	436	128	314	400	449	2451	1470	2	4361	0	4	8	4	31	150	1	19	6	46	4	2	30	18	53	0,6	3921
	1701	15	14jan022	2166	307	215146	1272	247411	492	2746	626	1552	679	936	1023	3	6645	0	5	30	2	270	166	2	4	2	16	0	10	11	12	77	1,09	1959
	1702	15	14jan023	439	431	208149	1953	244545	649	244	805	1479	690	827	725	21	22428	0	1	25	7	208	131	7	1	2	49	7	3	3	3	94	0,88	1552
	1703	15	14jan024	0	0	214889	962	251294	224	89	122	249	294	3693	2221	3	3820	0	0	8	7	25	80	1	3	4	8	0	6	38	23	39	0,6	5914
	1704	15	14jan025	630	185	213114	1543	233023	12203	278	5388	782	359	4004	887	1	8249	0	2	3	4	23	176	12	80	6	112	5	11	30	7	63	0,22	4891
	1705	15	14jan026	339	45	212830	4373	247543	194	132	316	226	140	2818	2645	11	7548	0	3	11	6	15	218	2	6	2	40	2	5	22	20	58	0,94	5463
	1706	15	14jan027	198	46	217097	802	249224	313	0	184	686	117	2582	2588	5	4453	0	3	8	6	15	183	3	39	6	43	6	10	27	27	46	1	5170
	1708	15	14jan029	595	206	213616	3773	244236	509	190	408	458	343	2605	2583	24	11263	0	112	58	12	11	186	5	26	7	91	2	3	16	16	68	0,99	5188
	1710	15	14jan031	299	19	213566	3278	246647	392	164	231	140	111	3930	1031	5	9774	0	38	65	14	63	567	2	2	0	40	5	4	27	7	66	0,26	4961
	1711	15	14jan032	0	183	213741	2058	247837	566	47	273	172	113	3773	957	1	9205	0	11	49	12	56	558	0	3	2	36	6	8	27	7	66	0,25	4730
	1712	15	14jan033	627	270	212922	7613	241908	227	503	246	486	306	3581	1316	0	10406	0	154	97	17	150	588	3	2	0	13	4	0	23	9	68	0,37	4897
	1713	15	14jan034	704	409	212587	8805	240790	508	889	289	569	245	3640	1257	0	9753	0	189	114	16	133	543	1	4	0	25	4	1	25	9	67	0,35	4897
	1714	15	14jan035	0	232	201567	18668	238992	695	118	292	320	560	3322	1487	11	13429	0	2	14	6	69	437	4	36	5	15	5	0	18	8	74	0,45	4809
	1715	15	14jan036	445	800	200319	19690	234175	1224	107	1179	860	706	2088	1419	0	18577	0	10	16	65	23	803	3	10	10	77	3	16	9	6	84	0,68	3507
	1716	15	14jan037	428	456	208290	18200	242206	475	104	339	301	270	2213	1133	4	2274	0	2	6	13	66	75	0	6	2	9	0	3	39	20	40	0,51	3346
	1779	15	14jan100	1166	107	214350	1229	247390	717	125	535	324	929	1130	755	9	11210	0	3	17	20	69	310	3	1	2	55	0	8	9	6	86	0,67	1885
	1780	15	14jan101	168	77	217405	1147	250018	996	25	225	209	83	1844	2326	10	2765	4	1	8	11	2	213	0	2	1	38	0	5	27	34	40	1,26	4170
			Min	**0**	**0**	**103031**	**0**	**206093**	**0**	**0**	**0**	**0**	**34**	**581**	**125**	**0**	**2274**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**45**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**31**	**0,06**	**1293**
			Max	**4302**	**1811**	**221506**	**37564**	**266367**	**12203**	**2746**	**5388**	**3666**	**3000**	**5287**	**3860**	**44**	**201149**	**55**	**189**	**3197**	**98**	**362**	**4783**	**201**	**322**	**128**	**256**	**14**	**152**	**41**	**38**	**98**	**1,77**	**9147**
			Moyenne	**867**	**329**	**203260**	**4900**	**245676**	**637**	**273**	**671**	**439**	**573**	**2507**	**1691**	**6**	**21386**	**9**	**11**	**416**	**21**	**71**	**610**	**8**	**20**	**13**	**50**	**2**	**17**	**18**	**13**	**70**	**0,74**	**4198**
			Ecart-Type	**783**	**477**	**17109**	**7895**	**10696**	**1438**	**457**	**842**	**515**	**600**	**921**	**894**	**8**	**30558**	**12**	**32**	**819**	**23**	**79**	**802**	**24**	**49**	**25**	**52**	**3**	**33**	**11**	**11**	**20**	**0,41**	**1429**
			d %	**90**	**145**	**8**	**161**	**4**	**226**	**167**	**125**	**117**	**105**	**37**	**53**	**132**	**143**	**130**	**279**	**197**	**111**	**111**	**131**	**299**	**245**	**200**	**104**	**179**	**193**	**62**	**88**	**29**	**55,37**	**34**

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Pannecé (n=26)	138	2	27nov073	6541	901	198833	1320	257842	0	3030	1346	4756	115	2729	1187	9	1306	1	3	17	14	149	9	0	74	1	0	3	0	52	23	25	0,43	3916
	139	2	27nov074	9503	3485	193713	10467	251862	0	4570	1634	880	127	2690	1163	6	1263	10	2	17	13	133	5	1	1	1	0	0	8	53	23	25	0,43	3853
	140	2	27nov075	4029	2523	194316	10728	256675	0	1572	704	743	103	2935	1278	0	1264	5	0	16	10	151	7	2	4	0	0	0	0	54	23	23	0,44	4213
	141	2	27nov076	2410	2132	198320	10194	253289	1065	974	835	2337	160	3123	1331	7	1293	5	3	36	17	165	10	3	47	0	10	0	3	54	23	22	0,43	4454
	142	2	27nov077	1697	0	203590	0	261926	0	908	1329	709	116	3258	1362	10	1388	6	2	11	15	172	8	0	6	0	0	0	4	54	23	23	0,42	4620
	143	2	27nov078	1524	375	204389	0	261502	0	528	919	720	158	2931	1219	0	1292	4	4	13	14	166	9	2	0	2	0	0	0	54	22	24	0,42	4150
	145	2	27nov080	65	0	206271	0	261158	0	27	344	1841	93	2730	1323	5	1446	0	0	12	9	157	7	1	33	0	0	0	12	50	24	26	0,48	4053
	146	2	27nov081	2120	23	204713	0	260955	0	956	793	1072	92	2792	1338	1	1589	7	4	25	12	153	16	4	6	0	0	0	2	49	23	28	0,48	4130
	147	2	27nov082	1542	0	204216	0	261806	0	702	1262	549	78	2929	1365	4	1529	0	4	22	13	174	9	0	5	0	0	3	6	50	23	26	0,47	4294
	148	2	27nov083	600	0	205112	0	259146	1012	897	500	3764	127	2820	1325	19	1270	11	0	38	14	160	7	3	67	0	0	2	4	52	24	23	0,47	4145
	149	2	27nov084	1439	204	204110	0	262090	0	1066	1130	334	82	2978	1340	0	1442	11	0	14	9	150	8	1	3	0	1	2	3	52	23	25	0,45	4318
	150	2	27nov085	840	19	205732	0	261889	0	608	612	565	95	2594	1254	5	1185	5	2	19	8	139	10	0	12	0	0	2	8	52	25	24	0,48	3848
	444	5	11jul125	6159	1497	193156	2884	260294	1022	3369	2524	1561	212	4242	1715	19	1852	15	3	31	25	186	7	0	3	0	0	0	4	54	22	24	0,4	5957
	445	5	11jul126	5369	1410	191379	4649	259675	1531	3394	2468	2043	238	4245	1716	11	1901	15	10	44	34	188	10	1	14	0	0	0	8	54	22	24	0,4	5961
	446	5	11jul127	4928	2048	191566	4822	259190	1481	3664	2509	2041	244	4102	1635	16	1866	11	11	34	32	175	7	0	15	0	3	0	7	54	22	25	0,4	5737
	450	5	11jul131	3706	960	198094	1296	261703	1010	1229	1238	1104	131	3749	1580	10	1682	18	3	18	14	157	5	0	6	0	0	0	6	53	23	24	0,42	5329
	451	5	11jul132	2588	901	199248	1250	260882	1287	1122	1164	1686	119	4125	1791	8	1662	8	4	23	10	171	10	0	2	0	3	6	5	54	24	22	0,43	5916
	452	5	11jul133	2601	851	194529	1858	259156	4856	2743	1316	1959	308	4333	1783	16	1742	7	5	27	19	182	5	0	30	0	0	4	3	55	23	22	0,41	6116
	453	5	11jul134	1133	935	201174	945	262460	0	326	629	1819	334	3668	1610	0	1764	14	3	13	10	167	10	0	18	0	0	0	10	52	23	25	0,44	5278
	454	5	11jul135	2159	861	199694	1426	261729	800	740	944	1552	30	3470	1526	0	1751	5	3	13	12	151	13	0	16	5	0	0	0	51	23	26	0,44	4996
	455	5	11jul136	1807	935	200833	893	262549	0	416	818	1301	84	3337	1521	0	1645	12	1	14	12	147	3	0	6	0	0	0	0	51	23	25	0,46	4858
	1359	14	02nov117	2965	0	211509	0	252366	531	2315	838	1506	89	3342	1666	13	2090	12	0	99	66	223	9	0	43	7	6		0	47	23	29	0,5	5008
	1723	15	14jan044	2253	475	212608	3416	248212	1556	680	1606	1880	100	3029	1371	0	1650	1	10	33	28	178	10	1	3	0	0	0	1	50	23	27	0,45	4400
	1724	15	14jan045	2960	367	212954	2445	245949	1659	1743	2482	4295	116	2746	1408	6	1782	0	8	112	117	172	9	2	64	1	0	1	2	46	24	30	0,51	4154
	1725	15	14jan046	189	249	218259	1452	250101	326	92	69	660	64	2945	1363	0	1693	0	1	2	8	175	8	2	8	0	3	0	6	49	23	28	0,46	4308
	1726	15	14jan047	906	337	218757	841	249620	388	316	417	286	80	2626	1506	0	1886	0	3	9	29	92	10	1	2	0	0	0	6	44	25	31	0,57	4132
			Min	65	0	191379	0	245949	0	27	69	286	30	2594	**1163**	**0**	**1185**	**0**	**0**	**2**	**8**	**92**	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**44**	**22**	**22**	**0,4**	**3848**
			Max	9503	3485	218757	10728	262549	4856	4570	2524	4756	334	4333	**1791**	**19**	**2090**	**18**	**11**	**112**	**117**	**223**	**16**	**4**	**74**	**7**	**10**	**6**	**12**	**55**	**25**	**31**	**0,57**	**6116**
			Moyenne	2771	826	202580	2342	257847	712	1461	1170	1614	134	3249	**1449**	**6**	**1586**	**7**	**3**	**27**	**22**	**163**	**9**	**1**	**19**	**1**	**1**	**1**	**4**	**52**	**23**	**25**	**0,45**	**4698**
			Ecart-Type	2207	899	7651	3297	5090	1042	1252	689	1149	74	565	**188**	**6**	**249**	**5**	**3**	**25**	**23**	**23**	**3**	**1**	**22**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**1**	**2**	**0,04**	**736**
			d %	80	109	4	141	2	146	86	59	71	55	17	**13**	**100**	**16**	**78**	**92**	**92**	**106**	**14**	**31**	**126**	**119**	**256**	**235**	**174**	**82**	**5**	**3**	**10**	**8,66**	**16**

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Pannecé (n=26)	138	2	27nov073	6541	901	198833	1320	257842	0	3030	1346	4756	115	2729	1187	9	1306	1	3	17	14	149	9	0	74	1	0	3	0	52	23	25	0,43	3916
	139	2	27nov074	9503	3485	193713	10467	251862	0	4570	1634	880	127	2690	1163	6	1263	10	2	17	13	133	5	1	1	1	0	0	8	53	23	25	0,43	3853
	140	2	27nov075	4029	2523	194316	10728	256675	0	1572	704	743	103	2935	1278	0	1264	5	0	16	10	151	7	2	4	0	0	0	0	54	23	23	0,44	4213
	141	2	27nov076	2410	2132	198320	10194	253289	1065	974	835	2337	160	3123	1331	7	1293	5	3	36	17	165	10	3	47	0	10	0	3	54	23	22	0,43	4454
	142	2	27nov077	1697	0	203590	0	261926	0	908	1329	709	116	3258	1362	10	1388	6	2	11	15	172	8	0	6	0	0	0	4	54	23	23	0,42	4620
	143	2	27nov078	1524	375	204389	0	261502	0	528	919	720	158	2931	1219	0	1292	4	4	13	14	166	9	2	0	2	0	0	0	54	22	24	0,42	4150
	145	2	27nov080	65	0	206271	0	261158	0	27	344	1841	93	2730	1323	5	1446	0	0	12	9	157	7	1	33	0	0	0	12	50	24	26	0,48	4053
	146	2	27nov081	2120	23	204713	0	260955	0	956	793	1072	92	2792	1338	1	1589	7	4	25	12	153	16	4	6	0	0	0	2	49	23	28	0,48	4130
	147	2	27nov082	1542	0	204216	0	261806	0	702	1262	549	78	2929	1365	4	1529	0	4	22	13	174	9	0	5	0	0	3	6	50	23	26	0,47	4294
	148	2	27nov083	600	0	205112	0	259146	1012	897	500	3764	127	2820	1325	19	1270	11	0	38	14	160	7	3	67	0	0	2	4	52	24	23	0,47	4145
	149	2	27nov084	1439	204	204110	0	262090	0	1066	1130	334	82	2978	1340	0	1442	11	0	14	9	150	8	1	3	0	1	2	3	52	23	25	0,45	4318
	150	2	27nov085	840	19	205732	0	261889	0	608	612	565	95	2594	1254	5	1185	5	2	19	8	139	10	0	12	0	0	2	8	52	25	24	0,48	3848
	444	5	11jul125	6159	1497	193156	2884	260294	1022	3369	2524	1561	212	4242	1715	19	1852	15	3	31	25	186	7	0	3	0	0	0	4	54	22	24	0,4	5957
	445	5	11jul126	5369	1410	191379	4649	259675	1531	3394	2468	2043	238	4245	1716	11	1901	15	10	44	34	188	10	1	14	0	0	0	8	54	22	24	0,4	5961
	446	5	11jul127	4928	2048	191566	4822	259190	1481	3664	2509	2041	244	4102	1635	16	1866	11	11	34	32	175	7	0	15	0	3	0	7	54	22	25	0,4	5737
	450	5	11jul131	3706	960	198094	1296	261703	1010	1229	1238	1104	131	3749	1580	10	1682	18	3	18	14	157	5	0	6	0	0	0	6	53	23	24	0,42	5329
	451	5	11jul132	2588	901	199248	1250	260882	1287	1122	1164	1686	119	4125	1791	8	1662	8	4	23	10	171	10	0	2	0	3	6	5	54	24	22	0,43	5916
	452	5	11jul133	2601	851	194529	1858	259156	4856	2743	1316	1959	308	4333	1783	16	1742	7	5	27	19	182	5	0	30	0	0	4	3	55	23	22	0,41	6116
	453	5	11jul134	1133	935	201174	945	262460	0	326	629	1819	334	3668	1610	0	1764	14	3	13	10	167	10	0	18	0	0	0	10	52	23	25	0,44	5278
	454	5	11jul135	2159	861	199694	1426	261729	800	740	944	1552	30	3470	1526	0	1751	5	3	13	12	151	13	0	16	5	0	0	0	51	23	26	0,44	4996
	455	5	11jul136	1807	935	200833	893	262549	0	416	818	1301	84	3337	1521	0	1645	12	1	14	12	147	3	0	6	0	0	0	0	51	23	25	0,46	4858
	1359	14	02nov117	2965	0	211509	0	252366	531	2315	838	1506	89	3342	1666	13	2090	12	0	99	66	223	9	0	43	7	6		0	47	23	29	0,5	5008
	1723	15	14jan044	2253	475	212608	3416	248212	1556	680	1606	1880	100	3029	1371	0	1650	1	10	33	28	178	10	1	3	0	0	0	1	50	23	27	0,45	4400
	1724	15	14jan045	2960	367	212954	2445	245949	1659	1743	2482	4295	116	2746	1408	6	1782	0	8	112	117	172	9	2	64	1	0	1	2	46	24	30	0,51	4154
	1725	15	14jan046	189	249	218259	1452	250101	326	92	69	660	64	2945	1363	0	1693	0	1	2	8	175	8	2	8	0	3	0	6	49	23	28	0,46	4308
	1726	15	14jan047	906	337	218757	841	249620	388	316	417	286	80	2626	1506	0	1886	0	3	9	29	92	10	1	2	0	0	0	6	44	25	31	0,57	4132
			Min	**65**	**0**	**191379**	**0**	**245949**	**0**	**27**	**69**	**286**	**30**	**2594**	**1163**	**0**	**1185**	**0**	**0**	**2**	**8**	**92**	**3**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**44**	**22**	**22**	**0,4**	**3848**
			Max	**9503**	**3485**	**218757**	**10728**	**262549**	**4856**	**4570**	**2524**	**4756**	**334**	**4333**	**1791**	**19**	**2090**	**18**	**11**	**112**	**117**	**223**	**16**	**4**	**74**	**7**	**10**	**6**	**12**	**55**	**25**	**31**	**0,57**	**6116**
			Moyenne	**2771**	**826**	**202580**	**2342**	**257847**	**712**	**1461**	**1170**	**1614**	**134**	**3249**	**1449**	**6**	**1586**	**7**	**3**	**27**	**22**	**163**	**9**	**1**	**19**	**1**	**1**	**1**	**4**	**52**	**23**	**25**	**0,45**	**4698**
			Ecart-Type	**2207**	**899**	**7651**	**3297**	**5090**	**1042**	**1252**	**689**	**1149**	**74**	**565**	**188**	**6**	**249**	**5**	**3**	**25**	**23**	**23**	**3**	**1**	**22**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**1**	**2**	**0,04**	**736**
			d %	**80**	**109**	**4**	**141**	**2**	**146**	**86**	**59**	**71**	**55**	**17**	**13**	**100**	**16**	**78**	**92**	**92**	**106**	**14**	**31**	**126**	**119**	**256**	**235**	**174**	**82**	**5**	**3**	**10**	**8,66**	**16**

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Palazuelo (n=81)	122	2	27nov057	1318	1746	196735	10025	252096	1886	0	627	890	1385	1798	4439	10	4161	8	4	20	12	110	61	0	8	0	47	0	4	17	43	40	2,47	6237
	123	2	27nov058	1155	1144	196807	10109	252834	2114	163	536	1357	1180	1665	4103	18	3753	16	0	18	15	103	57	2	24	7	46	3	2	17	43	39	2,46	5768
	124	2	27nov059	1470	2040	193338	17638	249241	1377	0	411	910	861	1761	3869	2	4046	21	0	19	23	61	46	0	6	5	9	0	5	18	40	42	2,2	5630
	125	2	27nov060	1214	1610	194615	13731	252408	1367	104	642	693	973	1578	4375	34	3038	18	3	18	16	65	57	2	0	2	5	2	0	18	49	34	2,77	5953
	126	2	27nov061	600	1261	194633	16793	249318	2013	110	369	952	1511	1425	3332	7	3438	5	0	12	7	62	41	1	21	4	22	0	8	17	41	42	2,34	4757
	127	2	27nov062	1344	1427	194207	14041	250071	2463	112	643	1899	1589	1760	3552	9	3901	22	4	19	33	87	49	1	18	4	25	0	13	19	39	42	2,02	5312
	128	2	27nov063	2070	1251	195682	8512	253541	1603	0	802	633	2727	1711	3368	0	6022	13	2	55	22	265	76	1	7	0	54	0	0	15	30	54	1,97	5079
	129	2	27nov064	1381	1829	195839	12911	250385	1287	0	509	891	872	1950	3486	0	6560	7	2	19	29	96	57	0	8	0	17	0	0	16	29	55	1,79	5436
	131	2	27nov066	1506	1309	197642	10398	252210	2303	0	597	594	1620	1745	3876	12	2960	8	4	11	15	74	49	1	1	5	44	0	9	20	45	34	2,22	5621
	132	2	27nov067	674	1132	195796	12130	252239	2200	0	446	868	1613	1512	3585	8	3403	8	1	10	11	81	41	2	3	1	43	0	14	18	42	40	2,37	5097
	133	2	27nov068	1662	1289	195143	12184	252105	2171	98	657	519	1884	1701	4026	0	3202	4	0	9	9	81	49	1	7	0	65	2	3	19	45	36	2,37	5727
	134	2	27nov069	1700	1353	170391	53534	231890	1743	103	992	896	159	889	1580	4	11697	18	0	53	72	20	43	0	184	38	46	0	23	6	11	83	1,78	2469
	135	2	27nov070	886	1075	198241	9462	254684	0	100	401	267	209	1361	2905	0	7819	16	0	24	16	12	30	2	4	17	13	3	10	11	24	65	2,13	4266
	136	2	27nov071	2175	577	193359	3608	255645	1689	68	1470	1015	198	1318	1879	0	17318	19	1	57	32	13	43	3	56	82	27	4	27	6	9	84	1,43	3197
	137	2	27nov072	565	0	47822	5049	216118	1512	0	148	535	1863	335	2581	0	273959	174	4	58	6	73	282	0	77	17	129	0	58	0	1	99	7,7	2916
	182	2	27nov117	5285	210	43527	4866	209252	1735	447	1657	1008	1613	185	2239	0	284709	155	0	153	52	92	319	0	0	28	0	31	262	0	1	99	12,1	2424
	183	2	27nov118	3355	307	41592	5256	207531	1513	835	1425	691	2054	318	2270	0	291354	71	21	105	36	75	359	0	23	10	45	35	74	0	1	99	7,14	2588
	184	2	27nov119	621	2102	47864	8918	205516	3094	113	1120	961	1772	183	2365	0	278744	178	32	65	47	96	394	0	58	0	56	0	56	0	1	99	12,92	2548
	185	2	27nov120	4212	795	37377	4966	207610	0	0	2019	688	1673	35	1970	0	298779	227	70	138	35	100	325	0	0	0	51	19	160	0	1	99	56,29	2005
	463	5	11jul144	780	969	196931	4292	258780	1492	30	611	433	1822	1970	4831	4	4101	20	2	15	4	108	55	0	7	0	47	0	8	18	44	38	2,45	6801
	464	5	11jul145	560	669	197733	1237	256719	0	142	786	460	286	1569	2524	0	18132	34	2	20	11	14	30	0	11	5	26	4	7	7	11	82	1,61	4093
	465	5	11jul146	254	748	203097	2274	227999	10562	188	3699	19787	1220	1908	6295	0	11273	68	0	47	26	91	91	6	2590	133	53	0	0	10	32	58	3,3	8203
	466	5	11jul147	2538	994	199830	1596	258249	1664	0	738	302	2182	1956	4582	0	2967	17	2	8	4	80	41	0	0	0	51	0	4	21	48	31	2,34	6538
	1728	15	14jan049	323	574	203156	26933	232450	822	310	878	521	504	775	6539	41	5319	0	3	34	29	133	106	4	7	2	19	0	0	6	52	42	8,44	7314
	1729	15	14jan050	683	707	202904	27722	233536	991	423	848	403	925	848	3733	0	4708	0	4	20	10	232	91	0	17	5	55	2	2	9	40	51	4,4	4581
	1730	15	14jan051	1328	0	211598	619	248011	395	69	728	277	1934	2686	3879	28	9199	0	1	38	12	420	26	0	0	2	50	6	23	17	25	58	1,44	6565
	1733	15	14jan054	36	202	210385	5275	242726	133	67	218	282	353	380	3218	26	18954	2	5	55	4	131	344	3	2	4	18	0	0	2	14	84	8,47	3598
	1734	15	14jan055	620	120	214515	3817	247837	118	196	234	218	625	549	3732	10	6150	0	4	16	3	75	182	1	2	1	19	0	3	5	36	59	6,8	4281
	1735	15	14jan056	225	146	203433	1178	243491	413	88	294	156	1985	1088	4545	35	28323	0	2	33	1	202	205	10	0	0	33	1	0	3	13	83	4,18	5633
	1736	15	14jan057	0	60	213898	743	249210	179	85	111	117	1528	794	6110	6	6122	0	3	28	4	184	310	1	1	2	54	0	0	6	47	47	7,7	6904
	1737	15	14jan058	666	0	211012	8865	242151	1240	185	394	419	662	769	3168	3	10156	0	1	79	2	178	165	5	72	2	25	0	0	5	22	72	4,12	3937
	1738	15	14jan059	69	237	211360	386	246988	334	134	479	506	2619	1488	5984	3	10355	0	4	28	10	283	184	1	0	3	240	5	0	8	34	58	4,02	7472
	1739	15	14jan060	717	55	209820	8476	245034	485	0	433	206	772	1263	2421	18	9340	0	12	54	6	38	148	2	3	4	132	2	5	10	19	72	1,92	3684
	1771	15	14jan092	1962	141	204084	19182	238999	1447	138	847	662	1470	1719	3790	23	4298	2	1	26	10	196	58	1	9	3	46	1	7	18	39	44	2,2	5509
	1772	15	14jan093	984	217	209616	8026	243638	1562	172	440	736	1098	2773	3274	15	7171	0	2	18	18	61	46	0	22	6	70	2	6	21	25	54	1,18	6047
	1773	15	14jan094	589	168	163126	91169	199203	1322	58	494	1235	724	2622	2459	15	16801	0	12	66	13	39	39	10	210	27	50	2	16	12	11	77	0,94	5081
	1774	15	14jan095	716	346	107320	211451	138422	1338	160	1122	819	409	795	2156	19	10372	0	2	48	13	24	39	7	83	4	28	0	9	6	16	78	2,71	2951
	1424	11b	04nov038	3198	0	211335	2930	245590	225	1878	1424	817	560	1386	8980	59	4778	28	7	1722	73	73	80	0	4	3	35		19	9	59	32	6,48	10366
	1425	11b	04nov039	1355	0	210921	0	249762	0	432	308	525	872	930	3278	53	12317	26	4	2315	68	194	142	11	9	0	0		24	6	20	75	3,52	4208

Gisement	num	run	Spectre	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
Palazuelo (n=81)	1416	11b	04nov030	1774	0	216053	0	253919	0	1161	546	161	177	360	1667	32	1130	1	2	2768	76	4	315	4	6	4	0		0	11	53	36	4,63	2027
	1419	11b	04nov033	1316	0	201959	0	244912	704	255	356	658	1901	1576	3259	20	28037	9	4	2550	138	373	94	15	14	2	153		24	5	10	85	2,07	4835
	1420	11b	04nov034	4141	0	204689	1628	239656	763	2642	1570	1442	1344	2415	6264	93	22064	28	1	2280	90	286	79	4	31	10	40		0	8	20	72	2,59	8679
	1421	11b	04nov035	3209	0	214909	0	250585	0	656	522	46	992	724	2672	9	4352	6	2	2368	72	135	205	4	5	0	31		0	9	34	56	3,69	3396
	1422	11b	04nov036	3801	0	195859	0	242501	111	960	1892	574	590	642	4966	30	37756	36	0	2736	85	373	349	14	9	7	4		5	1	11	87	7,74	5608
	1423	11b	04nov037	156	0	212564	0	250028	326	272	343	277	1157	477	6601	46	6362	25	4	2309	60	210	139	5	10	0	41		0	4	49	47	13,84	7078
	1426	11b	04nov040	2169	0	210960	0	247120	369	809	444	254	1537	941	3881	32	13200	34	0	2114	71	135	121	6	17	0	3		0	5	22	73	4,12	4822
	1427	11b	04nov041	1527	0	213282	0	250076	912	329	362	560	1548	1273	3064	13	5952	20	8	1595	46	184	69	4	3	0	20		8	12	30	58	2,41	4337
	1428	11b	04nov042	1892	0	209430	3060	246123	598	718	650	838	310	729	4704	57	11622	34	12	2413	61	254	334	4	20	9	14		4	4	28	68	6,45	5433
	1429	11b	04nov043	910	0	211596	355	248959	0	0	0	224	1729	854	6401	20	9308	24	5	2310	81	171	62	4	20	10	45		0	5	39	56	7,5	7255
	1431	11b	04nov045	1361	0	187877	0	240390	90	15	348	243	1759	1260	3930	0	55430	14	1	2132	49	228	60	0	7	5	112		21	2	6	91	3,12	5190
	1432	11b	04nov046	2681	0	207689	0	247808	362	613	1262	408	660	1423	4174	37	16504	25	6	2549	73	158	206	0	17	12	40		0	6	19	75	2,93	5597
	116	2	27nov051	1354	1322	190068	19819	247007	2307	78	756	749	737	1622	2348	3	9526	16	1	15	15	80	66	1	11	1	11	0	13	12	17	71	1,45	3970
	117	2	27nov052	1199	675	201953	3865	256755	1298	136	506	774	730	1148	2203	0	5304	4	6	14	17	80	68	0	5	6	9	5	11	13	25	61	1,92	3351
	118	2	27nov053	962	1178	198130	11505	251972	1625	139	656	656	683	1246	2194	4	5417	20	1	12	15	73	73	0	11	0	14	0	0	14	25	61	1,76	3440
	119	2	27nov054	3055	615	200532	3838	256743	1445	167	1450	969	666	1222	2075	1	4072	15	2	16	20	79	73	0	2	1	12	0	3	17	28	55	1,7	3297
	120	2	27nov055	1494	1826	117461	172933	165355	1960	180	726	2192	1057	406	1216	3	7762	5	6	35	43	118	102	0	272	4	39	0	5	4	13	83	3	1622
	121	2	27nov056	1083	1752	113902	181785	160448	1753	275	667	2047	1062	363	1207	1	8125	18	7	37	39	122	109	8	258	10	35	0	18	4	12	84	3,33	1570
	462	5	11jul143	2011	1409	195164	10421	254566	1582	716	890	822	1049	1396	2646	19	4656	21	6	16	39	82	68	0	10	4	0	6	10	16	30	54	1,9	4042
	467	5	11jul148	1513	2022	190770	15962	250257	1750	589	1062	2134	1062	1567	2554	0	7017	21	2	17	25	79	80	0	14	0	20	9	2	14	23	63	1,63	4121
	1749	15	14jan070	515	0	190379	8359	236088	734	410	336	116	1122	1143	6034	46	45835	0	0	21	6	148	53	7	0	2	51	0	0	2	11	86	5,28	7177
	1750	15	14jan071	53	469	197289	32866	231399	1079	24	584	388	1466	611	5031	27	7294	0	0	20	7	236	89	2	5	4	29	0	4	5	39	56	8,23	5642
	1751	15	14jan072	674	589	192151	44818	221510	2040	140	856	780	1470	857	4222	53	9393	0	0	25	15	189	104	2	6	4	72	1	8	6	29	65	4,93	5079
	1752	15	14jan073	580	950	197688	42769	225094	1735	490	837	519	337	810	1215	8	4378	0	1	8	7	48	38	2	11	2	10	0	1	13	19	68	1,5	2025
	1753	15	14jan074	126	835	200963	37196	228382	689	91	836	208	581	543	1908	16	5239	3	1	16	9	70	77	3	9	2	13	1	0	7	25	68	3,51	2451
	1754	15	14jan075	724	1283	110330	29776	194485	567	52	1360	166	2060	566	3689	22	185879	0	4	43	8	117	381	70	0	0	107	0	0	0	2	98	6,52	4255
	1755	15	14jan076	0	2891	134954	1312	202402	99	64	81919	1040	1452	378	4049	174	114424	0	34	188	24	114	228	712	0	0	76	0	0	0	3	96	10,71	4427
	1756	15	14jan077	755	135	167751	495	233979	262	0	571	167	2094	562	4865	50	91795	0	0	105	6	313	63	26	0	0	96	1	12	1	5	94	8,66	5427
	1757	15	14jan078	268	140	204218	1048	243605	372	175	385	482	1803	1410	4790	36	27067	0	0	11	8	211	98	6	0	0	122	1	6	4	14	81	3,4	6200
	1758	15	14jan079	246	129	217013	995	250548	120	43	245	108	843	819	3124	4	3576	1	0	8	4	65	66	1	1	2	28	0	3	11	42	48	3,81	3943
	1759	15	14jan080	215	139	214149	1048	248400	293	100	191	125	2228	780	4211	16	7588	0	1	25	2	254	92	0	4	0	22	0	5	6	33	60	5,4	4991
	1760	15	14jan081	415	0	214620	700	249540	214	129	305	38	841	495	4255	6	7817	1	0	15	2	74	90	1	1	2	97	4	4	4	34	62	8,6	4750
	1761	15	14jan082	829	283	192874	566	240580	400	94	332	615	1199	736	4662	36	47623	0	0	39	3	180	702	10	41	0	200	2	0	1	9	90	6,33	5398
	1762	15	14jan083	1363	0	163808	1871	231721	296	11	417	85	2908	1081	5991	52	95174	0	0	35	3	301	431	26	0	0	111	0	0	1	6	93	5,54	7072
	1763	15	14jan084	1715	0	141509	1968	206574	13111	105	6001	1191	1607	484	2941	12	142039	0	0	80	3	117	233	84	17	0	168	0	3	0	2	98	6,08	3425
	1764	15	14jan085	309	555	208760	17814	238936	246	62	494	236	431	628	2334	19	8070	1	0	29	9	252	103	2	16	2	10	1	1	6	21	73	3,72	2962
	1765	15	14jan086	431	182	212846	811	249240	159	228	238	134	1283	913	4707	33	8652	0	0	13	2	252	87	0	0	0	58	3	5	6	33	61	5,16	5620
	1766	15	14jan087	2305	0	183538	432	236128	166	766	398	58	1118	664	5526	44	66625	0	0	12	4	76	209	9	0	0	78	0	6	1	8	91	8,32	6190
	1767	15	14jan088	522	65	215445	986	249287	146	1	60	63	1327	478	1668	7	9092	5	1	12	2	90	77	0	0	1	18	1	4	4	15	81	3,49	2146
	1768	15	14jan089	435	176	198428	370	243034	87	120	190	105	1513	588	5907	39	37235	2	0	28	2	196	388	5	0	0	42	4	2	1	14	85	10,05	6495
	1769	15	14jan090	408	114	215497	446	251126	60	37	118	94	625	680	5541	12	3561	2	1	14	3	165	46	0	0	1	21	0	1	7	57	36	8,15	6221
	1770	15	14jan091	1224	366	208968	12067	241895	1524	338	1076	637	709	1255	2473	17	6814	2	8	23	22	82	78	0	13	4	15	0	12	12	23	65	1,97	3728
			Min	**0**	**0**	**37377**	**0**	**138422**	**0**	**0**	**0**	**38**	**159**	**35**	**1207**	**0**	**1130**	**0**	**0**	**8**	**1**	**4**	**26**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**31**	**0,94**	**1570**
			Max	**5285**	**2891**	**217013**	**211451**	**258780**	**13111**	**2642**	**81919**	**19787**	**2908**	**2773**	**8980**	**174**	**298779**	**227**	**70**	**2768**	**138**	**420**	**702**	**712**	**2590**	**133**	**240**	**35**	**262**	**21**	**59**	**99**	**56,29**	**10366**
			Moy.	**1266**	**604**	**185243**	**16348**	**237810**	**1224**	**262**	**1769**	**846**	**1211**	**1106**	**3734**	**20**	**35907**	**19**	**4**	**427**	**26**	**137**	**138**	**14**	**55**	**7**	**48**	**2**	**13**	**8**	**25**	**66**	**5,08**	**4841**
			Ecart-Type	**1072**	**677**	**43748**	**37102**	**22335**	**1880**	**411**	**9052**	**2183**	**628**	**609**	**1527**	**26**	**71654**	**41**	**9**	**871**	**27**	**91**	**126**	**80**	**290**	**18**	**46**	**6**	**35**	**6**	**15**	**20**	**6,48**	**1732**
			d %	**85**	**112**	**24**	**227**	**9**	**154**	**157**	**512**	**258**	**52**	**55**	**41**	**129**	**200**	**208**	**220**	**204**	**107**	**66**	**91**	**576**	**531**	**270**	**95**	**252**	**268**	**75**	**62**	**30**	**127,37**	**36**

St Austell (GB)

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U
231	3	18sep052	Variscite 15.688 Cornouailles St Austell p1	121	3320	159485	150056	86676	427	157	825	16072	455	258	0	28	66	105543	0	0	1026	214	0	0	105544	976	0	28396	931	67	1780	348	168	0	117	90	0
232	3	18sep053	Variscite 15.688 Cornouailles St Austell p1	274	4056	156690	138923	94822	426	161	703	12224	464	229	0	0	44	115214	0	0	356	57	135	0	115214	638	2	30820	778	90	1859	260	373	9	99	44	118
233	3	18sep054	Variscite 15.688 Cornouailles St Austell p2	1258	3525	150603	212667	66006	788	133	534	23372	887	59	0	45	191	48595	0	0	207	47	0	153	48595	248	0	12475	572	52	698	466	29	15	0	42	27

Montcada (E)

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U
1722	15	14jan043	Turo de Montcada (Petra-2A28)	4305	696	199323	14433	231244	1754	646	775	8725	171	2148	1410	14	21296	0	8	490	76	19	85	8	51	5	52	0	42
1673	13	11mai129	collier perle 1 Turo de Montcada	1366	242	137634	0	222989	7557	347	5062	589	107	1019	743	0	138418	134	66	336	60	144	1090	30	41	10	0	9	18
1674	13	11mai130	collier perle 2 Turo de Montcada	1769	393	175995	0	242514	956	524	1006	861	181	898	1076	0	69055	123	42	1495	61	161	714	0	0	4	76	0	30
1675	13	11mai131	collier perle 3 Turo de Montcada	2256	1857	173868	0	242112	1034	809	386	331	167	1079	597	0	71882	215	47	777	164	74	1869	0	0	0	18	0	139
1676	13	11mai132	collier perle 4 Turo de Montcada	1715	999	164484	0	240598	928	135	809	617	343	794	633	0	88466	126	63	593	98	90	2032	0	11	5	11	0	34
1677	13	11mai133	collier perle 5 Turo de Montcada	1329	841	185834	0	247935	515	335	774	782	156	4249	408	0	46401	132	39	565	73	324	697	0	0	4	0	11	50
1678	13	11mai134	collier perle 6 Turo de Montcada	2197	263	189064	0	243930	273	494	794	2084	134	540	247	0	51293	124	40	684	84	110	251	0	0	19	60	0	14
1435	11b	04nov049	call-163 MONTACADA GEOLOGICA MONT1	1620	340	179235	66100	188896	586	58	1102	10547	1311	3112	1950	10	38731	70	365	2580	76	71	254	18	142	13	55		7
221	3	18sep042	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p1	1196	645	187864	13786	247336	857	0	267	5947	192	2235	1600	0	19980	109	0	610	69	18	112	0	92	9	68	0	94
222	3	18sep043	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p2	427	719	185631	15375	248478	863	78	449	6061	290	2212	1567	37	18560	47	0	542	65	16	96	0	71	13	67	0	98
223	3	18sep044	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p3	631	535	190480	9856	251628	1053	42	297	5486	209	1886	1539	0	16978	14	5	429	44	11	73	0	48	3	35	0	43
224	3	18sep045	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p3	1665	667	180448	10951	251605	1033	601	673	7744	181	2533	1666	0	22919	52	0	452	57	19	101	0	39	4	53	6	59
225	3	18sep046	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p3	2642	651	179527	11027	250641	1166	1520	1722	7473	202	2676	1503	0	23423	48	0	488	50	16	100	0	57	2	59	13	29
226	3	18sep047	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p3	2781	707	182835	10926	249108	1067	908	1454	7191	241	2238	1499	38	23018	49	0	477	63	19	89	0	40	17	51	0	50
227	3	18sep048	Variscite15.762 Turo de Montcada Barcelone e1p3	3278	1184	178180	18724	241983	1342	786	976	10445	290	1985	1494	0	25047	76	0	509	60	18	88	0	65	17	44	3	49

Portugal

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U
1744	15	14jan065	Deilao D	359	1251	132123	9346	209581	147	6	518	146	563	910	1304	39	167725	0	0	438	80	101	1560	110	0	0	31	0	293
1745	15	14jan066	Deiloa D bis	125	1417	130032	9929	209786	240	154	567	195	572	925	1279	36	168783	0	0	426	79	97	1577	115	0	0	27	0	277
1746	15	14jan067	Deiloa D1	585	136	216719	2061	246989	260	165	277	147	22	1689	1314	4	8365	0	1	487	131	12	546	2	3	48	1	7	327
1747	15	14jan068	Deiloa D3	739	234	218399	2634	247659	277	166	418	239	11	1404	1346	8	4082	0	3	229	98	10	738	0	0	63	0	3	244
1748	15	14jan069	Deiloa D4	602	224	217489	1976	246173	510	358	737	132	43	1299	1412	0	7968	0	0	442	86	14	527	3	5	129	0	10	403
1440	11b	04nov054	call-171 ERMITA JOU PORTUGAL TURQUESA ??	0	702	245741	0	180221	0	63	132	94	1654	998	1533	40	7372	24	44	58404	28147	0	832	0	31	31	0		478
1408	11b	04nov022	call-138 ERMITA DE JOU PORTUGAL GEOLOGICA TURQUESA	5228	65	252570	0	190739	0	2250	1358	440	3283	0	1826	72	8393	53	21	29780	14912	0	444	0	179	192	30		315
215	3	18sep036	Variscite Ervedosa N Portugal 15.586 e1p1	742	695	198052	0	264864	0	305	469	289	89	2675	3059	0	4472	25	0	1600	264	54	61	4	0	64	0	0	390
216	3	18sep037	Variscite Ervedosa N Portugal 15.586 e1p2	483	702	193982	0	265213	725	52	430	332	43	3866	3694	3	6680	27	0	114	178	53	44	6	0	85	13	8	584
217	3	18sep038	Variscite Ervedosa N Portugal 15.586 e1p3	491	234	196575	0	264245	448	0	608	333	63	3163	3386	0	6570	14	1	122	158	89	50	2	1	75	0	0	812
695	6	29jan169	Ervedosa Portugal MP Dabard pt1	7560	3479	208534	20282	192724	0	104	278	142	732	972	710	0	39996	125	0	39496	22018	120	190	7	77	42	0	77	180
696	6	29jan170	Ervedosa Portugal MP Dabard pt2	6624	3624	191441	44963	181433	562	205	336	137	687	933	740	0	39620	185	0	45248	22787	79	189	9	75	28	0	42	255
697	6	29jan171	Ervedosa Portugal MP Dabard pt3	4318	2888	131909	154341	147803	469	164	39	0	493	710	456	0	27290	50	0	25167	13486	56	124	0	24	16	0	80	133
1789	15	14jan110	Ervedosa musée de Tervilla (2A27)	0	806	224347	516	171355	535	490	973	820	88	398	288	13	30265	0	2	96499	1646	6	1417	1	168	49	0	0	675
1790	15	14jan111	Ervedosa E2	517	0	205303	1910	252062	331	0	669	387	83	2074	7678	33	8616	0	0	475	214	40	189	3	4	31	0	8	801
1791	15	14jan112	Ervedosa E1	961	286	197764	6168	216016	86	12	615	160	110	1718	1921	39	50652	0	17	28592	4079	2	212	11	0	33	0	0	453
1792	15	14jan113	Ervedosa E3	441	0	202558	7456	249034	1473	157	726	1161	85	1547	5189	31	8185	1	3	1446	33	480	151	4	4	33	0	3	218
1793	15	14jan114	Ervedosa E4	0	373	187283	103365	161185	256	12	892	228	39	3090	1420	9	5927	0	10	25650	2944	17	14	0	27	9	0	0	70
218	3	18sep039	Variscite 15,587 Guadramil N. Portugal p1	850	694	186057	11239	254986	2025	246	516	302	218	7393	1759	0	11586	23	2	61	60	98	759	5	1	7	9	2	0
219	3	18sep040	Variscite 15.587 Guadramil N. Portugal p2	1443	1740	142455	19386	256429	2063	1071	1331	811	1106	6572	5183	0	49599	33	7	153	119	410	1751	0	10	11	0	0	41
220	3	18sep041	Variscite 15.587 Guadramil N. Portugal p3	919	589	135572	14866	260507	1267	899	1192	614	1622	7667	6982	0	61370	75	10	185	63	655	2208	0	36	21	0	0	82

Punta Corveiro (E)

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U
1784	15	14jan105	Punta Corveiro PC-A	839	640	241700	1558	180191	412	187	812	475	56	356	123	11	21547	0	5	64828	3405	4	679	1	131	28	0	16	467
1785	15	14jan106	Punta Corveiro PC-B	0	0	245501	3072	188348	1869	316	1085	1221	276	245	145	41	15540	26	15	51416	1698	0	681	41	0	0	0	0	539
1786	15	14jan107	Punta Corveiro PC-1	0	856	239896	4103	189203	665	264	764	662	46	375	199	4	18860	0	2	54527	1674	10	690	8	212	38	0	1	451
1787	15	14jan108	Punta Corveiro PC-2	5456	1726	229334	1229	183167	652	3994	1135	3978	68	354	615	14	22068	0	12	62061	4428	6	459	6	341	20	0	0	624
1788	15	14jan109	Punta Corveiro PC-4	1369	1907	218877	986	173086	613	1936	1244	1379	80	573	160	9	33886	0	5	87551	6519	20	722	7	421	53	0	0	376

Sardaigne (I)

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Si	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U
688	6	29jan162	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt1	4152	3970	28361	28361	195660	6717	1262	2869	7920	689	751	1182	237	7724	35	0	24274	4989	25	36	9	326	0	19	15	277
689	6	29jan163	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt2	1885	1801	13787	13787	226892	7020	1071	1787	9467	206	490	778	574	2256	8	4	572	158	5	40	0	25	9	0	0	77
690	6	29jan164	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt3	1006	1224	5127	5127	239338	3546	408	984	2690	143	949	1483	266	3445	14	3	748	219	2	86	0	35	22	0	0	150
691	6	29jan165	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt4	2223	1277	7746	7746	239839	3418	1507	2241	3836	148	709	1119	152	3490	14	6	1022	252	5	74	11	18	7	0	4	109
692	6	29jan166	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt5	614	1673	12692	12692	249417	2690	541	1185	3499	81	1173	1450	417	7660	31	2	653	261	9	191	0	27	20	0	12	170
693	6	29jan167	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt6	826	3015	17111	17111	224016	3968	859	1542	4533	200	602	1756	353	6721	22	0	8902	1252	10	100	2	43	10	0	7	122
694	6	29jan168	Rocca Ricelli Sardaigne S.E. pt7	2096	1808	7152	7152	252072	3327	1474	1656	5754	114	1348	2096	108	14902	15	0	240	232	35	163	0	3	35	0	0	144
1358	11a	02nov116	call-096 SARRABUS CERDEÑA GEOLOGICA	1179	0	0	0	245398	590	818	1083	4685	136	2456	3255	19	22669	21	2	381	53	86	610	0	29	3	36		12
1781	15	14jan102	Cagliari 1	561	1622	9228	9228	239748	3322	624	881	5764	122	1597	2360	106	13791	0	2	376	278	38	158	1	16	28	1	0	143
1782	15	14jan103	Cagliari 2	1468	2847	51352	51352	156514	11300	2081	2484	9512	234	948	978	21	9026	23	24	30230	2364	45	62	0	1489	290	0	0	637
1783	15	14jan104	Cagliari 3	1314	272	1484	1484	221420	887	897	1085	1539	38	558	922	25	1890	2	6	1393	186	3	62	2	36	7	0	1	105

ANNEXE IV : ANALYSES CHIMIQUE DES OBJETS NÉOLITHIQUES EN CALLAïS DE LA MOITIÉ NORD DE LA FRANCE

G. Querré, T. Calligaro, S. Cassen

Toutes les analyses chimiques élémentaires ont été obtenues sur AGLAE à l'aide du faisceau extrait par la méthode PIXE. Pour plus de détails sur les conditions d'analyses et l'interprétation des spectres de Rayons X, voir G. Querré , T. Calligaro, S. Domínguez-Bella, S. Cassen (2013) - PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th–3th millennium BC), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. Volume 318, Part A, 1 January 2014, pp. 149–156.

- Les concentrations élémentaires de Na à U sont exprimées en parties par million (ppm).
- V*, Cr*, Fe* : proportions relatives de ces trois éléments exprimées en % avec V+Cr+Fe = 100% soit : V* = [V/(V+Cr+Fe)]*100; Cr* = [Cr/(V+ Cr+Fe)]*100; Fe* = [V+Cr+Fe)]*100.
- num : numéro d'ordre de la base de données géochimiques globales.
- run : dates d'analyse

run	dates
1	juillet 1999
2	novembre 2000
3	septembre 2001
4	juillet 2004
5	juillet 2005
6	janvier 2008
7	octobre 2008
8	janvier 2009
9	juillet 2009
10	octobre 2009
11	février 2010
12	novembre 2010 (CHARISMA)
13	novembre 2010
14	mai 2011
15	janvier 2013
16	janvier 2015

- spectre : numéro de spectre enregistré sur la base et sur les serveurs d'AGLAE.
- nom : localisation pour les références géologiques - numéro d'inventaire ou d'ordre pour les objets de fouille et des musées.

Couronne-Blanche

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1	20jui007	CB1	1279	535	183681	3112	262430	489	404	1532	661	851	5	25443	29	2	90	61	44	396	0	7	5	9	0	0	2	3	94	1,29	1512
1	20jui008	CB2	1168	300	184044	1573	263915	516	144	1363	638	872	0	25436	33	4	61	55	45	368	12	3	0	7	0	0	2	3	94	1,37	1510
1	20jui009	CB3	989	1157	181961	8332	255513	306	122	2084	742	1015	0	30530	35	0	22	19	56	442	1	4	5	8	0	10	2	3	95	1,37	1757
		min	989	300	181961	1573	255513	306	122	1363	638	851	0	25436	29	0	22	19	44	368	0	3	0	7	0	0	2	3	94	1,29	1510
		max	1279	1157	184044	8332	263915	516	404	2084	742	1015	5	30530	35	4	90	61	56	442	12	7	5	9	0	10	2	3	95	1,37	1757
	N=3	**X**	1145	664	183229	4339	260619	437	223	1660	680	913	2	27136	32	2	58	45	48	402	4	5	3	8	0	3	2	3	94	1,34	1593
		σ	146	443	1113	3543	4484	114	157	377	55	89	3	2939	3	2	34	23	7	37	7	2	3	1	0	6	0	0	0	0,05	142
		δ%	13	67	1	82	2	26	70	23	8	10	173	11	9	100	59	50	14	9	154	45	87	13		173	3	2	0	3,44	9

Er-Grah

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	28jan026	Er Grah R82.22.14.1 pt1	1887	758	195067	2462	254894	1781	633	584	1518	2319	0	15792	0	4	74	157	161	706	0	6	11	9	0	28	8	12	80	1,53	3837
6	28jan027	Er Grah R82.22.14.1 pt2	2292	861	195672	1838	255462	1745	557	597	1455	2172	0	15010	0	8	72	263	160	698	2	8	6	15	0	10	8	12	81	1,49	3627
6	28jan028	Er Grah R82.22.14.1 pt3	1994	711	195728	1339	256250	1642	588	592	1430	2136	0	14674	2	6	66	260	149	636	0	9	2	13	0	4	8	12	80	1,49	3566
6	28jan029	Er Grah R82.22.14.2 pt1	1746	990	195557	8848	251203	935	976	692	1654	2604	0	11235	9	5	120	83	300	598	0	11	0	14	0	25	11	17	73	1,57	4258
6	28jan030	Er Grah R82.22.14.2 pt2	1467	729	194952	11808	248828	1285	1026	772	1657	2676	0	11162	12	8	51	84	291	636	2	14	0	6	7	16	11	17	72	1,61	4333
6	28jan031	Er Grah R82.22.14.2 pt3	1667	720	194713	11260	249222	1484	945	715	1703	2568	4	11297	5	8	88	91	295	606	3	13	8	7	0	25	11	16	73	1,51	4271
6	28jan032	Er Grah R82.22.14.3 pt1	2940	645	194233	693	257630	1562	446	1669	1995	2295	0	14194	4	0	258	516	305	361	5	4	5	12	0	0	11	12	77	1,15	4290
6	28jan033	Er Grah R82.22.14.3 pt2	2353	438	195771	71	258993	1154	381	1675	1821	2081	0	12968	14	0	231	516	266	332	2	0	0	5	5	0	11	12	77	1,14	3902
6	28jan034	Er Grah R82.22.14.3 pt3	2493	713	195779	0	259574	1270	428	2248	1853	2084	0	12324	2	0	220	364	258	288	2	10	0	0	0	0	11	13	76	1,12	3937
6	28jan035	Er Grah R82.22.14.4 pt1	2114	1012	195416	0	257798	1201	308	972	885	1156	0	18680	5	0	11	100	87	1235	2	2	5	47	0	8	4	6	90	1,31	2041
6	28jan036	Er Grah R82.22.14.4 pt2	1740	768	193476	0	257854	1101	454	1147	816	1148	0	22685	2	0	13	110	85	1356	1	1	3	58	5	3	3	5	92	1,41	1964
6	28jan037	Er Grah R82.22.14.4 pt3	1602	743	191534	0	259386	1087	296	1187	635	1011	0	23445	2	0	10	76	76	1155	9	2	4	55	0	0	3	4	93	1,59	1646
6	28jan038	Er Grah R82.22.14.5 pt1	1660	1023	197324	5795	254147	1484	1827	640	1352	1193	0	10226	8	3	54	86	159	985	6	403	8	14	0	0	11	9	80	0,88	2545
6	28jan039	Er Grah R82.22.14.5 pt2	552	803	200584	3142	259632	663	430	300	1548	1181	0	5584	16	3	30	60	147	1009	0	3	4	0	4	10	19	14	67	0,76	2729
6	28jan040	Er Grah R82.22.14.5 pt3	1432	1175	198818	4413	257218	888	478	569	1421	1184	11	8433	14	3	27	60	156	1062	0	3	10	0	4	11	13	11	76	0,83	2605
6	28jan041	Er Grah R82.22.14. pt1	3295	1956	165006	24617	239236	3120	8146	1540	932	2025	42	34314	21	8	656	1890	137	1496	7	118	26	15	3	35	3	5	92	2,17	2957
6	28jan042	Er Grah R82.22.14. pt2	2893	1830	164216	27257	235585	3264	4222	1991	1124	2513	24	42394	0	1	211	787	174	1766	0	123	17	36	0	17	2	5	92	2,24	3637
6	28jan043	Er Grah R82.22.14. pt3	2333	2286	161613	36007	230376	3353	4690	1813	1117	2472	25	40553	10	0	268	880	169	1737	16	141	14	16	0	30	3	6	92	2,21	3589
6	29jan156	EG1 Er Grah f. Leroux K51-30	2187	764	194964	4990	254285	1348	412	946	4754	496	0	13473	0	2	12	25	23	229	5	0	0	16	0	15	25	3	72	0,1	5250
6	29jan157	EG2 Er Grah f. Leroux J 52-2	2004	2506	190768	36602	230509	2443	463	758	1502	1428	0	9241	21	29	32	28	198	334	1	4	3	7	0	0	12	12	76	0,95	2930
6	29jan158	EG3 Er Grah f. Leroux N52-1	484	765	198517	3852	259469	617	584	276	1824	3979	0	4707	2	6	21	20	31	390	0	1	6	4	0	6	17	38	45	2,18	5803
6	29jan159	EG4 Er Grah f. Leroux I 52-130	940	1359	183570	15920	245218	896	235	1229	1985	3428	0	27671	8	0	49	15	310	488	11	0	0	15	0	7	6	10	84	1,73	5413
6	29jan160	EG5 Er Grah f. Leroux I 52-134	922	1450	191391	22323	242352	1356	276	2030	968	1365	0	14548	7	1	38	11	303	628	4	4	8	19	0	16	6	8	86	1,41	2333
13	11mai112	Er Grah perle 2/8 z transp	914	187	204687	0	251766	674	466	1009	901	1123	17	19972	31	13	54	29	31	1413	11	12	8	22	0	0	4	5	91	1,25	2024
13	11mai113	Er Grah perle 2/8 z non transp	1321	395	208250	0	253332	442	133	954	768	937	5	13158	24	13	26	19	19	906	0	0	5	13	10	5	5	6	89	1,22	1705
13	11mai114	Er Grah perle 2/8 z transp	1168	0	203912	0	252574	988	314	1054	1100	1208	4	18478	20	20	34	26	22	1268	0	0	4	12	0	39	5	6	89	1,1	2308
13	11mai115	Er Grah perle 2/8 z non transp arriere	1883	576	207987	0	251298	1172	697	794	1189	1296	6	13920	58	20	47	36	42	1469	3	4	0	23	0	0	7	8	85	1,09	2485
13	11mai116	Er Grah perle 1/8	877	442	212789	1113	251474	599	234	1209	824	1156	0	8289	12	17	18	22	44	435	0	6	4	25	0	19	8	11	81	1,4	1980
13	11mai117	Er Grah perle 3/8	932	9	212082	0	254661	310	409	538	2277	1628	7	4471	23	18	16	23	89	457	3	6	3	6	0	0	27	19	53	0,71	3905
13	11mai118	Er Grah perle 4/8	707	197	209997	0	254071	176	405	414	2024	2690	7	7627	30	11	39	34	370	335	0	0	0	13	0	14	16	22	62	1,33	4714
13	11mai119	Er Grah perle 5/8	1422	0	213326	2848	247266	652	1043	552	1929	2844	58	7375	30	16	35	39	263	504	4	3	0	6	0	24	16	23	61	1,47	4773
13	11mai120	Er Grah perle 6/8	2185	547	200744	9064	240367	996	769	977	1671	3494	75	22896	46	22	175	44	184	659	0	8	11	6	0	21	6	12	82	2,09	5165
13	11mai121	Er Grah perle 6/8	784	451	210022	24323	228680	605	745	583	1234	628	24	11486	52	38	40	38	15	229	5	35	4	13	11	4	9	5	86	0,51	1862
13	11mai122	Er Grah perle 6/8	1574	415	209794	0	252714	628	369	710	1918	1455	24	9548	39	7	28	24	71	784	2	7	9	13	0	14	15	11	74	0,76	3373
13	11mai123	Er Grah perle 5/8 coté clair	1846	360	213123	2767	245655	919	476	696	1973	3146	30	8962	40	13	34	36	260	547	0	8	0	17	6	35	14	22	64	1,59	5119
13	11mai124	Er Grah perle 5/8 coté foncé	1306	18	213532	0	249768	217	528	605	1902	3027	46	8493	37	9	40	22	259	545	0	18	0	7	0	27	14	23	63	1,59	4929
		min	484	0	161613	0	228680	176	133	276	635	496	0	4471	0	0	10	11	15	229	0	0	0	0	0	0	2	3	45	0,1	1646
		max	3295	2506	213532	36602	259632	3353	8146	2248	4754	3979	75	42394	58	38	656	1890	370	1766	16	403	26	58	11	39	27	38	93	2,24	5803
	N=36	**X**	1664	795	197359	7315	250243	1224	983	973	1546	1949	11	15258	17	9	89	191	164	786	3	27	5	16	2	13	10	12	78	1,35	3495
		σ	690	606	12918	10637	8652	781	1558	508	702	878	19	9139	16	9	123	361	105	441	4	73	6	14	3	12	6	7	12	0,49	1205
		δ%	41	76	7	145	3	64	158	52	45	45	163	60	95	105	138	189	64	56	130	267	108	89	196	91	60	60	15	36,14	34

Er-Lannic

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
8	22jan034	Er Lannic R82.14.1379	8678	3381	190527	0	244050	3617	4499	2870	1699	1239	0	26122	0	8	36	813	201	1032	0	44	9	93	5	6	6	4	90	0,73	2938
8	22jan035	Er Lannic R82.14.1380	11118	3349	193963	14090	236045	3643	2538	740	1097	1246	0	11671	15	23	137	416	20	406	2	87	5	16	1	0	8	9	83	1,14	2343

Ile Carn

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	29jan151	p1 cylindrique gros	843	722	198901	0	260710	470	429	453	2711	1904	0	9978	5	27	35	28	90	484	0	0	8	3	0	16	19	13	68	0,7	4615
6	29jan152	p2 plate taille moy	1298	1084	200880	0	262306	543	569	394	1190	1997	0	5806	7	6	20	29	71	754	0	12	7	4	4	2	13	22	65	1,68	3187
6	29jan153	P3 plate la + petite	2045	1910	188778	2822	254384	788	788	867	1147	1290	0	27026	0	1	44	36	50	2059	0	5	5	23	4	7	4	4	92	1,12	2437
		min	843	722	188778	0	254384	470	429	394	1147	1290	0	5806	0	1	20	28	50	484	0	0	5	3	0	2	4	4	65	0,7	2437
		max	2045	1910	200880	2822	262306	788	788	867	2711	1997	0	27026	7	27	44	36	90	2059	0	12	8	23	4	16	19	22	92	1,68	4615
	N=3	**X**	1395	1239	196186	941	259133	600	595	571	1683	1730	0	14270	4	11	33	31	70	1099	0	6	7	10	3	8	12	13	75	1,17	3413
		σ	607	609	6492	1629	4190	167	181	258	891	384	0	11242	4	14	12	4	20	842	0	6	2	11	2	7	7	9	15	0,49	1106
		δ%	43	49	3	173	2	28	30	45	53	22	0	79	90	122	37	14	28	77	0	106	23	113	87	85	62	67	20	41,89	32

Joselière

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1	20jui013	LJ pt1	2756	2311	170211	22603	239693	2598	580	682	1652	2972	0	41010	28	0	31	22	164	1311	0	15	13	28	0	25	4	7	90	1,8	4624
1	20jui014	LJ pt2	3950	3676	165651	38411	225675	3805	1120	762	1549	2812	27	41014	64	0	45	33	154	1202	0	5	11	35	4	0	3	6	90	1,82	4361
1	20jui015	LJ pt3	5339	7170	158170	77670	192343	8389	1297	931	1389	2461	13	37735	25	0	22	34	120	1040	38	0	7	27	0	25	3	6	91	1,77	3850
1	20jui016	LJ pt4	354	473	197377	2013	263239	277	86	427	2093	1540	10	7940	0	2	5	16	46	419	5	0	7	31	0	0	18	13	69	0,74	3633
1	20jui017	LJ pt5	398	586	198051	2201	263327	544	92	232	2363	1255	0	6439	13	3	9	15	45	302	2	0	0	0	0	0	23	12	64	0,53	3618
1	20jui018	LJ pt6	1357	593	194329	5318	261151	690	53	674	1687	1502	15	8490	3	0	8	21	47	324	6	0	5	53	0	0	14	13	73	0,89	3189
1	20jui019	LJ pt7	1969	1238	187826	7083	256593	827	447	931	1886	1901	10	19731	34	3	19	19	49	542	10	9	2	12	5	10	8	8	84	1,01	3787
1	20jui020	LJ pt8	2204	2275	187309	13487	253680	764	161	590	1877	1364	0	15139	19	0	13	15	31	406	0	2	14	4	0	6	10	7	82	0,73	3241
1	20jui021	LJ pt9	2840	2184	183095	12834	251034	996	282	1029	2354	2149	0	23412	28	0	17	16	47	553	0	0	13	10	0	12	8	8	84	0,91	4503
		min	354	473	158170	2013	192343	277	53	232	1389	1255	0	6439	0	0	5	15	31	302	0	0	0	0	0	0	3	6	64	0,53	3189
		max	5339	7170	198051	77670	263327	8389	1297	1029	2363	2972	27	41014	64	3	45	34	164	1311	38	15	14	53	5	25	23	13	91	1,82	4624
	N=9	**X**	2352	2278	182447	20180	245193	2099	458	695	1872	1995	8	22323	24	1	19	21	78	678	7	3	8	22	1	9	10	9	81	1,13	3867
		σ	1614	2119	14499	24464	23317	2624	463	256	343	639	9	14345	19	1	13	7	52	395	12	5	5	17	2	10	7	3	10	0,52	524
		δ%	69	93	8	121	10	125	101	37	18	32	112	64	80	153	68	35	67	58	180	155	63	77	200	119	68	34	12	45,52	14

Kercado

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
7	16oct010	Kercado R81.2.64 perle 1	10886	6251	175970	22683	225571	3581	3089	1090	1671	2356	0	35032	29	12	426	1332	45	1065	25	27	7	20	9	29	4	6	90	1,41	4027
7	16oct011	Kercado R81.2.64-perle 2	5667	3740	186910	17387	234982	3136	2714	2964	1376	1421	0	22571	20	44	326	374	129	338	18	8	4	150	3	18	5	6	89	1,03	2797
7	16oct012	Kercado R81.2.64-perle 3	4738	2855	190273	10755	238299	1081	2267	829	2421	2163	0	31472	0	11	260	226	103	1215	7	316	0	6	4	14	7	6	87	0,89	4584
7	16oct013	Kercado R81.2.64-perle 4	6777	4308	177962	14198	227631	2366	13107	2915	1598	3892	0	36266	7	22	448	452	165	1867	32	14	23	79	0	26	4	9	87	2,44	5490
7	16oct014	Kercado R81.2.64-perle 5	4644	2575	188956	26213	237812	1992	2048	686	2098	1585	0	11268	18	12	232	150	64	404	15	0	8	12	0	10	14	11	75	0,76	3683
7	16oct015	Kercado R81.2.64-perle 6	4435	2830	198857	11360	242150	1968	1316	454	3098	925	0	13346	27	13	350	200	16	722	33	44	0	13	9	56	18	5	77	0,3	4023
7	16oct016	Kercado R81.2.64-perle 7	3319	1832	200822	0	250671	950	1289	2029	1888	2862	0	14953	32	4	254	159	229	432	14	5	0	295	0	6	10	15	76	1,52	4750
7	16oct017	Kercado R81.2.64-perle 8	5011	2956	183578	5073	233349	2589	2373	2898	2946	2965	0	44870	2	17	391	194	287	1776	6	0	12	285	0	0	6	6	88	1,01	5911
7	16oct018	Kercado R81.2.64-perle 9	6521	4009	157275	71564	201812	3371	3954	2633	2125	2971	26	26064	23	45	409	405	256	578	7	56	23	0	0	0	7	10	84	1,4	5096
7	16oct019	Kercado R81.2.64-perle 10	3326	2242	204165	0	249480	987	637	622	1898	1214	0	17216	3	20	204	133	28	464	22	7	2	19	8	6	9	6	85	0,64	3112
7	16oct020	Kercado R81.2.64-perle 11	2657	1682	176931	46459	226430	1309	1200	3446	1917	2881	0	13542	2	8	271	203	212	503	6	15	15	49	0	18	10	16	74	1,5	4798
7	16oct021	Kercado R81.2.64-perle 12	5377	2648	198885	2531	246888	1979	2310	1192	2325	1911	1	15528	32	15	271	252	34	534	1	33	15	58	7	17	12	10	79	0,82	4236
7	16oct022	Kercado R81.2.64-perle 13	4938	3130	176912	9779	231973	2149	4216	1723	1469	3040	0	53443	0	16	417	177	117	2203	19	83	11	70	0	18	3	5	92	2,07	4509
7	16oct023	Kercado R81.2.64-perle 14	3902	2238	193288	10797	240449	1432	1339	367	3431	3179	5	22597	33	6	321	138	118	1039	12	21	0	16	0	38	12	11	77	0,93	6610
7	16oct024	Kercado R81.2.64-perle 15	4321	1971	200204	0	250689	1766	1283	1349	1613	2088	0	17048	12	0	236	132	64	266	9	3	0	72	0	14	8	10	82	1,29	3701
7	16oct025	Kercado R81.2.64-perle 16	4677	2609	203587	0	249864	1059	889	1052	1547	1544	3	13607	38	6	240	109	103	1231	0	6	4	33	0	0	9	9	81	1	3091
7	16oct026	Kercado R81.2.64-perle 17	4643	3295	178049	39824	225390	2449	3439	1347	1816	2060	17	18445	13	15	315	252	46	684	14	92	11	84	0	21	8	9	83	1,13	3876
7	16oct027	Kercado R81.2.64-perle 18	5840	3083	139680	69731	189426	6776	16888	2156	1311	2923	0	58455	7	9	462	678	58	1385	33	289	21	68	0	6	2	5	93	2,23	4234
7	16oct028	Kercado R81.2.64-perle 19	4128	2470	201268	2056	244168	1448	5538	978	1651	3229	18	16436	22	9	267	212	48	719	4	653	78	149	0	18	8	15	77	1,96	4880
7	16oct029	Kercado R81.2.64-perle 20	5612	2376	189569	18910	238397	1666	2424	406	1438	1911	0	20460	12	0	329	153	161	1729	13	25	3	12	16	12	6	8	86	1,33	3349
7	16oct030	Kercado R81.2.64-perle 21	5368	2590	201919	0	247874	1876	1264	1396	958	2613	1	15346	20	2	267	208	68	1562	4	8	12	80	0	8	5	14	81	2,73	3571
7	16oct031	Kercado R81.2.64-perle 22	3414	1856	200952	1094	249285	1172	9509	1322	1130	2382	17	9150	16	1	258	80	137	744	5	134	3	59	5	0	9	19	72	2,11	3512
7	16oct032	Kercado R81.2.64-perle 23	2226	2273	200625	0	253924	772	749	906	793	1602	0	15690	11	12	120	43	94	492	4	3	0	9	4	4	4	9	87	2,02	2395
7	16oct033	Kercado R81.2.64-perle 24	2723	2190	201725	0	251227	676	639	2520	2156	2751	2	13313	14	0	214	83	180	468	11	4	0	22	0	0	12	15	73	1,28	4907
7	16oct034	Kercado R81.2.64-perle 25	3330	1938	193003	18223	241448	1025	1260	567	1886	3192	15	13491	25	4	291	136	232	619	9	40	10	29	0	3	10	17	73	1,69	5078
7	16oct035	Kercado R81.2.64-perle 26	4514	1827	186545	27711	236892	1633	1575	929	1467	1772	0	13866	4	4	193	129	36	563	10	29	8	34	0	11	9	10	81	1,21	3239
7	16oct036	Kercado R81.2.64-perle 27	4470	2210	196988	2595	247333	1166	1335	2377	1550	2544	0	18813	12	0	226	98	185	474	14	4	0	59	4	0	7	11	82	1,64	4094
7	16oct037	Kercado R81.2.64-perle 28	4912	2731	193833	0	247807	1505	729	761	1329	1621	0	29582	6	0	271	69	184	1691	4	15	4	0	0	10	4	5	91	1,22	2950
7	16oct038	Kercado R81.2.64-perle 29	4190	2168	197559	4721	247333	1235	726	274	1022	1184	0	21476	16	0	483	103	136	833	6	10	4	0	0	13	4	5	91	1,16	2206
7	16oct039	Kercado R81.2.64-perle 30	3969	1901	202558	2092	249389	1214	1853	1345	1344	2004	7	11510	10	0	193	99	52	528	10	30	8	126	4	0	9	13	77	1,49	3348
7	16oct040	Kercado R81.2.64-perle 31	7149	2906	179490	20117	232881	1876	1818	344	1291	990	0	37004	25	0	1018	196	68	1091	11	66	0	9	0	0	3	3	94	0,77	2281
7	16oct041	Kercado R81.2.64-perle 32	3570	1994	199627	4744	250631	657	3188	1063	1288	3133	8	10118	21	6	184	46	285	1413	12	5	9	19	0	16	9	22	70	2,43	4421
7	16oct042	Kercado R81.2.64-perle 33	4196	1733	200913	5680	249072	1179	1050	999	1237	2180	14	9995	19	0	213	97	88	698	12	6	2	54	4	29	9	16	75	1,76	3417
7	16oct043	Kercado R81.2.64-perle 34	5394	2162	158920	57964	215488	1424	1860	891	1670	1787	0	37795	12	0	250	111	96	553	9	20	8	38	0	28	4	4	92	1,07	3457
7	16oct044	Kercado R81.2.64-perle 35	4524	1743	182669	15298	240498	1395	1747	839	2191	1922	0	33168	0	0	275	58	150	813	8	39	10	0	3	16	6	5	89	0,88	4113
7	16oct047	Kercado R81.2.64-perle 36	5534	2618	192198	6841	242699	1538	1246	1172	1886	2091	0	25629	17	0	283	159	112	821	6	13	8	6	0	0	6	7	87	1,11	3977
7	16oct048	Kercado R81.2.64-perle 37	6027	2548	187151	22399	236170	1245	1202	1438	1174	2161	0	19728	21	0	239	120	127	694	21	11	0	11	6	9	5	9	86	1,84	3335
7	16oct049	Kercado R81.2.64-perle 38	4536	2106	193103	6348	232555	1026	15132	3069	1786	2049	0	28507	42	0	378	203	190	642	7	868	21	34	0	0	6	6	88	1,15	3835

Kercado

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
7	16oct050	Kercado R81.2.64-perle 39	3947	2019	204830	0	251032	1133	1245	945	1664	1011	0	11799	16	0	238	90	40	162	8	6	8	24	0	13	11	7	82	0,61	2675
7	16oct051	Kercado R81.2.64-perle 40	4292	2280	190900	0	245544	651	1496	1209	1306	1987	0	37342	17	0	336	90	127	1306	4	29	12	24	5	14	3	5	92	1,52	3293
7	16oct052	Kercado R81.2.64-perle 41	4115	2217	190638	0	245752	896	1323	347	844	1205	0	39852	32	0	1224	93	112	831	0	2	0	10	0	4	2	3	95	1,43	2049
7	16oct053	Kercado R81.2.64-perle 42	5352	2718	185973	20905	231564	1809	4029	902	1623	1590	0	27848	2	0	295	134	123	459	13	68	16	22	5	0	5	5	90	0,98	3213
7	16oct054	Kercado R81.2.64-perle 43	3307	1764	198408	7560	244458	1065	624	1981	1846	2032	0	18445	23	4	232	54	44	598	21	2	7	85	0	20	8	9	83	1,1	3878
7	16oct055	Kercado R81.2.64-perle 44	4141	2052	179577	0	242127	1144	5554	1102	1348	1586	0	54517	10	0	247	90	86	1057	0	29	17	49	0	15	2	3	95	1,18	2934
7	16oct056	Kercado R81.2.64-perle 45	4560	2081	197391	7352	247553	1430	1098	1494	1726	2436	4	12076	24	0	239	126	54	326	19	8	18	111	0	50	11	15	74	1,41	4162
7	16oct057	Kercado R81.2.64-perle 46	3412	2005	188263	787	244816	659	6536	1744	1426	2258	0	36180	22	0	246	72	232	1429	10	8	9	0	6	4	4	6	91	1,58	3684
7	16oct058	Kercado R81.2.64-perle 47	6918	2583	183028	7271	237294	2208	1870	1808	1098	1736	0	44692	0	0	264	108	116	1099	0	98	19	11	0	34	2	4	94	1,58	2834
7	16oct059	Kercado R81.2.64-perle 48	3728	2581	194164	0	247734	900	862	1188	1109	1892	0	31272	0	0	249	51	84	1710	6	2	12	229	6	19	3	6	91	1,71	3001
7	16oct060	Kercado R81.2.64-perle 49	5900	1978	196953	4976	247950	3796	1660	1566	1676	2588	0	11774	22	1	292	101	97	350	13	27	12	90	5	0	10	16	73	1,54	4264
7	16oct061	Kercado R81.2.64-perle 50	5555	2427	196670	8713	245556	2042	3172	1037	1734	2494	4	10197	18	1	262	112	131	584	23	109	3	22	4	2	12	17	71	1,44	4228
7	16oct064	Kercado R81.2.64-perle 51	5402	2147	202036	2874	250016	1689	2179	853	1524	1443	0	8863	35	1	250	282	256	708	18	7	0	28	0	17	13	12	75	0,95	2967
7	16oct065	Kercado R81.2.64-perle 52	3818	1942	181122	42607	229877	627	1210	1277	1963	1996	0	13012	8	0	237	184	223	428	9	10	4	59	3	10	12	12	77	1,02	3959
7	16oct066	Kercado R81.2.64-perle 52	6034	2553	196344	3715	238860	7191	8802	1200	1250	3116	49	16288	12	1	281	365	246	981	22	992	34	22	5	28	6	15	79	2,49	4366
7	16oct067	Kercado R81.2.64-perle 54	4283	2520	191898	3928	245732	1204	1560	1337	1288	3021	0	27600	0	0	254	151	205	1672	6	8	6	14	20	0	4	9	86	2,35	4309
7	16oct068	Kercado R81.2.64-perle 55	3172	1515	208297	0	253045	784	531	532	2222	1747	13	6758	17	0	234	61	59	451	7	3	6	0	0	18	21	16	63	0,79	3969
7	16oct069	Kercado R81.2.64-perle 56	3018	1956	201695	0	248459	1384	4662	1270	1792	2204	0	16029	24	1	268	106	94	731	17	658	13	57	0	42	9	11	80	1,23	3996
7	16oct072	Kercado R81.2.64-perle 57	3731	2031	202732	0	250171	848	2138	1357	1374	2719	0	13952	7	1	218	89	69	621	6	265	17	100	0	4	8	15	77	1,98	4093
7	16oct073	Kercado R81.2.64-perle 58	3805	2012	206863	0	254540	1185	480	281	1391	1168	0	6397	3	0	205	57	32	555	4	4	8	8	0	0	16	13	71	0,84	2559
7	16oct074	Kercado R81.2.64-perle 59	4603	2452	171640	35008	223043	1341	1983	1195	1649	2054	0	43695	0	0	262	170	138	713	0	68	8	33	0	25	3	4	92	1,25	3703
7	16oct075	Kercado R81.2.64-perle 60	5016	2404	195782	1078	245828	980	990	794	2864	1061	0	27034	34	0	484	137	286	1178	17	17	0	18	0	20	9	3	87	0,37	3925
7	16oct076	Kercado R81.2.64-perle 61	5955	2423	182898	18161	225690	3057	13269	1333	1264	1566	2	34434	9	0	323	203	110	220	38	945	16	55	0	8	3	4	92	1,24	2830
7	16oct077	Kercado R81.2.64-perle 62	4114	2191	190639	3798	242595	984	1305	764	805	1671	0	37361	10	0	760	215	134	783	15	50	0	58	0	18	2	4	94	2,08	2476
7	16oct078	Kercado R81.2.64-perle 63	4126	1984	186172	25759	237054	756	1050	1094	1643	1816	0	21464	48	0	202	85	67	1342	3	38	20	8	0	22	7	7	86	1,11	3459
7	16oct079	Kercado R81.2.64-perle 64	3451	1842	204590	0	251939	715	1309	193	2716	1251	0	12692	28	0	237	59	44	381	0	24	29	0	0	29	16	8	76	0,46	3967
7	16oct080	Kercado R81.2.64-perle 65	5914	2759	187999	7684	241877	1458	1262	534	458	1520	0	34717	0	9	479	114	113	2952	2	14	11	13	0	24	1	4	95	3,32	1978
7	16oct081	Kercado R81.2.64-perle 66	5133	2881	179282	29720	228727	2113	1541	1813	1205	2825	0	29118	0	0	222	193	207	874	0	6	11	54	0	16	4	9	88	2,34	4030
7	16oct082	Kercado R81.2.64-perle 67	4017	2199	199088	1405	249434	987	1209	479	1980	2288	0	17506	15	0	225	370	77	520	5	3	25	59	0	0	9	11	80	1,16	4268
7	16oct083	Kercado R81.2.64-perle 68	5533	3187	163295	67449	207951	2688	4197	1254	2876	1563	26	18103	47	37	231	369	78	199	0	148	14	0	4	25	13	7	80	0,54	4439
7	16oct084	Kercado R81.2.64-perle 69	6064	3690	197670	689	247400	1413	3700	684	1816	2035	1	16710	2	8	252	621	83	869	11	37	0	20	0	8	9	10	81	1,12	3851
7	16oct085	Kercado R81.2.64-perle 70	4269	2604	193814	0	244650	1125	941	702	774	2153	0	34796	23	0	285	196	70	1670	20	10	0	28	0	28	2	6	92	2,78	2927
7	16oct086	Kercado R81.2.64-perle 71	5114	2714	159458	73452	205532	2662	2178	2244	1429	2686	0	23628	0	32	241	333	140	862	15	6	0	74	0	20	5	10	85	1,88	4115
7	16oct087	Kercado R81.2.64-perle 72	4329	2024	199676	8949	245182	1430	2052	205	2864	967	0	12822	11	6	242	152	36	323	0	94	37	4	10	33	17	6	77	0,34	3831
7	16oct088	Kercado R81.2.64-perle 73	4963	2526	197247	6471	243973	1152	733	618	1790	2114	0	21292	18	1	341	151	74	1436	3	11	0	24	0	0	7	8	85	1,18	3904
7	16oct089	Kercado R81.2.64-perle 74	4281	2063	170256	60624	217380	1239	1078	1847	1480	3094	12	17145	20	1	254	88	116	576	0	34	11	143	0	10	7	14	79	2,09	4574
7	16oct090	Kercado R81.2.64-perle 75	4763	2298	195913	0	247276	967	513	1278	850	1267	0	29842	7	0	274	159	52	1403	29	12	3	0	0	0	3	4	93	1,49	2117
7	16oct091	Kercado R81.2.64-perle 76	4266	1678	206543	0	252563	958	828	403	2172	1508	6	8289	21	0	248	81	39	492	10	96	5	0	0	16	18	13	69	0,69	3680
7	16oct092	Kercado R81.2.64-perle 77	4225	2089	198303	0	248856	707	287	419	1328	2492	0	25984	17	0	240	53	226	2195	7	0	0	9	0	0	4	8	87	1,88	3820

Kercado

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
7	16oct093	Kercado R81.2.64-perle 78	4664	2184	165544	67896	216585	2871	1139	1615	1666	1362	0	12886	20	1	210	118	49	328	5	5	16	100	0	17	10	9	81	0,82	3028
7	16oct094	Kercado R81.2.64-perle 79	4921	2896	185051	17759	233550	2453	2402	1292	6090	1506	17	23414	22	0	284	193	47	72	29	587	69	28	0	150	20	5	76	0,25	7596
7	16oct095	Kercado R81.2.64-perle 80	4146	1715	198367	1866	247103	849	719	925	2094	1724	0	25239	26	0	291	76	108	505	0	16	14	28	0	18	7	6	87	0,82	3818
7	16oct096	Kercado R81.2.64-perle 81	6878	3182	181287	32716	229961	2034	1119	881	1891	1701	20	17645	24	0	323	281	101	1034	22	16	0	19	0	0	9	8	83	0,9	3592
7	16oct097	Kercado R81.2.64-perle 82	3692	2188	186684	0	243625	885	562	1322	1080	1740	0	49827	9	0	239	84	105	1221	0	0	4	33	6	8	2	3	95	1,61	2820
7	16oct098	Kercado R81.2.64-perle 83	4071	1854	175331	61964	219913	1117	778	363	1412	1640	12	7958	30	71	301	110	31	423	10	13	3	31	0	14	13	15	72	1,16	3052
7	16oct099	Kercado R81.2.64-perle 84	4136	2043	203288	0	251506	1134	701	1025	1245	2126	0	13156	16	6	222	114	155	646	11	0	0	20	0	6	8	13	80	1,71	3371
7	16oct100	Kercado R81.2.64-perle 85	3876	1948	209212	0	252906	908	334	263	1370	2185	26	5772	29	4	207	70	76	1046	14	6	15	9	0	20	15	23	62	1,59	3555
7	16oct101	Kercado R81.2.64-perle 86	3994	2078	195286	1281	245354	2483	1689	456	1811	3276	0	26365	13	21	274	110	84	1525	16	13	22	5	0	10	6	10	84	1,81	5087
7	16oct102	Kercado R81.2.64-perle 87	5550	2510	140346	94688	188814	1896	1955	1801	1459	2472	0	47349	14	0	288	210	132	1057	0	48	12	84	4	13	3	5	92	1,69	3931
7	16oct103	Kercado R81.2.64-perle 88	4904	2350	186186	16124	235731	1270	1689	1168	1368	2697	0	32276	20	9	291	182	110	1213	15	24	9	66	0	8	4	7	89	1,97	4065
7	16oct104	Kercado R81.2.64-perle 89	4049	2606	176558	0	235757	1283	1921	917	2288	1853	0	70522	12	3	304	148	58	1227	6	78	8	47	6	14	3	2	94	0,81	4141
7	16oct105	Kercado R81.2.64-perle 90	3626	1940	193861	0	244664	946	1497	712	1213	1309	0	38717	36	0	807	94	198	1112	0	45	0	12	12	4	3	3	94	1,08	2522
7	16oct106	Kercado R81.2.64-perle 91	3250	2141	200940	883	248953	771	1106	1680	1743	1871	0	18030	17	0	260	82	94	453	4	13	7	53	0	29	8	9	83	1,07	3614
7	16oct107	Kercado R81.2.64-perle 92	3585	1996	202266	359	249510	1074	1519	598	2422	2268	10	15536	26	8	468	193	201	506	4	46	60	0	0	23	12	11	77	0,94	4690
7	16oct108	Kercado R81.2.64-perle 93	3566	2104	200093	0	250806	974	1757	1124	1302	3858	1	16946	2	2	241	52	235	1563	5	5	8	23	4	37	6	17	77	2,96	5160
7	16oct109	Kercado R81.2.64-perle 94	4443	2506	205729	0	251006	916	488	1138	1329	2187	5	9750	10	0	206	59	85	730	0	6	0	120	12	22	10	16	73	1,65	3516
7	16oct110	Kercado R81.2.64-perle 95	4661	2525	181754	26986	230145	1173	1905	2346	1452	2002	0	29732	22	0	253	130	109	1791	0	21	16	284	0	17	4	6	90	1,38	3454
7	16oct111	Kercado R81.2.64-perle 96	4764	1870	194034	16956	241320	1247	900	1282	1623	2074	4	13594	5	0	254	87	93	356	2	10	26	94	13	8	9	12	79	1,28	3697
7	16oct112	Kercado R81.2.64-perle 97	3902	1919	182725	42998	230430	1191	976	258	1699	2056	7	9767	24	0	251	141	42	718	2	8	14	0	0	15	13	15	72	1,21	3755
7	16oct113	Kercado R81.2.64-perle 98	4484	2220	206781	0	252527	1152	1141	942	1120	1898	13	7196	8	0	228	118	82	731	24	136	2	93	0	31	11	19	70	1,69	3018
7	16oct114	Kercado R81.2.64-perle 99	3088	1618	174499	50682	220458	1163	1004	1059	1438	1629	0	26636	10	0	270	98	77	708	26	17	0	10	0	21	5	5	90	1,13	3067
7	17oct001	Kercado 81.2.64-perle 100	5566	2142	202401	645	251507	1435	946	954	878	1387	0	10759	5	1	250	126	71	914	12	5	0	53	4	12	7	11	83	1,58	2265
7	17oct002	Kercado 81.2.64-perle 101	5041	1971	192747	17748	213433	1159	36222	684	1516	1831	0	23602	28	0	287	127	50	696	0	2594	21	62	0	9	6	7	88	1,21	3347
7	17oct003	Kercado 81.2.64-perle 102	5200	2498	148638	92904	195007	1303	870	572	997	1647	0	34608	9	0	288	274	142	1396	27	38	0	31	0	0	3	4	93	1,65	2644
7	17oct004	Kercado 81.2.64-perle 103	3872	1643	181296	40462	229414	1044	3951	1278	1390	3264	2	13200	30	0	242	89	135	571	6	211	12	121	0	10	8	18	74	2,35	4654
7	17oct005	Kercado 81.2.64-perle 104	7993	2734	194147	7874	242516	3234	1245	1014	1818	2006	0	17134	26	0	344	264	180	1066	11	16	8	3	8	16	9	10	82	1,1	3824
7	17oct006	Kercado 81.2.64-perle 105	6362	1881	195925	11583	244655	2240	1688	664	2204	1627	9	10678	44	1	291	154	54	771	14	7	0	0	0	0	15	11	74	0,74	3831
7	17oct007	Kercado 81.2.64-perle 106	4378	2045	188770	30520	236052	1704	1060	586	2373	1502	2	9766	18	3	256	106	43	587	0	49	13	22	4	14	17	11	72	0,63	3875
7	17oct008	Kercado 81.2.64-perle 107	4843	2461	187856	12199	239338	1919	1513	1503	2481	1881	0	27830	21	1	242	161	228	222	0	7	0	4	0	30	8	6	86	0,76	4362
7	17oct009	Kercado 81.2.64-perle 108	7162	2433	189769	9618	239353	2079	831	942	2014	1918	0	28648	3	1	268	305	1097	484	3	14	0	144	8	0	6	6	88	0,95	3932
7	17oct010	Kercado 81.2.64-perle 109	6730	2845	193318	1562	247456	1938	1311	487	1814	3529	0	22214	37	1	386	304	121	1624	30	13	0	0	4	20	7	13	81	1,95	5343
7	17oct011	Kercado 81.2.64-perle 110	4630	2402	194375	13693	242226	1658	1084	1405	1153	2501	0	14519	26	0	309	128	214	848	5	8	0	11	5	0	6	14	80	2,17	3654
7	17oct012	Kercado 81.2.64-perle 110	3807	1813	199948	8755	247171	1471	599	1487	1902	1700	6	10346	11	2	242	118	154	227	4	4	32	12	8	0	14	12	74	0,89	3602
7	17oct013	Kercado 81.2.64-perle 111	5040	1848	198047	11731	245130	1625	722	1326	1508	1799	0	10869	16	0	246	149	135	189	13	9	13	4	8	16	11	13	77	1,19	3307
7	17oct014	Kercado 81.2.64-perle 112	4674	1763	203518	234	250784	1362	571	1972	1562	1208	0	12744	18	4	262	101	153	265	0	4	4	20	8	0	10	8	82	0,77	2770
7	17oct015	Kercado 81.2.64-perle 113	4793	1996	198276	4659	244633	1761	891	1894	1833	2988	0	19252	14	0	293	148	336	512	7	5	10	21	0	36	8	12	80	1,63	4821
7	17oct017	Kercado 81.2.64-perle 114	5431	2618	172939	39716	224799	1517	732	942	1000	2042	0	34297	6	0	281	106	229	1998	15	10	0	0	6	18	3	5	92	2,04	3042
7	17oct018	Kercado 81.2.64-perle 115	7171	2806	177881	32959	230476	4028	2554	2670	1606	1529	0	17662	25	0	282	134	134	257	22	9	2	67	0	12	8	7	85	0,95	3135

Kercado

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
7	17oct019	Kercado 81.2.64-perle 116	4479	2112	205306	0	251953	1009	1466	814	1114	1913	14	9051	17	2	269	65	78	574	7	55	11	61	0	19	9	16	75	1,72	3027
7	17oct020	Kercado 81.2.64-perle 117	3413	1889	207188	0	249568	1182	7281	287	1779	1178	12	7764	9	3	244	127	25	375	2	1000	12	0	0	14	17	11	72	0,66	2957
7	17oct021	Kercado 81.2.64-perle 118	5579	2562	193004	5919	244459	1859	2023	736	2829	2673	0	21303	33	25	456	136	120	1246	7	6	13	0	0	0	11	10	79	0,94	5502
7	17oct022	Kercado 81.2.64-perle 119	4996	1763	176987	43667	228163	1189	606	1813	1490	2660	4	18144	20	0	243	106	175	620	4	4	15	29	8	20	7	12	81	1,79	4150
7	17oct023	Kercado 81.2.64-perle 120	4364	1826	203090	2217	249394	1684	917	2078	1502	2755	15	9746	19	4	274	173	158	408	3	16	13	297	0	11	11	20	70	1,83	4257
7	17oct024	Kercado 81.2.64-perle 121	5140	2208	191570	18777	237221	1612	1379	593	1866	1439	10	19807	28	2	318	161	48	320	24	54	0	5	0	10	8	6	86	0,77	3305
7	17oct025	Kercado 81.2.64-perle 122	5751	2066	199612	1245	248456	2149	944	2292	2075	2832	0	14029	13	0	292	151	206	375	13	14	0	41	0	2	11	15	74	1,36	4907
7	17oct026	Kercado 81.2.64-perle 123	4869	2102	200733	4755	247803	1668	2640	310	2575	1838	30	10859	15	4	328	149	54	519	2	52	25	4	0	21	17	12	71	0,71	4413
7	17oct027	Kercado 81.2.64-perle 124	5044	2661	200924	7328	245412	1418	907	564	1920	1566	2	12104	39	41	334	136	89	1071	12	6	2	0	5	7	12	10	78	0,82	3486
7	17oct028	Kercado 81.2.64-perle 125	3858	1526	174386	57922	220938	1342	733	1047	1810	1509	0	14138	9	0	250	85	87	402	23	8	9	4	0	31	10	9	81	0,83	3319
7	17oct029	Kercado 81.2.64-perle 126	6411	3003	193176	11670	240451	2014	1049	1178	1514	2218	2	18891	9	0	330	243	52	1146	18	9	16	42	7	37	7	10	84	1,46	3732
7	17oct030	Kercado 81.2.64-perle 128	9313	2476	195628	3641	242654	2541	3788	600	1712	3185	0	19323	8	0	278	149	316	547	11	160	43	18	0	3	7	13	80	1,86	4897
7	17oct031	Kercado 81.2.64-perle 129	6929	2639	196882	5487	238822	5519	4176	1316	1802	1856	0	19487	4	0	268	327	50	524	16	53	0	33	0	28	8	8	84	1,03	3658
7	17oct032	Kercado 81.2.64-perle 130	5722	2389	183606	16489	238972	2066	6387	891	1477	1620	0	25322	35	0	417	195	39	640	5	12	18	27	7	20	5	6	89	1,1	3097
7	17oct033	Kercado 81.2.64-perle 131	5619	2456	190109	2295	241551	1933	987	1778	1059	2483	0	37804	15	0	330	143	151	1112	16	4	0	35	0	20	3	6	91	2,34	3542
8	22jan057	Kercado R.81.2.64.132	6434	2076	194219	0	247122	2050	1004	1674	1878	2588	0	26345	0	0	162	159	96	715	0	2	11	7	2	11	6	8	86	1,38	4466
8	22jan058	Kercado R.81.2.64.132 bis	6530	2266	195179	0	245967	2099	1154	1706	1894	2572	0	26667	0	0	159	158	108	720	1	10	4	3	8	1	6	8	86	1,36	4466
8	22jan059	Kercado R.81.2.64.133	8088	2383	184928	5019	240875	2120	1262	1222	1843	2052	0	38816	0	0	165	150	137	697	0	12	5	20	2	15	4	5	91	1,11	3895
8	22jan060	Kercado R.81.2.64.134	9750	3492	175306	27390	227005	2068	1800	2845	1432	3118	0	29050	8	0	210	728	112	1321	0	37	1	15	2	10	4	9	86	2,18	4550
8	22jan061	Kercado R.81.2.64.135	7335	2781	196106	6371	241973	2006	7897	758	2869	2028	8	11711	0	3	109	430	38	539	0	1731	10	0	3	9	17	12	71	0,71	4897
8	22jan062	Kercado R.81.2.64.136	6969	3401	192073	15564	235554	4590	2412	826	1689	2831	0	17759	1	33	174	491	62	965	0	337	28	8	0	3	8	13	80	1,68	4520
8	22jan063	Kercado R.81.2.64.137	6976	2180	160901	60029	214007	2185	1567	1155	2186	1563	0	30967	0	0	133	380	50	563	6	11	6	39	5	0	6	5	89	0,72	3749
8	22jan064	Kercado R.81.2.64.138	2594	1996	203564	0	256487	858	1470	161	2933	2014	0	6732	1	1	27	313	69	121	1	48	63	28	4	23	25	17	58	0,69	4947
8	22jan065	Kercado R.81.2.64.139	7063	4048	177891	31776	230977	4824	2188	820	1713	2056	1	17865	4	11	211	327	56	845	4	10	3	10	8	3	8	10	83	1,2	3769
8	22jan066	Kercado R.81.2.64.140	7974	2719	186104	9164	242277	2540	1864	999	2180	2565	0	24043	0	0	305	454	32	661	0	13	9	6	3	27	8	9	84	1,18	4745
8	22jan067	Kercado R.81.2.64.141	7570	2666	194211	1967	251250	2195	2489	1032	2130	1704	0	10229	4	1	275	516	20	313	6	14	10	13	0	19	15	12	73	0,8	3834
10	15fev008	Kercado IM 0612-1	1543	139	213128	0	246272	476	543	819	1392	2936	0	14141	14	0	130	105	157	1711	0	24	11	0	0	25	8	16	77	2,11	4328
10	15fev009	Kercado IM 0612-2	1516	0	217336	0	246524	411	190	1000	1979	1981	0	10027	2	0	71	38	70	417	4	4	6	8	0	8	14	14	72	1	3960
10	15fev010	Kercado IM 0612-3	1572	0	217106	0	245314	836	572	1319	2328	3011	22	8960	20	0	48	48	92	338	3	5	11	49	2	18	16	21	63	1,29	5339
10	15fev011	Kercado IM 0612-4	1183	0	205684	16036	239651	262	354	530	2868	2298	8	11577	22	0	27	49	70	667	0	2	2	0	0	20	17	14	69	0,8	5166
10	15fev012	Kercado IM 0612-5	1170	0	210782	0	246260	261	242	1815	1548	2194	0	18236	10	0	60	41	132	579	0	10	5	11	3	15	7	10	83	1,42	3742
10	15fev013	Kercado IM 0612-6	2594	110	210387	0	246806	726	322	1178	887	3034	0	15914	8	0	33	57	70	101	0	3	0	66	0	12	4	15	80	3,42	3921
10	15fev014	Kercado IM 0612-7	1881	0	208592	11753	240273	628	450	476	2071	3522	13	11099	8	1	68	82	68	1394	0	3	8	0	0	12	12	21	66	1,7	5593
10	15fev015	Kercado IM 0612-8	1401	156	215618	0	246774	862	1266	2268	1463	2319	3	7423	16	4	236	113	47	490	0	58	7	70	6	22	13	21	66	1,59	3782
16	15jan040	Kercado (collection Chavagnac)	1338	1458	188434	30359	240265	1034	794	811	2357	1928	7	8014	1	0	30	45	46	470	1	32	2	7	0	12	19	16	65	0,82	4285
		min	1170	0	139680	0	188814	261	190	161	458	925	0	5772	0	0	27	38	16	72	0	0	0	0	0	0	1	2	58	0,25	1978
		max	10886	6251	217336	94688	256487	7191	36222	3446	6090	3892	49	70522	48	71	1224	1332	1097	2952	38	2594	78	297	20	150	25	23	95	3,42	7596
	N=151	**X**	4768	2250	191367	14523	239530	1653	2383	1178	1730	2126	4	21312	16	5	279	177	120	821	9	99	10	42	2	15	8	10	82	1,37	3857
		σ	1598	789	13718	20412	12653	1051	3812	665	638	636	7	11847	11	10	144	154	105	496	9	302	13	56	4	16	5	5	8	0,59	873
		δ%	34	35	7	141	5	64	160	56	37	30	207	56	73	224	51	87	88	60	95	307	124	134	156	105	55	47	10	43,11	23

Kerdro-Vihan

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
8	22jan038	Kerdro Vihan R81.23.59	2996	2192	204473	0	248766	635	8204	629	1270	1862	0	10643	0	1	58	472	58	422	0	821	5	10	5	2	9	14	77	1,47	3132

Keryaval

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
16	15jan038	Keryaval IM 0229	1985	1444	193753	7695	246263	1446	360	2256	1524	3243	5	21103	0	10	114	61	133	885	19	1	6	50	0	0	6	13	82	2,13	4767
16	15jan039	Keryaval IM 0230	2355	1880	162433	14920	254361	2116	2175	3836	2442	2126	11	20276	0	3	250	157	45	457	10	1	14	644	0	0	10	9	82	0,87	4568

Moustoir

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
9	22oct014	Moustoir IM 0589	9522	3507	204878	0	235235	2044	7649	294	1047	1908	0	19288	9	0	622	48	197	476	0	163	30	3	4	17	5	9	87	1,82	2955

Mane-Rutual

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
16	15jan037	Mané Rutual RL 95.05.1	1597	1605	192292	5240	241622	1117	5171	2603	2555	3530	3	26288	0	2	58	80	71	953	16	1815	40	73	0	12	8	11	81	1,38	6085

Roh-Vras

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
10	15fev004	Roh Vras IM 0086	3060	323	182615	7770	228498	1445	825	3606	661	4583	0	63775	0	0	380	113	341	115	26	23	0	83	3	0	1	7	92	6,93	5244

Kerlagad 1

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	29jan032	Kerlagad R82.23.7.1 pt1	964	617	198488	0	260364	619	317	1144	1241	4819	0	7731	1	2	67	182	283	169	1	2	0	47	0	8	9	35	56	3,88	6060
6	29jan033	Kerlagad R82.23.7.1 pt2	2456	545	197192	0	260546	1150	414	1149	1125	4755	10	6950	10	0	65	234	246	170	0	0	0	62	0	0	9	37	54	4,23	5880
6	29jan034	Kerlagad R82.23.7.1 pt3	2556	1172	197133	0	259827	1021	398	1177	987	4536	0	7378	10	1	57	241	246	180	0	9	0	77	2	5	8	35	57	4,6	5523
6	29jan035	Kerlagad R82.23.7.2 pt1	1290	571	197116	298	259455	821	306	2324	821	5537	0	8090	2	0	128	94	305	121	0	0	7	124	0	0	6	38	56	6,74	6358
6	29jan036	Kerlagad R82.23.7.2 pt2	1612	454	196615	26	258917	1302	367	2558	859	5684	0	8855	0	1	51	127	322	128	1	0	1	154	0	0	6	37	58	6,62	6543
6	29jan037	Kerlagad R82.23.7.2 pt3	1736	406	195030	703	258315	1438	408	2809	824	5473	3	9822	10	0	71	118	353	128	0	4	0	162	0	11	5	34	61	6,64	6297
6	29jan038	Kerlagad R82.23.7.2 pt4	2204	590	194702	896	257929	1433	438	3035	884	5514	0	9986	2	1	59	120	346	115	4	0	8	188	6	0	5	34	61	6,24	6398
6	29jan039	Kerlagad R82.23.7.3 pt1	991	540	201687	2232	260617	983	401	398	674	2781	9	3453	5	4	17	134	52	257	0	3	0	10	0	12	10	40	50	4,13	3455
6	29jan040	Kerlagad R82.23.7.3 pt2	1304	548	202250	2326	260787	940	308	339	621	2713	4	3316	8	4	20	166	63	267	0	0	0	10	0	2	9	41	50	4,37	3334
6	29jan041	Kerlagad R82.23.7.3 pt3	1426	698	201311	2612	260399	992	322	340	644	2717	6	3358	2	1	17	237	49	274	3	1	0	18	0	11	10	40	50	4,22	3361
6	29jan042	Kerlagad R82.23.7.4 pt1	2834	915	198842	4762	257446	1439	339	336	859	5248	0	2416	4	1	14	124	96	197	0	0	4	17	0	0	10	62	28	6,11	6107
6	29jan043	Kerlagad R82.23.7.4 pt2	1160	449	201756	1540	261256	838	231	269	773	4895	3	2273	0	2	6	99	101	226	0	1	0	14	0	0	10	62	29	6,33	5668
6	29jan044	Kerlagad R82.23.7.4 pt3	1443	754	202048	1550	260455	703	222	342	702	4761	25	2252	14	5	9	171	101	229	2	1	0	44	3	0	9	62	29	6,78	5463
6	29jan045	Kerlagad R82.23.7.5 pt1	3091	1023	199764	2379	258645	1610	475	256	1265	4413	1	2426	15	2	15	192	79	83	1	0	4	3	0	6	16	54	30	3,49	5678
6	29jan046	Kerlagad R82.23.7.5 pt2	2260	594	201406	633	260482	1262	458	186	1191	4187	11	2068	8	2	6	173	65	85	0	4	0	0	5	2	16	56	28	3,52	5378
6	29jan047	Kerlagad R82.23.7.5 pt3	3663	1059	200507	1472	258408	1497	586	199	1171	4176	18	2207	8	2	12	244	63	87	2	3	0	2	0	7	16	55	29	3,57	5347
6	29jan048	Kerlagad R82.23.7.6 pt1	2041	1133	196471	3417	256657	622	742	843	1002	4483	0	9381	18	2	78	193	84	239	3	7	0	0	4	0	7	30	63	4,47	5485
6	29jan049	Kerlagad R82.23.7.6 pt2	1824	1130	195941	2565	257302	574	523	740	790	5680	17	10343	14	2	72	175	82	282	0	2	0	21	0	0	5	34	62	7,19	6470
6	29jan050	Kerlagad R82.23.7.6 pt3	2372	1236	197596	2932	257570	493	604	777	889	4341	0	7464	2	1	58	187	69	198	0	4	2	10	0	0	7	34	59	4,88	5230
6	29jan052	Kerlagad R82.23.7.7 pt1	753	752	199844	1513	260020	355	316	244	983	6580	11	3758	0	0	38	134	114	121	0	2	0	6	0	5	9	58	33	6,69	7563
6	29jan053	Kerlagad R82.23.7.7 pt2	1464	1103	199986	731	259670	300	280	245	1183	6616	8	4075	0	1	31	108	110	121	0	3	0	0	6	8	10	56	34	5,59	7799
6	29jan054	Kerlagad R82.23.7.7 pt3	1068	984	200140	373	260027	279	332	313	1204	7245	11	4174	9	0	28	127	107	126	3	4	0	0	0	2	10	57	33	6,02	8449
6	29jan055	Kerlagad R82.23.7.8 pt1	2348	1040	200686	747	260141	1054	430	747	1142	2520	5	4444	0	0	12	134	116	73	5	6	0	49	4	3	14	31	55	2,21	3662
6	29jan056	Kerlagad R82.23.7.8 pt2	1462	807	201590	454	261245	917	316	585	1030	2429	2	3722	9	0	13	117	102	68	4	0	0	23	0	0	14	34	52	2,36	3459
6	29jan057	Kerlagad R82.23.7.8 pt3	1200	751	201610	997	261371	683	372	550	713	2168	0	3782	9	2	12	112	75	49	0	4	2	52	0	2	11	33	57	3,04	2881
6	29jan058	Kerlagad R82.23.7.9 pt1	1713	1150	194349	5623	255809	1094	992	1388	1389	3710	6	9375	6	1	89	354	80	126	0	9	3	175	3	10	10	26	65	2,67	5099
6	29jan059	Kerlagad R82.23.7.9 pt2	855	692	196773	3470	258016	616	698	1165	1368	3589	0	8570	5	0	75	305	82	132	0	0	0	149	0	11	10	27	63	2,62	4957
6	29jan060	Kerlagad R82.23.7.9 pt3	1986	1224	193742	8400	253757	1176	1111	1360	1459	3706	0	8859	8	2	75	247	79	124	2	6	4	166	3	12	10	26	63	2,54	5165
6	29jan061	Kerlagad R82.23.7.10 pt1	5056	1451	191374	8000	249005	3714	813	839	1440	6029	0	9912	10	10	39	168	100	80	4	10	0	23	5	11	8	35	57	4,19	7469
6	29jan062	Kerlagad R82.23.7.10 pt2	4887	1714	192701	6036	251123	2956	657	848	1439	5469	0	10578	22	3	24	181	67	65	0	6	0	28	0	0	8	31	60	3,8	6908

Kerlagad 1

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	29jan063	Kerlagad R82.23.7.10 pt3	3484	1533	193617	10368	250374	2690	571	666	1049	4156	0	7920	3	2	35	143	51	108	0	11	0	21	0	5	8	32	60	3,96	5205
6	29jan064	Kerlagad R82.23.7.11 pt1	1442	531	200704	1002	258711	1628	305	604	689	3433	17	6329	10	1	16	283	121	121	0	16	3	33	0	22	7	33	61	4,98	4122
6	29jan065	Kerlagad R82.23.7.11 pt2	1364	673	201879	0	261052	687	221	446	598	2939	7	5186	20	0	14	180	109	122	0	2	4	20	0	8	7	34	59	4,91	3537
6	29jan066	Kerlagad R82.23.7.11 pt3	2287	1034	198232	3487	252043	2992	534	790	791	4775	0	8332	21	0	18	241	144	172	3	17	0	22	0	9	6	34	60	6,04	5566
6	29jan067	Kerlagad R82.23.7.12 pt1	2164	802	197339	1327	257354	1194	296	764	1042	3627	0	11716	7	1	31	121	149	89	1	0	0	19	0	0	6	22	72	3,48	4669
6	29jan068	Kerlagad R82.23.7.12 pt2	1321	644	199059	1303	258800	855	246	644	1159	3584	0	9136	2	0	24	94	146	73	0	0	0	20	0	3	8	26	66	3,09	4743
6	29jan069	Kerlagad R82.23.7.12 pt3	1724	914	199675	1249	258945	942	268	544	1046	3113	0	7744	0	2	26	101	136	58	0	0	0	28	0	10	9	26	65	2,98	4159
6	29jan070	Kerlagad R82.23.7.13 pt1	8662	2381	187804	16137	243554	4198	1274	1151	1028	6490	0	5826	3	8	38	477	94	118	4	4	0	89	0	8	8	49	44	6,31	7518
6	29jan071	Kerlagad R82.23.7.13 pt2	4338	1252	196359	3665	256009	1546	390	1139	959	6206	0	4884	2	2	22	254	76	100	4	2	6	65	4	0	8	52	41	6,47	7165
6	29jan072	Kerlagad R82.23.7.13 pt3	3474	726	196459	2562	257641	1746	435	1074	768	5847	8	5429	1	8	24	253	96	115	4	4	0	36	0	0	6	49	45	7,61	6615
6	29jan073	Kerlagad R82.23.7.14 pt1	1956	1018	202719	0	261595	806	364	787	660	2566	0	3438	22	0	10	261	67	34	3	0	0	18	0	9	10	39	52	3,89	3226
6	29jan074	Kerlagad R82.23.7.14 pt2	2408	664	201646	1367	260520	912	413	516	593	2045	0	3321	5	5	12	254	64	34	0	2	0	8	0	11	10	34	56	3,45	2638
6	29jan075	Kerlagad R82.23.7.14 pt3	1186	672	202340	2527	261582	635	264	475	471	1643	13	2562	2	1	10	183	43	22	1	3	0	6	8	2	10	35	55	3,49	2114
6	29jan076	Kerlagad R82.23.7.15 pt1	4674	1533	191070	6696	252144	2217	809	3013	1059	3273	0	12875	0	0	58	245	200	215	0	5	0	99	3	5	6	19	75	3,09	4332
6	29jan077	Kerlagad R82.23.7.15 pt2	3499	805	194633	7286	255456	2128	639	1500	1063	2200	0	7820	5	0	29	262	106	156	0	3	0	22	4	0	10	20	71	2,07	3263
6	29jan078	Kerlagad R82.23.7.15 pt3	2783	846	195952	4058	257651	1672	494	1605	829	2031	0	8576	11	3	32	168	105	153	2	3	0	52	0	4	7	18	75	2,45	2860
6	29jan079	Kerlagad R82.23.7.16 pt1	1575	999	198397	1996	258738	362	420	1015	952	6488	24	5324	10	1	48	210	276	92	0	3	0	5	0	0	7	51	42	6,82	7440
6	29jan080	Kerlagad R82.23.7.16 pt2	1316	395	197902	1385	259310	346	442	1178	1043	6604	22	6195	18	0	55	267	266	119	4	0	0	28	3	0	8	48	45	6,33	7647
6	29jan081	Kerlagad R82.23.7.16 pt3	1530	665	195942	1868	257854	562	567	1100	1545	6597	6	8993	13	2	100	435	300	95	5	0	0	112	0	0	9	39	52	4,27	8142
6	29jan082	Kerlagad R82.23.7.17 pt1	1444	872	201200	0	260853	576	183	1862	531	2979	9	6031	2	0	19	118	130	97	0	4	0	27	0	0	6	31	63	5,61	3510
6	29jan083	Kerlagad R82.23.7.17 pt2	776	507	202243	0	262068	537	163	1586	435	2374	0	4778	5	0	15	99	98	79	0	0	2	41	0	3	6	31	63	5,46	2809
6	29jan084	Kerlagad R82.23.7.17 pt3	668	334	202503	0	262304	550	177	1613	432	2338	0	4515	2	0	15	88	86	71	0	0	0	27	0	2	6	32	62	5,41	2770
6	29jan085	Kerlagad R82.23.7.18 pt1	919	234	202875	0	262272	684	229	646	1065	3153	6	3379	10	5	16	122	156	49	1	3	4	18	3	3	14	42	44	2,96	4218
6	29jan086	Kerlagad R82.23.7.18 pt2	1264	866	200930	2234	260378	726	372	566	782	2601	0	3293	8	1	14	187	115	36	5	8	0	28	0	4	12	39	49	3,33	3383
6	29jan087	Kerlagad R82.23.7.18 pt3	2224	792	199923	3062	259768	885	412	570	715	2560	0	3191	10	4	20	189	124	33	0	9	0	26	0	10	11	40	49	3,58	3275
6	29jan088	Kerlagad R82.23.7.19 pt1	6203	2013	190021	12155	246652	3269	1327	1038	790	4312	0	10058	13	11	55	265	154	149	11	37	8	29	2	3	5	28	66	5,46	5102
6	29jan089	Kerlagad R82.23.7.19 pt2	3977	1303	196367	4351	255629	1658	693	945	766	4056	0	7384	12	3	34	142	132	127	5	13	2	14	7	0	6	33	60	5,3	4822
6	29jan090	Kerlagad R82.23.7.19 pt3	6391	2305	187725	13952	244340	3547	1146	1379	1081	6086	0	12091	4	2	45	397	212	195	0	6	3	28	0	7	6	32	63	5,63	7167
6	29jan092	Kerlagad R82.23.7.20	2088	1079	199065	3748	258792	712	474	666	470	4953	4	3258	7	4	44	115	120	174	2	0	0	15	0	0	5	57	38	10,54	5423
6	29jan093	Kerlagad R82.23.7.21	1769	1074	187853	2774	254073	438	790	1585	592	2828	0	28490	0	0	126	192	149	396	0	4	0	58	0	26	2	9	89	4,78	3420
6	29jan094	Kerlagad R82.23.7.22	1752	908	201164	2314	259935	852	311	349	867	2033	0	4453	10	3	56	148	116	243	0	3	0	0	2	0	12	28	61	2,34	2900

Kerlagad 1

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	29jan095	Kerlagad R82.23.7.23	3123	774	197899	2972	257008	1961	580	875	874	5579	0	5158	17	2	18	202	216	73	2	1	0	43	0	0	8	48	44	6,38	6453
6	29jan096	Kerlagad R82.23.7.24	2020	588	195223	3591	256676	836	512	1542	690	5716	0	9617	4	0	98	124	347	283	1	4	3	42	0	10	4	36	60	8,28	6406
6	29jan097	Kerlagad R82.23.7.25	1561	785	188659	2809	255978	662	358	575	1206	3348	0	24054	13	0	211	159	484	149	3	29	0	0	0	0	4	12	84	2,78	4554
6	29jan098	Kerlagad R82.23.7.26	1131	541	196323	3159	256419	587	633	712	994	3579	0	15086	0	0	28	148	88	233	0	0	5	63	0	0	5	18	77	3,6	4573
6	29jan099	Kerlagad R82.23.7.27	765	669	200530	1539	260208	859	312	1694	627	3061	0	6684	4	0	13	49	83	137	1	4	2	29	0	5	6	30	64	4,88	3688
6	29jan100	Kerlagad R82.23.7.28	2426	867	197419	1948	257133	1386	371	1568	1212	2484	0	9915	5	4	40	271	105	151	0	1	4	22	0	4	9	18	73	2,05	3696
6	29jan101	Kerlagad R82.23.7.29	2280	1058	197774	3272	257215	854	660	973	1282	5087	22	5381	17	7	43	132	89	46	0	6	6	89	7	3	11	43	46	3,97	6369
6	29jan102	Kerlagad R82.23.7.30	4246	1543	183376	14127	238766	2460	1153	1700	838	7134	0	28422	22	3	56	288	116	253	0	8	0	75	0	0	2	20	78	8,51	7972
6	29jan103	Kerlagad R82.23.7.31	2020	915	197397	858	259145	1230	395	1592	1264	2079	0	9772	15	0	110	316	457	112	2	0	0	12	0	0	10	16	75	1,64	3343
6	29jan104	Kerlagad R82.23.7.32	1636	976	201799	3593	260093	564	299	335	928	2740	0	2566	10	1	25	83	53	83	0	0	0	68	0	0	15	44	41	2,95	3668
6	29jan105	Kerlagad R82.23.7.33	1815	989	197493	975	259123	663	769	1750	1102	3824	0	8542	15	0	38	194	268	106	7	0	0	59	4	7	8	28	63	3,47	4926
6	29jan106	Kerlagad R82.23.7.34	3068	690	193752	1177	258449	1691	1130	1151	642	6502	17	8716	0	0	60	194	189	145	0	0	5	31	0	0	4	41	55	10,13	7144
6	29jan107	Kerlagad R82.23.7.35	2369	1065	190399	5052	254124	815	980	1420	1103	3602	0	18754	2	0	509	176	453	368	8	4	0	2	2	0	5	15	80	3,27	4705
6	29jan108	Kerlagad R82.23.7.36	1592	1044	197463	2677	258822	741	561	1505	1019	4863	4	5661	10	4	43	174	176	79	2	3	3	22	0	2	9	42	49	4,77	5882
6	29jan109	Kerlagad R82.23.7.37	2102	876	197922	2242	259666	1265	507	1048	671	2379	0	8316	8	0	31	79	276	100	2	4	2	10	0	6	6	21	73	3,55	3050
6	29jan110	Kerlagad R82.23.7.38	1296	906	196108	1470	259125	343	365	1282	828	3241	0	13570	4	0	61	142	201	291	0	0	1	55	0	2	5	18	77	3,91	4069
6	29jan111	Kerlagad R82.23.7.39	3840	1491	190862	11762	251504	1067	2955	699	770	3812	0	7277	16	2	198	289	264	283	1	14	0	6	0	0	6	32	61	4,95	4582
6	29jan112	Kerlagad R82.23.7.40	2194	712	197657	518	258758	738	296	1975	645	3840	0	11619	3	0	48	130	228	137	0	4	0	61	0	2	4	24	72	5,95	4485
6	29jan113	Kerlagad R82.23.7.41	1460	761	195697	6720	253970	726	600	1335	386	3594	0	12584	8	7	76	138	197	479	2	3	0	8	3	3	2	22	76	9,31	3980
6	29jan114	Kerlagad R82.23.7.42	3530	1360	179739	8562	238276	1830	1010	1901	919	3111	0	10575	11	9	82	279	151	81	2	0	4	33	2	0	6	21	72	3,39	4030
6	29jan115	Kerlagad R82.23.7.43	2546	787	195460	3549	257211	928	1491	394	878	4769	0	8912	13	3	83	238	314	313	0	11	0	10	0	12	6	33	61	5,43	5647
6	29jan116	Kerlagad R82.23.7.44	8643	1385	192034	5495	252507	2594	994	828	560	4556	1	8939	10	1	54	97	73	410	4	0	0	48	0	12	4	32	64	8,14	5116
6	29jan117	Kerlagad R82.23.7.45	963	658	198634	314	259731	382	348	1217	605	3027	0	12165	10	0	26	167	94	98	0	3	3	46	0	22	4	19	77	5	3632
6	29jan118	Kerlagad R82.23.7.46	1313	452	200309	680	260311	994	380	381	1236	7331	1	2667	3	3	10	202	131	70	2	3	0	6	0	0	11	65	24	5,93	8567
6	29jan119	Kerlagad R82.23.7.47	1657	604	193312	706	257935	587	421	1376	702	2243	0	21215	7	0	55	128	238	263	7	0	0	130	3	4	3	9	88	3,2	2945
6	29jan120	Kerlagad R82.23.7.48	4495	1400	193431	3812	252058	2284	600	729	720	2171	0	18701	16	0	13	164	82	212	0	3	0	90	4	0	3	10	87	3,02	2891
		min	668	234	179739	0	238276	279	163	186	386	1643	0	2068	0	0	6	49	43	22	0	0	0	0	0	0	2	9	24	1,64	2114
		max	8662	2381	202875	16137	262304	4198	2955	3035	1545	7331	25	28490	22	11	509	477	484	479	11	37	8	188	8	26	16	65	89	10,54	8567
	N=87	**X**	2354	924	196999	3140	257151	1201	553	1033	911	4119	4	8028	8	2	50	187	156	151	2	4	1	43	1	4	8	35	58	4,76	5030
		σ	1545	398	4485	3429	4738	824	387	635	266	1503	6	5309	6	2	62	80	100	92	2	6	2	44	2	5	3	13	15	1,88	1609
		δ%	66	43	2	109	2	69	70	61	29	36	177	66	76	128	125	43	65	61	140	143	171	104	173	125	40	38	26	39,38	32

Kervilor

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1	20jui027	Kervilor (56)	4761	4090	190158	22170	240122	2343	944	1637	6380	1357	6	40715	59	0	140	102	102	625	0	4	0	29	0	8	13	3	84	0,21	7737
1	20jui028	Kervilor (56)	3639	1307	187175	9232	242925	1878	712	1356	4973	1442	0	30418	42	0	106	79	94	523	16	0	5	35	0	0	14	4	83	0,29	6415
1	20jui029	Kervilor (56)	3784	1823	185489	12309	239521	2265	674	1414	5572	1626	0	32162	47	6	102	81	93	566	15	9	2	19	0	8	14	4	82	0,29	7198
1	20jui030	Kervilor (56)	1773	1034	191815	7340	252398	849	919	1834	1959	2032	20	17939	29	6	36	33	29	833	9	134	3	20	7	28	9	9	82	1,04	3991
1	20jui031	Kervilor (56)	1727	1433	193666	7373	253144	896	260	1482	1936	1814	0	16825	28	2	43	35	24	754	0	6	4	21	3	0	9	9	82	0,94	3750
1	20jui032	Kervilor (56)	1811	2085	189323	14429	247909	1092	2442	1777	1488	1992	22	14013	16	0	67	48	28	903	8	783	0	13	0	30	9	11	80	1,34	3480
1	20jui033	Kervilor (56)	1435	2096	193928	15213	253684	722	439	124	2047	2395	3	4114	18	0	73	41	68	649	0	7	0	7	0	22	24	28	48	1,17	4442
1	20jui034	Kervilor (56)	1436	2052	194451	16532	251979	839	225	171	1922	2277	3	3761	15	3	41	38	73	627	2	3	0	0	0	7	24	29	47	1,18	4199
1	20jui035	Kervilor (56)	1371	965	200511	7656	256116	955	688	142	2003	2366	0	3769	16	16	61	30	75	682	0	55	4	9	8	0	25	29	46	1,18	4369
1	20jui036	Kervilor (56)	2278	1104	178638	11010	244098	650	382	1614	1825	2472	0	43232	68	0	69	44	87	1143	3	0	3	75	0	14	4	5	91	1,35	4297
1	20jui037	Kervilor (56)	2540	2259	174713	16635	241526	604	455	1484	1965	2227	0	41944	41	0	117	71	86	809	0	24	4	54	0	21	4	5	91	1,13	4192
1	20jui038	Kervilor (56)	4017	3250	174044	14368	241044	672	554	1561	1931	2423	0	43598	36	0	63	42	89	946	0	133	0	83	0	0	4	5	91	1,25	4354
1	20jui039	Kervilor (56)	1540	1826	196992	9212	254007	902	355	915	3415	2243	0	6957	9	0	28	32	35	280	15	1	5	14	2	37	27	18	55	0,66	5658
1	20jui040	Kervilor (56)	1698	1516	193906	13425	249694	1196	378	1208	3465	2634	0	9790	18	6	32	36	58	393	20	17	9	17	0	46	22	17	62	0,76	6099
1	20jui041	Kervilor (56)	2796	3093	187996	25920	239387	1850	552	1124	5652	3660	0	9079	24	6	30	50	68	410	0	4	0	9	0	46	31	20	49	0,65	9312
1	20jui042	Kervilor (56)	2173	2169	191391	10569	253973	990	388	936	1399	3116	0	12308	17	3	47	41	212	1224	1	4	0	8	0	14	8	19	73	2,23	4515
1	20jui043	Kervilor (56)	2690	2677	190361	13550	251457	1499	661	913	1851	3124	0	9093	0	0	56	58	259	1230	2	0	4	10	4	0	13	22	65	1,69	4975
1	20jui044	Kervilor (56)	2229	2765	193015	11288	253218	1194	801	504	1921	2936	0	7541	17	3	51	52	238	1221	0	2	2	0	0	17	15	24	61	1,53	4857
1	20jui045	Kervilor (56)	2893	3658	163280	17986	236486	1140	1709	1234	1849	1484	0	59237	28	0	106	61	57	1452	0	84	0	48	0	3	3	2	95	0,8	3333
1	20jui046	Kervilor (56)	1769	2146	190334	10988	254164	752	132	309	3292	1227	0	15073	0	0	40	27	58	1214	7	0	0	0	7	5	17	6	77	0,37	4519
1	20jui047	Kervilor (56)	2635	3119	179854	14408	243009	917	315	954	3033	1586	0	39021	66	2	59	32	86	1562	0	2	0	4	0	7	7	4	89	0,52	4619
1	20jui048	Kervilor (56)	2334	1757	191777	6986	253915	1012	345	851	1675	2354	0	17641	23	2	158	62	50	625	7	12	29	23	0	28	8	11	81	1,41	4029

Kervilor

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1	20jui049	Kervilor (56)	1054	904	193646	3625	258841	362	307	672	1791	2143	0	15526	22	0	102	36	50	500	0	3	13	0	6	35	9	11	80	1,2	3934
1	20jui050	Kervilor (56)	1962	2232	187546	13576	250916	811	550	915	1611	2602	0	17888	32	0	181	49	58	673	5	42	17	29	0	11	7	12	81	1,62	4213
1	20jui051	Kervilor (56)	1765	1977	193381	15026	254255	792	683	288	2660	928	0	4562	1	0	52	53	20	238	3	18	12	6	0	80	33	11	56	0,35	3588
1	20jui052	Kervilor (56)	1624	2363	193978	13094	253473	655	1113	208	2667	980	6	4649	5	6	83	119	11	219	5	3	8	0	0	41	32	12	56	0,37	3647
1	20jui053	Kervilor (56)	2873	2309	194697	13182	253922	905	705	216	2795	1015	24	4666	24	5	33	52	14	220	0	57	0	0	6	66	33	12	55	0,36	3810
1	20jui056	Kervilor (56)	1700	2021	186549	16612	247192	1137	890	1170	2251	3234	0	16131	40	26	129	60	182	1350	0	118	31	70	0	39	10	15	75	1,44	5485
1	20jui057	Kervilor (56)	2084	1725	186744	16391	249070	1121	325	1092	2352	3145	22	15136	61	25	123	43	165	1213	8	8	7	28	0	6	11	15	73	1,34	5497
1	20jui058	Kervilor (56)	2229	1930	187481	12880	251693	840	141	903	2911	2918	32	16911	13	0	66	31	133	978	11	5	15	0	6	27	13	13	74	1	5829
1	20jui059	Kervilor (56)	2296	3020	188924	21323	196887	1408	61061	3212	1084	2248	120	13465	60	19	289	117	174	1769	0	7572	0	130	5	37	6	13	80	2,07	3332
1	20jui060	Kervilor (56)	4512	3472	182038	14201	244988	1883	1063	1609	1416	2950	0	22360	53	0	72	89	84	1749	6	12	4	16	5	13	5	11	84	2,08	4366
1	20jui061	Kervilor (56)	3516	2752	191599	14302	256598	1616	1096	1784	1856	3697	0	29113	56	1	147	165	129	2583	11	6	0	20	0	44	5	11	84	1,99	5553
1	20jui062	Kervilor (56)	3568	2457	180650	13920	243883	1752	761	2259	1692	3621	40	29924	0	0	83	87	143	2541	20	10	5	0	0	90	5	10	85	2,14	5313
1	20jui063	Kervilor (56)	3221	2647	182493	16639	243572	1736	2131	1294	2219	1029	4	26402	74	8	85	88	86	694	0	112	0	55	19	0	7	3	89	0,46	3248
1	20jui065	Kervilor (56)	6487	4279	173998	32476	225611	4358	3337	1249	2513	992	29	25013	42	18	303	210	91	704	35	0	0	26	0	0	9	3	88	0,39	3505
1	20jui066	Kervilor (56)	2820	1811	176783	7827	240934	1027	732	1804	2249	786	0	54471	41	0	71	79	60	889	0	0	5	63	0	0	4	1	95	0,35	3035
8	22jan039	Kervilor R82.1.27.1	4180	2760	193108	0	237473	1260	1613	1211	1460	2580	0	40138	0	5	95	208	125	1759	0	10	1	0	0	0	3	6	91	1,77	4040
8	22jan040	Kervilor R82.1.27.2	4102	2939	189450	0	237767	1181	742	1721	4159	2552	0	45641	0	0	185	356	32	1694	1	13	15	72	13	0	8	5	87	0,61	6711
10	15fev005	Kervilor IM 0274	1263	0	211372	0	241027	575	538	1643	2530	2838	0	22094	6	0	41	57	119	523	1	11	10	29	0	7	9	10	80	1,12	5368
		min	1054	0	163280	0	196887	362	132	124	1084	786	0	3761	0	0	28	27	11	219	0	0	0	0	0	0	3	1	46	0,21	3035
		max	6487	4279	211372	32476	258841	4358	61061	3212	6380	3697	120	59237	74	26	303	356	259	2583	35	7572	31	130	19	90	33	29	95	2,23	9312
	N=40	**X**	2615	2246	188181	12842	246047	1216	2303	1170	2544	2226	8	22058	29	4	92	75	91	974	5	232	5	26	2	21	13	11	76	1,07	4770
		σ	1155	884	8445	6410	10723	692	9551	645	1236	815	21	15120	22	7	63	63	60	577	8	1197	7	29	4	23	9	7	14	0,59	1335
		δ%	44	39	4	50	4	57	415	55	49	37	254	69	75	165	69	84	66	59	145	516	138	112	182	109	70	65	19	55,46	28

Luffang

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
2	27nov004	LUF5a	1924	373	202869	657	259777	772	266	1329	971	3851	0	4205	21	4	16	112	142	90	0	2	0	11	2	2	11	43	47	3,97	4822
2	27nov005	LUF5b	2951	1914	198496	7908	254647	953	287	1639	986	3960	0	4263	8	4	19	125	140	102	3	0	0	83	0	0	11	43	46	4,02	4946
2	27nov006	LUF5c	441	0	204171	0	261441	382	233	867	1051	3673	0	3306	14	0	19	160	184	111	6	0	1	50	8	5	13	46	41	3,49	4724
2	27nov007	LUF4a	2165	2420	199460	12929	251478	609	268	1070	697	1853	0	3928	21	9	26	183	98	31	0	3	2	5	1	7	11	29	61	2,66	2550
2	27nov008	LUF4b	2294	1172	200285	10106	252266	1059	422	1659	974	2011	0	5088	17	1	31	258	95	29	3	7	5	12	0	5	12	25	63	2,06	2985
2	27nov009	LUF4c	2878	1735	173580	55144	228422	1510	582	1692	882	2695	0	7612	22	5	33	394	105	43	0	13	5	21	10	3	8	24	68	3,06	3577
2	27nov010	LUF3a	10788	3841	188485	25538	235371	4143	1251	651	957	2436	0	6040	28	7	73	401	39	125	8	2	0	17	3	1	10	26	64	2,55	3393
2	27nov011	LUF3b	11085	5589	187981	27054	234811	3355	1062	583	802	1998	1	4885	17	4	49	420	34	97	8	4	0	5	0	2	10	26	64	2,49	2800
2	27nov012	LUF3c	13963	4705	182020	32881	228020	5193	2197	573	791	2084	5	6643	27	12	113	575	35	125	10	9	0	21	5	2	8	22	70	2,63	2875
6	28jan047	Luffang R81.16.81.1 pt1	1557	782	199680	0	261050	725	352	1800	851	4135	0	5943	7	4	32	332	174	135	6	4	0	164	0	0	8	38	54	4,86	4986
6	28jan048	Luffang R81.16.81.1 pt2	1713	772	199843	0	260447	734	323	2042	751	4263	8	6040	11	0	32	359	182	140	0	3	2	130	3	4	7	39	55	5,68	5014
6	28jan049	Luffang R81.16.81.1 pt3	2131	551	197374	2252	259150	1004	541	2127	715	4216	21	7717	13	0	47	565	187	128	3	4	4	171	3	14	6	33	61	5,9	4931
6	28jan050	Luffang R81.16.81.2 pt1	901	1061	200041	6735	256776	717	362	923	958	2128	12	4610	7	4	27	194	98	38	2	0	0	6	4	3	12	28	60	2,22	3086
6	28jan051	Luffang R81.16.81.2 pt2	1733	925	199131	7476	256287	788	753	894	776	2181	0	4709	10	3	29	188	96	45	0	4	0	11	0	4	10	28	61	2,81	2957
6	28jan052	Luffang R81.16.81.2 pt3	525	455	204123	278	262496	348	178	629	672	1591	0	3497	8	3	14	118	82	32	0	2	0	4	6	2	12	28	61	2,37	2263
6	28jan053	Luffang R81.16.81.3 pt1	4561	1300	197842	7686	254098	1636	1003	388	938	2052	10	4193	24	66	135	193	41	82	4	4	0	6	7	0	13	29	58	2,19	2990
6	28jan054	Luffang R81.16.81.3 pt2	3695	1433	199939	6143	253802	1333	1104	532	1043	2215	1	4678	21	15	120	151	42	107	0	0	1	9	2	2	13	28	59	2,12	3258
6	28jan055	Luffang R81.16.81.3 pt3	6578	1851	195537	13635	245518	2506	1979	508	1075	2308	10	4997	7	20	266	272	39	106	3	1	0	26	0	0	13	28	60	2,15	3383
6	29jan002	Luffang R81.16.81.4 pt1	1967	461	199955	16	260817	755	355	1547	1632	3882	0	3966	11	0	18	257	119	100	2	2	3	51	0	6	17	41	42	2,38	5514
6	29jan003	Luffang R81.16.81.4 pt2	1181	718	201318	103	261433	652	256	1620	1557	3624	3	3813	0	3	15	183	94	86	0	3	0	41	0	6	17	40	42	2,33	5181
6	29jan004	Luffang R81.16.81.4 pt3	1519	437	200462	2160	260036	771	270	1408	1201	2703	0	3286	0	2	13	114	73	69	2	1	0	46	2	7	17	38	46	2,25	3904
6	29jan005	Luffang R81.16.81.5 pt1	1116	808	202102	0	261823	683	297	1240	620	2715	2	4740	12	0	25	202	122	100	1	2	5	41	0	7	8	34	59	4,38	3335
6	29jan006	Luffang R81.16.81.5 pt2	1288	542	200403	0	246192	5962	1257	1107	674	2477	2	5000	0	4	38	179	150	116	7	26	5	26	5	8	8	30	61	3,68	3151
6	29jan007	Luffang R81.16.81.5 pt3	1055	790	202039	416	261809	531	242	1088	523	2565	0	4744	7	2	25	171	131	103	1	0	0	31	0	9	7	33	61	4,9	3088
6	29jan008	Luffang R81.16.81.6 pt1	797	519	198873	0	260330	440	314	632	1369	2873	0	11868	22	2	77	268	273	109	0	50	5	9	0	4	8	18	74	2,1	4242
6	29jan009	Luffang R81.16.81.6 pt2	1670	992	196150	2606	258212	677	344	688	1251	2632	0	12013	0	1	109	406	334	104	0	14	4	7	0	6	8	17	76	2,1	3883
6	29jan010	Luffang R81.16.81.6 pt3	1452	536	198310	1014	260100	550	310	666	1306	2725	3	10403	13	2	102	351	333	111	0	0	3	14	0	15	9	19	72	2,09	4031
6	29jan011	Luffang R81.16.81.7 pt1	2289	1107	200202	5090	257516	730	354	498	666	3867	25	3066	4	1	23	159	76	156	1	0	0	18	3	0	9	51	40	5,81	4533
6	29jan012	Luffang R81.16.81.7 pt2	2085	834	201805	3604	259068	521	204	452	677	4205	21	2455	12	5	15	96	60	148	0	2	0	19	0	4	9	57	33	6,21	4882
6	29jan013	Luffang R81.16.81.7 pt3	1522	504	202083	1759	261070	553	306	370	681	4539	17	2226	16	5	14	129	51	121	3	0	1	15	0	0	9	61	30	6,67	5220
6	29jan014	Luffang R81.16.81.8 pt1	921	746	202074	0	261710	531	306	373	540	3788	0	4720	9	0	21	174	178	81	0	2	7	42	0	10	6	42	52	7,01	4328
6	29jan015	Luffang R81.16.81.8 pt2	903	616	203117	0	262518	502	194	328	501	2908	0	3527	0	0	16	114	149	70	2	0	0	42	0	4	7	42	51	5,8	3409
6	29jan016	Luffang R81.16.81.8 pt3	1049	820	201937	0	261880	417	352	373	534	3465	9	4890	17	2	20	167	179	86	2	2	0	52	0	2	6	39	55	6,49	3999
6	29jan017	Luffang R81.16.81.9 pt1	1782	755	201042	9758	252934	910	703	394	510	3357	5	4722	3	4	48	104	201	205	0	3	0	13	3	5	6	39	55	6,58	3867
6	29jan018	Luffang R81.16.81.9 pt2	2173	825	200118	7736	254101	1098	770	468	601	3860	8	5608	12	2	55	127	210	236	2	4	2	18	0	0	6	38	56	6,42	4461
6	29jan019	Luffang R81.16.81.9 pt3	1327	757	202480	7841	254660	699	416	283	454	2513	8	4601	8	6	50	70	214	207	1	0	0	8	0	3	6	33	61	5,54	2967
		min	441	0	173580	0	228020	348	178	283	454	1591	0	2226	0	0	13	70	34	29	0	0	0	4	0	0	6	17	30	2,06	2263
		max	13963	5589	204171	55144	262518	5962	2197	2127	1632	4539	25	12013	28	66	266	575	334	236	10	50	7	171	10	15	17	61	76	7,01	5514
	N=36	**X**	2722	1212	198481	7181	254780	1243	567	929	866	3010	5	5222	12	6	49	230	132	105	2	5	2	35	2	4	10	34	56	3,89	3876
		σ	3078	1192	6223	11517	9405	1336	484	544	298	845	7	2258	8	11	50	129	78	48	3	9	2	41	3	4	3	10	11	1,74	890
		δ%	113	98	3	160	4	107	85	59	34	28	146	43	66	200	103	56	59	45	123	193	138	119	143	88	33	30	19	44,82	23

Mané Lud

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
8	22jan007	Mané Lud R82.9.17.1	5018	2389	194922	0	246297	1736	867	1622	1466	1522	0	28764	0	0	25	92	39	885	0	4	7	63	3	3	5	5	91	1,04	2988
8	22jan008	Mané Lud R82.9.17.1 b	4354	2496	195495	0	247649	1578	800	1704	1452	1486	0	27736	0	0	25	105	39	936	0	19	1	87	2	2	5	5	90	1,02	2938
8	22jan009	Mané Lud R82.9.17.2	1735	1874	209117	0	256911	301	169	586	648	1671	10	3436	3	3	14	142	67	65	2	0	0	10	2	0	11	29	60	2,58	2319
8	22jan010	Mané Lud R82.9.17.3	7944	2654	200373	5980	248879	2109	1312	1011	648	3652	15	4495	17	6	91	197	227	99	4	5	0	15	3	3	7	42	51	5,64	4300
8	22jan011	Mané Lud R82.9.17.4	7796	2432	198709	3778	249450	1677	2714	1288	881	4609	14	5558	14	22	136	379	369	142	0	6	3	12	0	0	8	42	50	5,23	5490
8	22jan012	Mané Lud R82.9.17.5	4127	2001	206069	0	255761	707	529	709	803	1266	0	5508	6	3	90	168	67	99	0	0	4	75	0	0	11	17	73	1,58	2069
8	22jan013	Mané Lud R82.9.17.6	4013	2383	203420	0	254807	1260	862	1050	753	4834	17	5030	6	0	26	139	63	83	2	11	17	159	0	2	7	46	47	6,42	5587
8	22jan014	Mané Lud R82.9.17.7	4382	2210	197525	0	251019	887	670	2037	657	5937	0	17644	0	0	55	252	161	210	0	7	1	22	0	8	3	24	73	9,04	6594
8	22jan015	Mané Lud R82.9.17.8	3525	1771	203208	0	234783	8780	1164	724	1166	3004	0	6747	6	1	24	164	148	157	24	59	6	23	0	11	11	28	62	2,58	4170
8	22jan016	Mané Lud R82.9.17.9	7786	2111	194643	0	244791	2274	2075	1208	2218	3122	0	25488	0	13	213	503	70	427	0	20	5	194	0	0	7	10	83	1,41	5340
8	22jan017	Mané Lud R82.9.17.10	3408	2362	201515	0	252101	812	734	1088	954	3214	0	14278	0	1	70	272	161	299	3	7	0	81	0	3	5	17	77	3,37	4168
8	22jan018	Mané Lud R82.9.17.11	4397	1471	203112	32	255263	971	1081	822	692	4460	17	7258	4	5	93	190	80	76	0	9	4	155	3	6	6	36	58	6,45	5152
8	22jan019	Mané Lud R82.9.17.12	3105	2742	198343	0	251962	454	137	649	805	3421	0	20657	0	0	11	52	69	1793	4	1	7	16	0	13	3	14	83	4,25	4226
8	22jan021	Mané Lud R82.9.17.14	2583	2034	204831	0	256155	1044	980	693	734	3207	0	5524	13	5	24	120	175	47	0	11	0	56	0	3	8	34	58	4,37	3941
8	22jan022	Mané Lud R82.9.17.15	6035	2066	201993	0	253850	1238	2862	1350	950	5463	32	3458	13	5	56	294	197	157	3	20	0	12	0	7	10	55	35	5,75	6413
8	22jan023	Mané Lud R82.9.17.16	2600	2125	201209	0	253968	532	251	2896	956	4847	0	10332	7	0	23	174	185	169	0	1	0	16	6	2	6	30	64	5,07	5803
8	22jan024	Mané Lud R82.9.17.17	5136	1675	193593	18704	239245	1867	4227	1976	770	4513	0	9485	0	6	92	158	128	75	3	21	4	333	0	0	5	31	64	5,86	5283
8	22jan025	Mané Lud R82.9.17.18	4316	1896	202005	0	253536	923	645	1313	846	7009	10	7348	4	5	56	157	170	155	0	6	0	63	5	0	6	46	48	8,28	7855
8	22jan026	Mané Lud R82.9.17.19	4966	1574	206580	0	253363	1685	473	1047	706	3254	0	5707	5	5	26	198	162	129	3	8	0	28	0	6	7	34	59	4,61	3960
8	22jan027	Mané Lud R82.9.17.20	4284	1444	198008	4944	251979	1243	1076	2404	1254	3078	0	10791	7	8	98	145	106	83	4	2	2	153	0	12	8	20	71	2,45	4332
8	22jan028	Mané Lud R82.9.17.21	2195	1804	202192	0	254610	757	318	1054	710	4476	0	10788	11	0	54	222	204	126	0	0	0	40	0	0	4	28	68	6,3	5186
8	22jan029	Mané Lud R82.9.17.22	2960	1846	202417	0	254546	1060	561	2206	1654	3950	0	8309	0	4	39	119	281	169	2	8	6	60	7	2	12	28	60	2,39	5604
8	22jan030	Mané Lud R82.9.17.23	6298	2575	192952	0	240634	2467	685	4437	1747	5060	0	32171	0	1	31	284	236	152	0	1	0	200	11	9	4	13	83	2,9	6807
8	22jan031	Mané Lud R82.9.17.24	5424	2511	198343	0	250873	1415	540	3229	694	6791	0	12858	0	2	79	117	332	360	4	0	0	104	4	1	3	33	63	9,79	7485
8	22jan032	Mané Lud R82.9.17.25	3622	1780	202098	0	255228	1302	405	1118	1433	6555	19	5979	0	2	46	155	393	184	0	0	0	13	5	0	10	47	43	4,57	7988
16	15jan041	Mané Lud R 82.9.15	1687	1365	169310	7951	226280	2298	1753	2116	1323	1370	0	85064	0	0	54	130	64	604	89	50	0	142	6	43	2	2	97	1,04	2693
16	15jan042	Mané er Lud (Le Rouzic) perle	5150	1377	195552	10724	243635	2005	1759	2280	1121	4171	30	13112	0	2	81	88	172	126	8	7	0	69	4	0	6	23	71	3,72	5292
16	15jan043	Mané er Lud (Le Rouzic) éclat	3068	1630	189315	5499	244857	801	516	1456	942	1325	0	34899	0	0	25	32	74	1414	33	0	4	26	0	0	3	4	94	1,41	2267
		min	1687	1365	169310	0	226280	301	137	586	648	1266	0	3436	0	0	11	32	39	47	0	0	0	10	0	0	2	2	35	1,02	2069
		max	7944	2742	209117	18704	256911	8780	4227	4437	2218	7009	32	85064	17	22	213	503	393	1793	89	59	17	333	11	43	12	55	97	9,79	7988
	N=28	**X**	4354	2021	198816	2058	249373	1578	1077	1574	1035	3831	6	15301	4	4	59	180	159	329	7	10	3	80	2	5	7	26	67	4,25	4866
		σ	1706	408	7365	4364	7223	1529	933	893	399	1682	10	16487	5	5	44	99	97	428	18	14	4	77	3	8	3	14	16	2,45	1661
		δ%	39	20	4	212	3	97	87	57	39	44	165	108	126	135	74	55	61	130	264	140	149	97	133	175	43	55	24	57,55	34

Mane-er-Hroëck

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
9	22oct004	MeH IM 0759	6647	3475	207172	0	243870	1210	878	2236	2232	2896	0	12587	19	6	74	114	247	512	6	6	13	4	0	26	13	16	71	1,3	5128
9	22oct005	MeH IM 0759	9868	3740	206087	0	240084	2336	1216	1826	2080	2961	5	14272	5	9	100	206	198	587	3	0	21	19	0	24	11	15	74	1,42	5041
9	22oct006	MeH IM 0756	5857	4373	198579	0	240325	540	423	1491	938	1563	0	34929	0	6	58	102	160	1055	1	2	2	58	0	2	3	4	93	1,67	2501
9	22oct007	MeH IM 0757	7979	3043	207906	0	242776	1457	475	1299	1585	2617	0	14789	18	4	69	83	92	865	1	8	8	31	9	20	8	14	78	1,65	4202
9	22oct008	MeH IM 0758	7399	2895	202892	0	238150	868	2840	322	552	1593	0	21737	17	3	123	118	561	1865	0	0	0	12	0	11	2	7	91	2,89	2145
9	22oct009	MeH IM 0760	7714	3626	206726	0	240318	472	2583	1529	561	931	0	13992	16	7	104	139	23	570	0	9	16	25	8	12	4	6	90	1,66	1492
9	22oct010	MeH IM 0761	4962	3064	210342	0	244290	410	253	664	1707	1413	0	15688	14	2	62	69	56	782	0	7	12	3	2	7	9	8	83	0,83	3120
9	22oct011	MeH IM 0762	6937	2282	206320	0	243390	816	528	1295	2741	4191	8	16033	0	6	53	101	146	638	0	19	18	34	10	20	12	18	70	1,53	6932
9	22oct012	MeH IM 0763	6050	3266	209248	0	242699	525	399	646	1584	2419	0	17574	9	5	43	45	63	1004	3	0	10	6	0	4	7	11	81	1,53	4003
9	22oct013	MeH IM 0755	7487	1855	206050	4976	231067	1059	3852	977	1318	2555	0	28495	4	44	186	90	382	856	4	23	14	39	7	32	4	8	88	1,94	3873
9	22oct015	MeH IM 0764-01	5930	2942	201227	0	238493	1151	1283	844	767	1070	0	35259	7	9	75	103	48	888	0	3	0	41	0	7	2	3	95	1,4	1837
9	22oct016	MeH IM 0764-02	7255	3102	207499	0	243338	1693	437	1029	1588	1398	0	17102	0	8	48	71	39	1097	0	0	6	59	0	16	8	7	85	0,88	2986
9	22oct017	MeH IM 0764-03	8648	2558	204185	0	238474	2444	1141	1575	832	1612	0	26435	2	10	70	131	42	896	0	10	0	157	0	3	3	6	92	1,94	2444
9	22oct018	MeH IM 0764-04	6638	3278	207647	0	242428	1912	974	545	1778	1480	0	18516	0	11	35	92	316	1743	2	1	3	30	0	13	8	7	85	0,83	3258
9	22oct019	MeH IM 0764-05	5518	2012	205680	0	241878	1506	723	1130	804	937	0	26032	10	6	62	82	35	350	0	0	10	63	0	26	3	3	94	1,17	1741
9	22oct020	MeH IM 0764-06	6670	2894	211805	0	245080	915	158	205	2114	2308	4	10234	11	5	17	24	50	1865	0	0	0	6	0	19	14	16	70	1,09	4422
9	22oct021	MeH IM 0764-07	5622	2718	207464	0	239341	1168	455	1188	1912	2410	0	25005	5	1	186	62	459	1100	1	3	7	6	0	0	7	8	85	1,26	4322
9	22oct022	MeH IM 0764-08	4952	2734	209286	0	241041	905	459	928	1439	1258	0	22359	0	1	43	73	18	446	5	2	2	11	3	6	6	5	89	0,87	2697
9	22oct023	MeH IM 0764-09	8098	2777	193372	0	232813	1570	1030	2232	1385	2102	0	49803	0	12	77	93	55	2341	0	9	12	61	13	20	3	4	93	1,52	3487
9	22oct024	MeH IM 0764-10	4328	2788	212662	0	246339	1030	247	998	835	1079	0	11498	14	7	34	50	37	422	0	4	10	11	0	9	6	8	86	1,29	1914
9	22oct025	MeH IM 0764-11	6777	3569	189114	0	242139	1662	1108	4759	702	2082	0	37243	0	18	167	163	161	612	2	3	10	117	0	24	2	5	93	2,97	2784
9	22oct026	MeH IM 0764-12	8654	2528	205943	0	241726	1410	919	1098	2231	1326	0	19236	7	21	199	147	54	498	0	6	11	7	0	23	10	6	84	0,59	3557
9	22oct027	MeH IM 0764-13	5775	2689	210226	0	243697	980	184	1150	735	1107	0	17286	0	1	25	44	40	441	6	0	11	12	0	5	4	6	90	1,51	1842
9	22oct028	MeH IM 0764-14	5618	2930	208992	0	245052	1278	640	756	1432	1146	0	14987	3	11	32	69	35	275	2	3	0	15	0	7	8	7	85	0,8	2578
9	22oct029	MeH IM 0764-15	4508	3144	208169	0	243906	641	305	1640	2278	2359	0	15948	4	18	31	38	45	360	1	0	6	6	0	4	11	11	77	1,04	4637
9	22oct030	MeH IM 0764-16	5760	2754	209554	0	244294	1139	1053	381	2087	1044	0	15315	14	10	32	70	40	580	3	3	7	13	2	14	11	6	83	0,5	3131
9	22oct031	MeH IM 0764-17	5258	3012	209108	0	243860	1268	494	646	1132	881	0	17737	0	9	42	82	42	548	0	0	7	15	0	8	6	4	90	0,78	2013
9	22oct032	MeH IM 0764-18	7651	2808	214820	0	245059	1042	589	540	1520	948	0	6205	13	4	54	76	53	918	0	1	10	0	0	11	18	11	72	0,62	2468
9	22oct033	MeH IM 0764-19	4928	2848	210970	0	244307	410	0	499	1572	957	0	17160	17	3	24	37	44	494	0	0	3	8	2	0	8	5	87	0,61	2529
9	22oct034	MeH IM 0764-20	6241	2367	211879	0	242471	790	174	456	1291	2124	0	16637	0	5	28	16	117	864	0	4	8	8	0	8	6	11	83	1,65	3415

Mane-er-Hroëck

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
9	22oct035	MeH IM 0764-21	5517	2895	207578	0	243001	1276	1216	872	1083	1435	0	18452	9	12	70	87	49	682	7	4	0	26	0	18	5	7	88	1,33	2518
9	22oct036	MeH IM 0764-22	8231	1997	208492	1189	240315	1426	1193	967	906	1180	0	17212	0	8	123	76	111	658	8	46	5	11	0	11	5	6	89	1,3	2086
9	22oct037	MeH IM 0764-22bis	6820	1772	210281	0	241382	1026	1187	1088	927	1205	0	17922	10	12	132	91	108	685	5	50	4	6	0	15	5	6	89	1,3	2132
9	22oct038	MeH IM 0764-23	6519	1781	206301	0	241172	773	2364	1063	856	1637	0	23068	0	4	27	44	66	916	0	8	16	42	0	8	3	6	90	1,91	2493
9	22oct039	MeH IM 0764-24	5175	2151	204203	0	239132	730	1096	2160	841	1588	0	29444	0	5	47	55	70	962	2	4	13	37	11	13	3	5	92	1,89	2429
9	22oct040	MeH IM 0764-25	5139	2720	211347	0	244977	694	529	423	4318	696	0	11560	21	1	36	26	26	492	0	7	0	5	0	9	26	4	70	0,16	5014
9	22oct041	MeH IM 0764-26	6219	2918	208915	0	245533	981	433	1205	1476	1426	0	12857	14	9	48	59	122	769	0	16	8	10	0	12	9	9	82	0,97	2902
9	22oct042	MeH IM 0764-27	6671	2406	205377	0	241458	1458	995	2015	2191	1627	0	19472	15	9	97	129	43	529	6	10	6	70	0	9	9	7	84	0,74	3818
9	22oct043	MeH IM 0764-28	4117	3199	211462	0	240424	1132	719	344	1240	1178	0	21335	0	12	63	88	45	630	0	3	12	3	0	11	5	5	90	0,95	2418
9	22oct044	MeH IM 0764-29	7267	3029	205991	6907	238803	1474	1135	664	1298	1407	0	14872	18	20	60	70	43	924	0	0	5	32	5	4	7	8	85	1,08	2705
9	22oct045	MeH IM 0764-30	6458	3236	207960	0	243157	783	462	1177	1278	1044	0	18869	4	6	35	47	104	1020	0	0	0	23	0	21	6	5	89	0,82	2322
9	22oct046	MeH IM 0764-31	8491	2998	199201	0	234070	1754	2126	885	1919	1422	0	37729	3	7	138	122	116	892	0	3	15	0	0	17	5	3	92	0,74	3341
9	22oct047	MeH IM 0764-32	5033	2500	213300	0	244878	838	220	514	703	606	0	13277	0	0	50	67	16	269	0	10	8	4	0	10	5	4	91	0,86	1309
9	22oct048	MeH IM 0764-33	4202	2926	212394	0	246056	1144	665	776	1032	1006	0	12077	35	10	120	110	28	462	0	10	13	35	2	10	7	7	86	0,97	2038
9	22oct049	MeH IM 0764-34	6837	2858	204751	0	242450	1819	807	1236	2705	2020	0	18905	17	11	180	109	194	685	2	16	14	86	7	0	11	9	80	0,75	4725
9	22oct050	MeH IM 0764-35	6566	3052	212415	0	239851	827	4162	904	565	1193	0	14736	13	4	158	99	41	1296	0	3328	108	7	8	11	3	7	89	2,11	1758
9	22oct051	MeH IM 0764-36	4848	3439	212555	0	242826	635	14	374	528	989	0	17864	0	0	20	62	18	905	4	4	0	10	0	21	3	5	92	1,87	1517
9	22oct063	MeH IM 0764-37	6837	3183	206544	0	235168	1056	265	1591	821	1485	0	33449	0	0	39	54	86	1318	0	0	9	235	0	19	2	4	94	1,81	2306
9	22oct064	MeH IM 0764-38	7133	2518	215946	0	243052	1145	603	612	1045	1134	3	10298	11	1	65	78	26	443	0	2	6	10	0	15	8	9	83	1,09	2179
9	22oct065	MeH IM 0764-39	8504	2604	204606	0	237280	2084	699	1786	1048	1486	0	28514	18	36	30	79	46	758	0	6	8	121	11	6	3	5	92	1,42	2534
9	22oct066	MeH IM 0764-40	9148	2672	197935	0	230631	1081	471	1604	1337	1821	0	49786	0	0	53	63	82	1291	0	0	0	71	3	14	3	3	94	1,36	3158
9	22oct067	MeH IM 0764-41	6899	2136	214608	0	244242	1038	639	806	1848	475	0	10603	17	3	46	35	23	100	0	2	0	25	3	0	14	4	82	0,26	2323
9	22oct068	MeH IM 0764-42	8119	2756	210405	0	241487	1320	436	1178	1898	2273	0	15440	13	5	32	67	89	1486	6	2	2	6	0	7	10	12	79	1,2	4171
12	22nov005	BM 1875.0403.823 pt 1	2643	0	206259	0	239194	993	726	2754	1826	2757	39	27314	1	0	94	96	281	772	4	3	13	37	0	0	6	9	86	1,51	4583
12	22nov006	BM 1875.0403.823 pt 2	2337	0	201148	0	237898	1050	1272	3601	2150	3347	20	32624	30	6	105	118	336	861	0	7	0	122	0	12	6	9	86	1,56	5497
12	22nov007	BM 1875.0403.823 pt 3	2624	0	200470	0	239300	1144	1103	3089	1794	2770	42	33762	38	2	126	96	324	881	0	5	9	54	0	13	5	7	88	1,54	4564
		min	2337	0	189114	0	230631	410	0	205	528	475	0	6205	0	0	17	16	16	100	0	0	0	0	0	0	2	3	70	0,16	1309
		max	9868	4373	215946	6907	246339	2444	4162	4759	4318	4191	42	49803	38	44	199	206	561	2341	8	3328	108	235	13	32	26	18	95	2,97	6932
	N=56	**X**	6323	2675	207167	233	241258	1148	917	1225	1453	1642	2	20920	9	8	74	82	110	824	2	66	9	35	2	12	7	7	86	1,27	3095
		σ	1601	807	5086	1135	3542	448	840	846	692	747	8	9439	9	8	48	36	119	428	2	444	15	44	4	8	4	3	7	0,55	1191
		δ%	25	30	2	486	1	39	92	69	48	45	371	45	104	101	65	44	108	52	150	677	159	126	180	64	64	47	8	43,26	38

Petit-Mont 1

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	28jan007	Perle Petit Mont 1 pt1	785	713	195996	1199	257431	432	239	553	1362	1261	0	20285	12	0	18	19	54	750	14	3	0	2	0	28	6	6	89	0,93	2623
6	28jan008	Perle PM1 pt2	486	757	199680	971	258501	407	229	351	1570	1259	0	14055	6	0	18	17	63	775	0	0	2	7	6	14	9	7	83	0,8	2829
6	28jan009	Perle PM1 pt3	610	791	199215	552	259010	477	253	286	1924	1310	0	12744	0	0	19	22	80	866	0	4	6	0	0	0	12	8	80	0,68	3234
6	28jan010	perle PM2 pt1	932	1808	197954	7638	253718	614	485	457	846	815	50	11720	0	1	34	16	35	1936	0	7	6	11	7	8	6	6	88	0,96	1661
6	28jan011	perle PM2 pt2	416	861	200003	4722	256394	350	254	354	856	809	14	11666	0	14	25	15	40	2032	0	9	7	13	11	15	6	6	88	0,95	1665
6	28jan012	perle PM2 pt3	1776	1573	195361	6345	253167	810	259	661	800	852	12	17358	4	2	36	21	30	1843	0	2	2	9	0	23	4	4	91	1,07	1652
6	28jan013	perle PM2 pt4	1125	1534	198381	6676	254770	473	693	343	871	820	12	11050	0	4	42	30	37	1994	6	9	0	14	0	0	7	6	87	0,94	1691
		min	416	713	195361	552	253167	350	229	286	800	809	0	11050	0	0	18	15	30	750	0	0	0	0	0	0	4	4	80	0,68	1652
		max	1776	1808	200003	7638	259010	810	693	661	1924	1310	50	20285	12	14	42	30	80	2032	14	9	7	14	11	28	12	8	91	1,07	3234
	N=7	**X**	876	1148	198084	4015	256142	509	345	429	1176	1018	13	14125	3	3	27	20	48	1457	3	5	3	8	3	13	7	6	86	0,9	2194
		σ	469	469	1798	3037	2314	156	178	135	446	243	18	3454	5	5	10	5	18	621	5	4	3	5	5	11	3	1	4	0,12	681
		δ%	54	41	1	76	1	31	52	31	38	24	141	24	146	169	36	25	37	43	189	73	91	67	132	85	35	19	4	13,8	31

Petit-Mont 2

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
6	28jan015	perle PM3 pt1	558	891	194382	227	258542	1543	341	951	1008	2802	0	18964	0	0	33	8	123	69	0	6	2	70	7	0	4	12	83	2,78	3810
6	28jan016	perle PM3 pt2	308	1323	193340	4448	256044	1800	458	1146	1222	3290	0	14882	14	0	33	4	144	62	0	2	0	56	0	10	6	17	77	2,69	4512
6	28jan017	perle PM3 pt3	268	537	194854	1712	257251	1890	366	973	1176	2980	0	18478	8	0	34	6	155	79	2	2	4	59	0	16	5	13	82	2,53	4156
6	28jan018	perle PM5 pt1	1537	1586	195839	10962	251418	1577	245	557	670	2503	0	9152	16	0	20	9	89	94	0	1	0	11	0	8	5	20	74	3,74	3173
6	28jan019	perle PM5 pt2	1287	1442	198117	10086	252428	1358	213	426	493	2037	17	7661	2	2	16	8	74	91	3	2	3	5	0	2	5	20	75	4,13	2530
6	28jan020	perle PM5 pt3	1076	1039	199453	7017	255682	1157	194	365	453	1916	1	6784	11	2	13	12	70	80	2	2	0	8	0	0	5	21	74	4,23	2369
6	28jan021	perle PM4 pt1	1386	1845	187868	16540	248384	4084	1532	1706	1356	4384	0	7994	6	0	30	13	144	113	0	5	0	20	0	2	10	32	58	3,23	5740
6	28jan022	perle PM4 pt2	578	1136	198536	5686	255716	3176	485	1139	1014	2987	0	5505	8	1	26	8	84	85	0	3	6	15	0	8	11	31	58	2,95	4001
6	28jan023	perle PM4 pt3	646	1331	195723	9204	252478	3477	1831	1238	958	3076	0	5944	7	3	38	16	88	85	0	7	6	21	0	0	10	31	60	3,21	4034
6	28jan024	perle PM4 pt4	417	1953	193230	15056	246963	4411	3264	1263	946	2893	4	6343	14	0	51	13	90	93	6	10	11	16	0	10	9	28	62	3,06	3839
10	15fev006	IM 0594-1	1231	0	219585	0	247313	426	675	560	1313	3751	0	3639	6	8	57	53	179	40	0	1	2	0	0	9	15	43	42	2,86	5064
10	15fev007	IM 0594-2	2608	832	184372	1743	229861	1464	2005	4499	1282	5172	0	59151	0	10	471	138	262	297	0	0	0	168	0	0	2	8	90	4,03	6454
		min	268	0	184372	0	229861	426	194	365	453	1916	0	3639	0	0	13	4	70	40	0	0	0	0	0	0	2	8	42	2,53	2369
		max	2608	1953	219585	16540	258542	4411	3264	4499	1356	5172	17	59151	16	10	471	138	262	297	6	10	11	168	7	16	15	43	90	4,23	6454
	N=12	**X**	992	1160	196275	6890	251007	2197	967	1235	991	3149	2	13708	8	2	69	24	125	99	1	3	3	37	1	5	7	23	70	3,29	4140
		σ	675	551	8519	5597	7708	1264	974	1102	309	925	5	15190	5	3	127	38	56	65	2	3	3	47	2	5	4	10	14	0,6	1199
		δ%	68	48	4	81	3	58	101	89	31	29	268	111	70	156	186	159	45	66	174	87	121	126	346	100	50	44	20	18,12	29

Saint-Michel

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
2	27nov013	TSM1	1647	1663	194414	10846	252841	1013	175	684	832	1040	1	13702	13	1	12	61	35	465	0	0	10	8	0	31	5	7	88	1,25	1872
2	27nov014	TSM2	2188	1822	196254	8173	253822	775	151	619	813	959	13	13259	22	0	16	59	34	469	0	0	7	14	4	13	5	6	88	1,18	1772
2	27nov015	TSM3	2048	354	199781	922	258484	1082	162	569	824	1004	0	13186	3	0	12	58	41	499	0	0	5	27	0	26	5	7	88	1,22	1828
6	29jan121	TSM R82.15.53.1	1357	712	197231	0	258943	1272	298	644	850	1161	0	15614	10	0	19	72	37	534	3	0	12	21	0	16	5	7	89	1,37	2011
6	29jan122	TSM R82.15.53.2	1158	713	201932	1685	259497	629	1309	192	890	699	0	6875	14	3	34	83	23	425	0	150	6	13	8	7	11	8	81	0,79	1589
6	29jan123	TSM R82.15.53.3	2859	1474	193732	8114	254604	1602	1013	272	536	1081	32	11032	16	3	134	845	71	1836	0	130	0	3	0	7	4	9	87	2,02	1617
6	29jan124	TSM R82.15.53.4	2924	1833	186109	10542	255499	1167	838	884	695	1402	0	14377	14	7	57	131	39	626	0	0	4	8	0	4	4	9	87	2,02	2097
6	29jan125	TSM R82.15.53.5	3598	1257	191122	9274	251268	1042	495	1087	1518	736	0	17777	4	1	49	147	30	266	6	6	4	32	0	16	8	4	89	0,48	2254
6	29jan126	TSM R82.15.53.6	1052	1031	192840	5128	257878	682	662	994	1113	1226	0	14167	22	0	43	170	49	793	6	1	9	38	3	7	7	7	86	1,1	2339
6	29jan127	TSM R82.15.53.7	2113	1450	191688	4273	255417	989	754	1058	845	1283	0	18410	0	0	30	83	29	611	0	3	14	65	0	16	4	6	90	1,52	2128
6	29jan128	TSM R82.15.53.8	1702	1028	194558	2393	255788	960	821	419	1516	1452	0	18033	1	0	16	130	86	1170	0	16	14	4	0	12	7	7	86	0,96	2968
6	29jan129	TSM R82.15.53.9	815	937	200570	342	259728	583	369	366	1106	1479	0	10118	8	1	42	158	11	671	0	15	2	5	0	10	9	12	80	1,34	2585
6	29jan130	TSM R82.15.53.10	1088	782	201744	3050	258848	578	416	476	1506	552	0	6017	0	3	104	45	15	101	0	2	7	34	0	6	19	7	75	0,37	2058
6	29jan131	TSM R82.15.53.11	1448	1211	197989	2122	256959	629	422	970	923	1033	0	13854	9	0	30	375	68	1043	7	2	0	46	9	0	6	7	88	1,12	1956
6	29jan132	TSM R82.15.53.12	3460	1315	187983	8106	254158	1229	1089	1108	1102	2210	0	15389	0	0	220	674	161	778	0	49	16	12	0	0	6	12	82	2,01	3312
6	29jan133	TSM R82.15.53.13	1510	1540	195480	5307	255566	805	425	718	1894	1443	0	11960	8	8	71	85	72	925	0	4	8	5	0	9	12	9	78	0,76	3337
6	29jan135	TSM R82.15.53.15	2627	1593	188520	1454	255252	1306	545	1278	695	1239	0	26483	5	0	93	624	72	1714	10	0	0	51	3	7	2	4	93	1,78	1934
6	29jan136	TSM R82.15.53.16	1158	627	202748	2633	252242	1034	7973	904	493	1004	77	6278	8	2	67	266	27	230	0	3404	19	40	0	15	6	13	81	2,04	1497
6	29jan137	TSM R82.15.53.17	2625	1832	196982	5992	256410	862	650	144	1153	903	0	8473	24	0	225	454	44	853	2	39	7	6	0	11	11	9	80	0,78	2056
6	29jan138	TSM R82.15.53.18	1962	635	200419	1618	258872	990	1042	536	1254	1541	0	7582	32	4	33	302	57	609	3	396	13	0	0	23	12	15	73	1,23	2795
6	29jan139	TSM R82.15.53.19	1219	813	190884	2108	256444	517	372	665	758	785	0	25669	0	0	20	35	17	505	0	4	4	6	0	12	3	3	94	1,04	1543
6	29jan140	TSM R82.15.53.20	2800	1394	192767	9154	254627	672	718	1333	751	1587	0	11002	4	3	47	705	36	694	0	8	5	40	0	16	6	12	82	2,11	2338
6	29jan141	TSM R82.15.53.21	1008	884	174317	1978	252279	428	322	1838	316	652	0	54095	0	0	41	91	11	621	0	0	10	92	0	27	1	1	98	2,06	968
6	29jan142	TSM R82.15.53.22	1456	966	181951	530	234975	642	392	1266	741	915	0	73010	0	0	52	192	24	551	1	8	10	25	0	0	1	1	98	1,23	1656
6	29jan143	TSM R82.15.53.23	2142	1952	187112	12175	251478	1220	889	590	420	919	0	19370	10	1	119	149	28	1065	6	0	2	7	0	14	2	4	94	2,19	1339
6	29jan144	TSM R82.15.53.24	3371	2056	186928	20040	240737	2128	4002	774	1751	2135	27	11365	8	11	416	269	278	2020	0	154	37	7	4	0	11	14	75	1,22	3886
6	29jan145	TSM R82.15.53.25	946	844	200284	0	261572	610	326	502	1244	953	1	8286	12	0	6	90	39	591	0	2	7	12	3	14	12	9	79	0,77	2197
6	29jan146	TSM R82.15.53.26	4939	2684	180158	31178	237903	3050	1456	1289	873	1362	26	7411	22	27	27	132	44	576	3	23	7	11	0	2	9	14	77	1,56	2235
6	29jan147	TSM R82.15.53.27	3220	1848	188011	7172	239398	2475	816	807	1042	587	0	41456	0	0	156	461	12	1177	1	0	6	16	4	0	2	1	96	0,56	1629
6	29jan148	TSM R82.15.53.28	1163	857	193809	997	257634	610	310	1062	939	1665	0	19592	0	0	16	128	42	661	3	7	8	27	0	4	4	8	88	1,77	2604
6	29jan149	TSM R82.15.53.29	2073	1080	197643	1658	259002	838	415	826	1098	4822	0	6041	14	3	59	264	132	109	2	10	2	16	7	0	9	40	51	4,39	5920
10	15fev016	St Michel IM 1150	2370	1040	200852	12038	233640	1239	2137	1085	1224	1760	36	27448	1	2	167	157	265	2524	0	29	4	2	2	0	4	6	90	1,44	2984
11b	04nov055	IM 0816-01	644	630	205444	0	250033	190	224	1396	802	1790	12	19147	46	9	2334	90	48	788	7	11	9	23		27	4	8	88	2,23	2592
11b	04nov056	IM 0816-02	3000	734	185245	15898	236122	1088	970	1288	593	1007	23	39202	67	3	2726	278	32	594	22	20	0	67		43	1	2	96	1,7	1600
11b	04nov057	IM 0816-03	3307	29	208281	0	251164	797	468	799	1026	1725	10	11860	27	9	2596	104	45	490	5	21	5	0		10	7	12	81	1,68	2751
11b	04nov058	IM 0816-04	3408	0	205836	0	249707	831	407	1213	1101	1230	24	16521	20	5	2069	101	72	1324	0	15	0	21		18	6	7	88	1,12	2331
11b	04nov059	IM 0816-05	5728	1031	147867	13	215324	1403	1304	2807	327	856	0	141244	124	8	2709	200	12	825	100	0	5	224		38	0	1	99	2,62	1183
11b	04nov060	IM 0816-05 bis	3874	115	148017	0	216109	1253	1235	2940	321	883	0	142907	75	0	2682	171	19	819	17	18	0	105		63	0	1	99	2,75	1204

Saint-Michel

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11b	04nov061	IM 0816-06	4059	693	205479	1036	245929	1091	1423	848	439	1174	0	18979	31	6	2726	154	41	788	0	16	0	0		56	2	6	92	2,67	1613
11b	04nov062	IM 0816-07	5731	0	187713	0	234996	1084	861	3868	887	821	0	57916	0	3	2458	131	47	765	19	9	4	7		31	1	1	97	0,93	1708
11b	04nov063	IM 0816-08	2982	0	198335	12080	240321	822	836	1564	653	984	33	24808	34	0	2272	159	25	437	0	12	20	9		29	2	4	94	1,51	1637
11b	04nov064	IM 0816-09	1682	988	198881	0	245826	534	548	1324	929	1840	28	31119	50	10	2696	150	59	957	12	0	25	47		36	3	5	92	1,98	2769
11b	04nov065	IM 0816-10	3035	0	202847	0	246347	654	358	1484	598	1273	29	26330	37	1	3026	134	25	730	6	13	0	133		66	2	5	93	2,13	1871
11b	04nov066	IM 0816-11	3421	0	198286	0	235566	750	477	1834	338	774	20	48803	4	0	2464	233	24	725	4	6	10	118		33	1	2	98	2,29	1112
11b	04nov067	IM 0816-12	1131	649	195800	0	242053	543	675	675	1178	810	2	44540	38	0	2460	167	14	437	15	22	0	0		14	3	2	96	0,69	1988
11b	04nov068	IM 0816-13	3760	0	197829	0	236628	1254	1204	1774	950	1788	0	43120	80	1	2559	126	64	1777	0	2	0	117		10	2	4	94	1,88	2738
11b	04nov069	IM 0816-14	3175	0	209006	0	249218	616	434	943	1233	1197	7	14468	24	2	2489	141	55	1056	3	12	0	10		7	7	7	86	0,97	2430
11b	04nov070	IM 0816-15	2722	0	199223	0	246481	618	586	2393	830	684	0	30426	53	0	2136	112	41	496	4	23	4	23		18	3	2	95	0,82	1514
11b	04nov071	IM 0816-16	3525	522	186767	0	219960	3880	1875	2106	1100	1092	6	81872	40	0	2659	267	18	917	64	33	20	31		0	1	1	97	0,99	2192
11b	04nov072	IM 0816-18	1051	0	203154	0	248542	139	204	877	675	1143	23	26543	39	0	2318	84	22	755	8	7	0	10		6	2	4	94	1,69	1818
11b	04nov073	IM 0816-19	2411	0	209327	0	250136	753	607	768	821	1564	24	11650	43	6	2419	173	46	899	2	13	10	71		0	6	11	83	1,9	2385
11b	04nov074	IM 0816-17	3188	0	206964	0	249596	478	573	777	1936	1902	0	14331	41	11	2774	129	155	1247	6	6	11	0		30	11	10	79	0,98	3838
11b	04nov075	IM 0816-20	1968	0	194433	0	243774	456	251	1703	734	1111	0	42999	28	0	2131	139	27	894	16	0	0	2		18	2	2	96	1,51	1845
11b	04nov076	IM 0816-21	3134	782	201950	166	243819	1002	1509	1326	880	1136	5	25718	36	10	2384	281	91	1928	4	13	0	8		7	3	4	93	1,29	2016
11b	04nov077	IM 0816-22	3166	0	202285	0	245668	652	1220	1554	3686	2841	0	22694	7	5	2118	168	112	308	8	161	14	33		0	13	10	78	0,77	6527
11b	04nov078	IM 0816-23	2022	0	202751	0	247000	432	1309	1230	479	753	0	26647	10	5	2402	275	32	906	9	26	0	23		0	2	3	96	1,57	1232
11b	04nov079	IM 0816-24	3804	0	202994	2223	245143	1027	1251	951	684	1649	23	22124	34	8	2499	290	19	587	6	19	11	15		33	3	7	90	2,41	2333
11b	04nov080	IM 0816-25	2359	0	200822	0	248227	549	161	1775	695	1391	41	27274	4	3	2341	233	34	809	9	12	5	44		29	2	5	93	2	2086
11b	04nov081	IM 0816-26	3009	0	204470	0	254738	646	583	1614	2082	1608	27	8317	13	11	2502	156	57	461	5	12	9	9		28	17	13	69	0,77	3690
11b	04nov082	IM 0816-27	3005	0	205833	0	248098	384	895	1094	781	1410	43	17819	53	12	2554	258	50	799	0	8	13	16		0	4	7	89	1,81	2191
11b	04nov083	IM 0816-29	2742	66	184419	0	235472	586	313	1492	1484	1936	0	65812	16	0	2634	209	370	1370	0	24	7	28		12	2	3	95	1,3	3420
11b	04nov084	IM 0816-28	4109	654	205055	1924	246219	1462	2292	765	852	1906	38	14729	42	16	2120	227	97	1125	6	17	10	0		3	5	11	84	2,24	2758
11b	04nov085	IM 0816-30	2501	0	207402	0	250056	494	288	1191	1193	1388	6	15557	32	5	2298	139	45	917	7	8	4	46		46	7	8	86	1,16	2581
11b	04nov086	IM 0816-31	9961	350	197411	811	233158	2427	1974	1464	381	1315	21	38321	31	16	2778	202	62	1657	7	11	13	14		8	1	3	96	3,45	1696
11b	04nov087	IM 0816-32	8801	552	193701	3764	243452	1657	1503	615	741	1875	52	27278	0	6	3122	283	150	876	18	11	0	24		11	2	6	91	2,53	2616
11b	04nov088	IM 0816-33	4874	67	200110	15198	237549	1637	1208	481	454	1299	17	15167	21	16	2628	172	76	2663	0	131	0	0		9	3	8	90	2,86	1753
11b	04nov089	IM 0816-34	9384	0	192975	0	237852	1669	499	3095	3557	7296	27	34985	39	0	2530	132	305	1541	5	18	9	24		0	8	16	76	2,05	10853
11b	04nov090	IM 0816-35	3490	0	204265	0	250636	576	382	701	1475	2073	0	16035	35	7	2268	117	373	1636	3	5	9	2		20	8	11	82	1,41	3548
11b	04nov091	IM 0816-36	7433	357	199519	0	248203	1587	657	2297	1788	2034	57	17307	60	12	2341	237	90	445	5	6	0	48		18	8	10	82	1,14	3822
11b	04nov092	IM 0816-37	3073	989	193610	0	251162	769	394	826	541	1371	58	29117	116	22	2392	145	131	2166	15	0	0	15		0	2	4	94	2,53	1912
11b	04nov093	IM 0816-37	8650	0	199387	0	245334	1486	1228	1498	1545	1529	52	21791	125	6	2066	104	58	934	0	20	7	52		8	6	6	88	0,99	3074
11b	04nov100	IM 0816-37	2542	756	195146	0	249238	757	351	749	576	1347	57	31777	0	1	226	102	139	2362	15	0	0	8		30	2	4	94	2,34	1923
11b	04nov101	IM 0816-37	5318	0	205046	0	243348	1029	806	1415	1448	1664	25	22538	8	7	30	78	58	1052	2	3	12	80		0	6	6	88	1,15	3112
11b	04nov102	IM 0816-38	9374	0	200401	0	243012	1667	1280	1464	1390	1635	26	22253	10	7	36	86	63	997	5	8	3	55		6	5	6	88	1,18	3025
11b	04nov103	IM 0816-39	3702	0	208251	0	246473	1020	700	1888	1932	2024	11	13504	2	12	93	116	68	567	11	4	4	31		4	11	12	77	1,05	3956
11b	04nov104	IM 0816-40	1332	272	198762	16178	246031	343	354	585	2376	1549	40	9115	17	9	53	98	96	850	0	0	0	4		0	18	12	70	0,65	3925
11b	04nov105	IM 0816-41	1991	0	208239	0	249345	372	183	559	1346	799	13	17963	15	2	41	43	20	532	11	0	3	7		26	7	4	89	0,59	2145

Saint-Michel

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11b	04nov106	IM 0816-42	3120	573	204458	0	252530	621	666	1002	740	564	18	14908	8	1	87	109	14	426	4	0	4	25		31	5	3	92	0,76	1304
11b	04nov107	IM 0816-43	983	0	212860	0	253837	169	294	265	892	1535	22	5056	12	3	23	41	35	671	1	51	17	0		13	12	21	68	1,72	2427
11b	04nov108	IM 0816-44	1319	0	203447	0	244446	445	1044	1898	1980	1510	46	26703	12	18	91	107	31	640	7	4	3	38		0	7	5	88	0,76	3490
11b	04nov109	IM 0816-45	1458	264	211219	0	250165	405	493	1024	785	1467	21	10686	23	9	33	59	29	609	0	3	9	24		8	6	11	83	1,87	2252
11b	04nov110	IM 0816-46	1268	0	205536	0	253042	261	330	889	1124	1250	32	14435	28	4	33	117	60	912	6	5	6	40		23	7	7	86	1,11	2374
11b	04nov111	IM 0816-47	3791	155	181173	43060	223069	666	329	734	829	754	39	28200	31	8	60	187	21	333	3	0	3	14		8	3	3	95	0,91	1583
11b	04nov113	IM 0816-49	3902	0	204767	0	247449	633	371	855	2077	1609	26	19338	35	3	39	54	75	602	2	0	10	0		10	9	7	84	0,77	3686
11b	04nov114	IM 0816-50	2292	0	170875	17714	224972	2118	1143	1761	440	1257	52	71672	0	9	734	140	37	612	14	48	9	11		26	1	2	98	2,86	1697
11b	04nov115	IM 0816-51	2029	0	200354	0	241130	881	994	1088	862	1203	0	36188	29	0	36	52	26	756	0	3	14	43		5	2	3	95	1,4	2065
11b	04nov117	IM 0816-53	1790	0	206350	0	252005	606	524	533	718	1042	19	15853	12	2	349	74	21	661	6	14	3	4		36	4	6	90	1,45	1760
11b	04nov118	IM 0816-54	2209	0	209530	0	251087	407	225	452	606	1561	3	12162	9	1	30	47	30	704	0	0	8	13		0	4	11	85	2,58	2167
11b	04nov119	IM 0816-55	2675	214	200051	0	246925	953	566	474	1330	1806	29	29533	4	0	191	131	40	732	0	20	0	0		28	4	6	90	1,36	3136
11b	04nov120	IM 0816-56	3918	0	200921	0	243896	1239	922	1493	1283	1983	42	27207	5	12	147	189	323	716	0	0	0	12		18	4	7	89	1,55	3266
11b	04nov121	IM 0816-57	3837	0	209359	0	251460	859	395	701	1870	1193	20	8238	18	3	37	39	74	471	0	0	5	10		3	17	11	73	0,64	3063
11b	04nov122	IM 0816-58	2830	1086	200083	0	251483	746	1188	227	1309	4160	31	14672	33	7	309	90	297	2358	1	128	3	3		2	6	21	73	3,18	5469
11b	04nov123	IM 0816-59	4459	0	205646	0	249377	844	2060	1187	1639	3029	12	11296	20	7	192	85	754	183	0	330	21	24		0	10	19	71	1,85	4668
11b	04nov124	IM 0816-60	5446	442	201835	2257	247443	1520	563	894	950	1555	40	16919	22	10	57	92	65	834	0	14	17	42		0	5	8	87	1,64	2505
11c	04nov127	IM 0816-53	2397	0	204224	0	248885	1060	303	810	777	1203	6	21032	4	4	28	64	91	1154	2	4	9	12		11	3	5	91	1,55	1980
11c	04nov128	IM 0816-62	1392	0	211275	0	251534	0	298	380	2695	2482	4	8124	5	6	36	21	253	35	2	2	3	17		3	20	19	61	0,92	5177
11c	04nov129	IM 0816-63	2465	0	191152	0	239621	742	2009	731	473	1494	19	48948	0	7	801	73	60	2320	0	239	0	0		53	1	3	96	3,16	1967
11c	04nov130	IM 0816-64	1167	0	172629	24788	227225	256	286	962	457	598	17	63568	14	0	229	75	29	780	8	19	0	22		20	1	1	98	1,31	1055
11c	04nov131	IM 0816-65	1503	0	203159	0	248222	410	547	1769	2180	1166	15	23997	10	1	62	29	57	547	5	5	15	17		26	8	4	88	0,53	3346
11c	04nov132	IM 0816-66	1261	0	187695	0	246532	291	1077	704	1962	2515	39	45461	18	1	363	96	396	110	0	0	7	6		0	4	5	91	1,28	4477
11c	04nov133	IM 0816-67	2234	0	211042	2688	251603	618	908	1849	453	437	54	5277	7	5	68	89	18	262	0	145	9	18		10	7	7	86	0,96	890
11c	04nov134	IM 0816-68	1625	0	206393	0	250660	160	237	569	1182	1344	30	17486	20	2	23	38	62	1156	0	1	9	9		16	6	7	87	1,14	2526
11c	04nov135	IM 0816-69	1721	0	205327	0	249033	323	206	906	1460	1561	16	20762	16	10	127	75	88	520	0	0	7	8		3	6	7	87	1,07	3021
11c	04nov136	IM 0816-70	4287	0	208990	0	247992	557	231	683	1305	1223	0	14619	7	3	24	42	59	732	1	0	2	6		4	8	7	85	0,94	2528
11c	04nov137	IM 0816-71	1950	0	207616	0	246454	775	1476	548	429	854	35	20408	0	9	113	286	23	1057	2	27	10	7		4	2	4	94	1,99	1283
11c	04nov138	IM 0816-72	1831	0	209225	0	252353	269	130	447	550	866	1	12655	0	0	18	26	44	849	3	3	8	22		15	4	6	90	1,57	1416
11c	04nov139	IM 0816-73	1069	0	193974	0	243286	216	146	1143	787	1469	0	45097	14	1	37	45	57	1913	8	0	5	26		0	2	3	95	1,87	2256
11c	04nov140	IM 0816-74	1328	21	210856	0	253356	434	822	125	2957	1630	41	5633	18	8	130	301	60	317	1	14	24	5		195	29	16	55	0,55	4587
11c	04nov141	IM 0816-75	2057	0	189903	0	243877	140	225	438	914	1890	13	49919	16	3	48	91	110	745	0	0	0	0		15	2	4	95	2,07	2804
11c	04nov142	IM 0816-76	1839	882	196734	0	237351	351	9374	1085	1012	1839	36	35810	21	33	197	206	147	1351	0	419	16	0		25	3	5	93	1,82	2851
11c	04nov143	IM 0816-77	1411	0	150012	0	227262	184	316	1846	598	940	0	128923	22	0	37	56	19	1307	17	0	0	73		0	0	1	99	1,57	1538
11c	04nov144	IM 0816-78	2946	0	205051	0	251024	524	326	681	798	1213	1	16592	8	2	23	86	41	716	1	10	4	9		22	4	7	89	1,52	2011
11c	04nov145	IM 0816-79	1514	485	201695	0	248318	298	328	797	699	621	0	28036	2	1	85	108	35	356	0	0	7	18		40	2	2	96	0,89	1320
11c	04nov146	IM 0816-80	2245	112	194168	2623	245565	213	793	1710	2332	3503	24	30766	0	9	201	153	423	315	0	10	0	13		0	6	10	84	1,5	5835
11c	04nov147	IM 0816-81	1625	0	209311	0	254362	170	208	630	786	1341	17	8629	24	8	33	60	52	670	0	4	7	16		21	7	12	80	1,71	2127
11c	04nov148	IM 0816-82	3795	0	207413	0	247996	345	534	498	1256	1224	2	16938	14	5	39	53	30	408	0	6	4	3		36	6	6	87	0,97	2480

Saint-Michel

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11c	04nov149	IM 0816-83	1895	0	186551	0	241812	622	334	1646	524	742	0	56650	23	0	207	124	35	926	5	4	0	18		11	1	1	98	1,42	1266
11c	04nov150	IM 0816-84	2607	0	206018	17	251986	439	658	819	999	958	1	14196	18	11	93	81	47	858	0	8	11	37		32	6	6	88	0,96	1957
11c	04nov151	IM 0816-85	1299	0	207336	0	252802	378	542	391	717	1663	0	12105	17	18	116	98	28	699	6	3	11	12		46	5	11	84	2,32	2380
16	15jan003	IM 0816-85a	1081	2307	198446	7594	250282	1219	712	384	873	1781	6	11320	0	10	42	81	28	614	4	1	14	20	2	6	6	13	81	2,04	2654
16	15jan004	IM 0816-85b	1220	1912	200889	6535	250912	1000	522	362	898	1863	8	10967	0	7	25	66	27	652	4	3	12	15	0	11	7	14	80	2,07	2761
16	15jan005	IM 0816-86	464	1351	203251	5649	252720	488	997	504	815	1673	12	7949	0	7	100	87	31	262	1	338	10	27	1	7	8	16	76	2,05	2488
16	15jan006	IM 0816-87	618	1682	201375	4335	250146	503	311	613	1187	1032	0	16933	0	1	19	49	60	1502	3	1	4	1	0	0	6	5	88	0,87	2219
16	15jan007	IM 0816-88	1022	1674	194290	4603	238326	591	486	799	541	906	0	44427	0	1	81	149	21	714	50	0	5	65	0	17	1	2	97	1,67	1447
16	15jan008	IM 0816-89	1296	1388	187516	5788	245132	688	415	316	3883	2028	26	37786	0	1	213	107	207	640	26	0	5	3	0	0	9	5	86	0,52	5911
16	15jan009	IM 0816-90	1211	1662	200861	3979	250156	531	698	951	984	1446	7	16529	0	1	25	65	67	815	6	8	7	39	0	5	5	8	87	1,47	2430
16	15jan010	IM 0816-91	899	1604	201471	6503	252643	828	853	821	792	1668	15	8582	0	8	39	73	50	725	3	38	8	18	0	13	7	15	78	2,11	2460
16	15jan011	IM 0816-92	1049	1738	200626	5136	254048	1012	536	756	1323	931	22	9317	0	4	27	137	49	687	2	1	2	18	1	8	11	8	81	0,7	2254
16	15jan012	IM 0816-93	2223	1413	202998	5727	254381	1276	1052	209	1498	581	8	3668	5	7	42	86	81	509	2	4	4	0	2	10	26	10	64	0,39	2079
16	15jan013	IM 0816-94	991	1919	196093	4988	244997	795	557	1212	1011	1588	0	27331	0	0	39	68	69	1725	13	0	9	23	0	0	3	5	91	1,57	2599
16	15jan016	IM 0816-95	2997	2075	183577	5204	247765	1750	832	2417	4046	5020	0	28714	0	0	281	153	382	998	23	0	8	21	6	0	11	13	76	1,24	9066
16	15jan017	IM 0816-96	1016	1372	203046	3921	252798	827	294	1258	1464	1550	0	9522	0	0	25	88	134	536	0	2	4	14	2	0	12	12	76	1,06	3014
16	15jan018	IM 0816-97	1301	1514	191862	4199	246798	696	286	1603	962	1096	0	31721	0	0	31	64	51	1790	14	0	5	30	0	0	3	3	94	1,14	2058
16	15jan019	IM 0816-98	1802	1370	150066	5094	221330	1101	711	1974	476	540	0	127173	0	3	77	114	23	1092	222	6	0	94	0	123	0	0	99	1,13	1016
16	15jan020	IM 0816-98b	2558	1171	152750	3127	223710	1085	225	1932	464	542	0	123198	0	3	44	80	21	1046	168	16	0	85	0	114	0	0	99	1,17	1006
16	15jan021	IM 0816-99	1289	1618	195266	5162	248390	808	866	1350	911	1126	0	23573	0	0	68	99	44	687	9	0	4	55	0	0	4	4	92	1,24	2037
16	15jan022	IM 0816-100	1989	1705	197236	7870	250433	1571	573	926	810	1731	18	12759	0	0	37	91	38	726	7	5	12	118	2	4	5	11	83	2,14	2541
16	15jan023	IM 0816-101	1309	1581	182123	5014	238292	1302	626	1165	1226	1865	0	55511	0	0	214	115	105	1343	57	0	3	46	0	14	2	3	95	1,52	3091
16	15jan024	IM 0816-102	994	1750	188956	3705	243480	834	537	1156	824	979	58	43124	0	0	133	335	59	911	68	0	10	126	0	0	2	2	96	1,19	1803
16	15jan025	I M 0816-102b	1262	1761	188390	3949	239276	931	588	1553	841	1131	42	49389	0	0	140	331	66	1068	59	0	10	147	0	22	2	2	96	1,34	1972
16	15jan026	IM 0816-103	1445	1266	190206	5788	203024	15306	7756	2673	5922	2179	0	40728	0	26	314	338	94	903	21	1197	59	160	0	23	12	4	83	0,37	8101
16	15jan027	IM 0816-104	1001	1889	186705	8568	241727	589	608	518	520	1068	0	41137	0	0	26	53	23	2805	50	0	1	7	0	0	1	2	96	2,05	1588
16	15jan030	IM 0816-105	2176	1627	202117	5956	250151	1380	972	507	1024	1083	6	9848	0	5	66	87	33	676	2	2	2	10	2	0	9	9	82	1,06	2107
16	15jan031	IM 0816-106	1589	1527	203719	5038	250763	869	281	989	1191	1028	0	11284	0	0	20	28	42	388	4	0	10	18	2	0	9	8	84	0,86	2219
16	15jan032	IM 0816-106b	2683	1523	199942	8824	249379	1516	641	935	1123	958	0	10285	0	0	28	25	38	341	2	1	10	15	0	4	9	8	83	0,85	2081
16	15jan033	IM 0816-107	1162	1572	193182	4751	243259	846	21682	535	898	1156	38	15575	0	0	445	138	25	682	9	94	6	3	0	6	5	7	88	1,29	2054
		min	464	0	147867	0	203024	0	130	125	316	437	0	3668	0	0	6	21	11	35	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0,37	890
		max	9961	2684	212860	43060	261572	15306	21682	3868	5922	7296	77	142907	125	33	3122	845	754	2805	222	3404	59	224	9	195	29	40	99	4,39	10853
	N=146	**X**	2569	676	196572	3428	246456	963	1011	1069	1136	1451	15	27144	17	5	738	151	79	877	10	58	7	28	1	16	6	7	87	1,49	2587
		σ	1745	723	12092	6062	9531	1318	2107	630	777	847	18	25273	23	6	1068	128	100	532	26	303	7	36	2	24	5	5	9	0,68	1430
		δ%	68	107	6	177	4	137	208	59	68	58	118	93	131	125	145	85	128	61	266	521	104	125	186	146	82	72	10	45,44	55

Table-des-Marchands

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
4	19jul027	Table-des-Marchand AC 14-11	726	420	194167	0	257737	594	106	2069	1609	1355	24	23448	32	4	6	50	74	717	0	0	7	24	0	13	6	5	89	0,84	2964
4	19jul028	Table-des-Marchand AC 14-11	958	636	192718	0	260124	672	268	1752	1416	1179	16	20209	12	4	5	45	67	604	0	2	3	0	0	11	6	5	89	0,83	2595
4	19jul029	Table-des-Marchand AC 14-11	2046	0	193595	1199	260621	876	317	1448	1186	969	35	16850	28	6	3	49	66	552	0	6	6	6	5	8	6	5	89	0,82	2155
4	19jul030	Table-des-Marchand AC 14-11	1053	1032	197318	2648	259025	944	470	1004	1422	1474	34	11156	34	12	27	33	62	668	0	0	2	0	0	0	10	10	79	1,04	2896
4	19jul031	Table-des-Marchand AC 14-11	684	945	196882	1014	260450	507	354	890	1017	1403	18	12699	27	5	33	30	58	607	0	3	6	22	0	23	7	9	84	1,38	2420
4	19jul032	Table-des-Marchand AC 14-11	919	964	195993	7699	254305	921	1771	1218	1216	957	4	7575	15	4	26	36	47	517	2	670	12	29	0	2	12	10	78	0,79	2173
4	19jul067	Table-des-Marchand AC 14-11	1023	587	193221	0	259822	938	290	1241	1416	1124	20	20024	40	12	24	53	86	752	0	0	4	24	0	20	6	5	89	0,79	2540
		min	684	0	192718	0	254305	507	106	890	1017	957	4	7575	12	4	3	30	47	517	0	0	2	0	0	0	6	5	78	0,79	2155
		max	2046	1032	197318	7699	260621	944	1771	2069	1609	1474	35	23448	40	12	33	53	86	752	2	670	12	29	5	23	12	10	89	1,38	2964
	N=7	**X**	1058	655	194842	1794	258869	779	511	1375	1326	1209	22	15994	27	7	18	42	66	631	0	97	6	15	1	11	8	7	85	0,93	2535
		σ	458	368	1860	2775	2243	183	566	417	197	208	11	5707	10	4	13	9	12	86	1	253	3	13	2	9	3	3	5	0,22	318
		δ%	43	56	1	155	1	24	111	30	15	17	50	36	38	55	71	22	19	14	265	260	58	83	265	78	33	36	6	23,4	13

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
4	19jul060	Tumiac 56 (F.H.)	2330	0	191003	0	259973	1208	746	2672	2808	2149	27	16842	28	6	65	78	199	744	0	6	4	42	0	6	13	10	77	0,77	4957
4	19jul061	Tumiac 56 (F.H.)	2106	741	190576	0	259637	1204	687	2612	2847	2263	25	16537	32	9	63	89	189	698	4	3	0	60	0	8	13	10	76	0,79	5110
4	19jul062	Tumiac 56 (F.H.)	2387	707	191549	0	259668	1058	586	2527	2780	2029	29	15739	19	7	84	144	174	631	0	2	1	58	0	8	14	10	77	0,73	4809
9	22oct072	Tumiac IM 0859-1	6271	2974	209612	0	243845	986	786	409	1859	1125	13	14808	3	4	148	161	48	1429	0	69	6	3	6	13	10	6	83	0,61	2984
9	22oct073	Tumiac IM 0859-2	3602	2579	211355	0	244719	478	1118	561	1895	3412	16	13053	6	3	62	107	292	718	2	49	0	0	0	22	10	19	71	1,8	5307
9	22oct074	Tumiac IM 0859-3	4990	3074	215547	0	244853	699	8	536	1200	888	0	9895	8	0	17	63	51	852	0	6	2	16	0	6	10	7	83	0,74	2088
9	22oct075	Tumiac IM 0859-4	6460	2465	206436	0	241333	653	277	531	1486	2970	0	24647	0	0	109	98	503	1473	0	3	0	20	0	20	5	10	85	2	4456
9	22oct076	Tumiac IM 0859-5	5118	3116	203182	0	239446	740	275	487	1252	2744	0	31968	0	1	46	89	58	903	1	0	8	17	0	18	3	8	89	2,19	3996
9	22oct077	Tumiac IM 0859-6	5424	3081	216478	0	245438	629	212	574	896	1632	0	7198	5	1	19	50	41	698	0	62	5	5	0	4	9	17	74	1,82	2528
9	22oct078	Tumiac IM 0859-7	6299	2557	213203	0	245633	583	248	346	983	1292	2	11493	5	2	65	87	280	1247	0	0	0	8	4	15	7	9	83	1,31	2275
9	22oct079	Tumiac IM 0859-8	5883	2728	201940	0	240601	595	600	3059	1727	3832	0	25313	7	2	189	49	170	874	0	2	13	299	0	9	6	12	82	2,22	5559
9	22oct080	Tumiac IM 0859-9	5064	2445	208447	0	242747	706	331	1396	1635	3007	0	19479	13	0	63	102	310	626	0	2	0	5	0	32	7	12	81	1,84	4642
9	22oct081	Tumiac IM 0859-10	6493	3316	197903	0	238631	590	206	1822	731	1199	0	40179	7	0	24	26	98	1731	0	0	0	12	0	15	2	3	95	1,64	1930
9	22oct083	Tumiac IM 0859-11	3505	3189	205713	0	243371	258	538	350	578	1101	0	26488	4	0	58	92	19	1067	0	163	14	12	0	40	2	4	94	1,9	1679
9	22oct084	Tumiac IM 0859-12	4873	2711	210664	0	246622	710	736	1000	2888	2771	0	7902	23	6	122	127	230	581	0	1	3	0	0	9	21	20	58	0,96	5659
9	22oct085	Tumiac IM 0859-13	4602	2787	210173	0	244486	574	885	930	1749	2929	3	13397	18	9	130	142	416	402	0	8	0	2	0	9	10	16	74	1,67	4678
9	22oct086	Tumiac IM 0859-14	5646	2148	208185	0	244684	396	173	1166	1294	3000	0	17611	10	4	73	25	441	707	0	0	0	7	2	22	6	14	80	2,32	4294
9	22oct087	Tumiac IM 0859-15	4269	2775	210809	0	245474	528	90	775	1716	2039	0	14180	8	1	18	46	132	468	4	0	8	4	2	0	10	11	79	1,19	3755
9	22oct088	Tumiac IM 0859-16	4271	3098	208746	0	245633	679	256	296	1662	3041	0	15316	9	0	50	73	222	1050	1	0	0	11	6	17	8	15	77	1,83	4703
9	22oct089	Tumiac IM 0859-17	7340	2412	210422	0	243104	982	746	378	2020	2594	20	13450	14	10	99	187	25	873	0	6	30	31	0	6	11	14	74	1,28	4614
9	22oct091	Tumiac IM 0859-18	5910	3562	200812	0	237933	831	608	1048	875	1598	0	36188	0	0	70	38	102	2983	10	1	11	25	3	6	2	4	94	1,83	2473
9	22oct092	Tumiac IM 0859-19	4269	2836	212719	0	246569	455	142	688	1995	1121	0	10487	10	0	36	35	23	360	2	7	8	0	0	1	15	8	77	0,56	3116
9	22oct093	Tumiac IM 0859-20	6199	1416	212359	0	244090	553	230	681	2779	2097	6	13835	0	2	40	70	430	1010	0	10	3	13	0	13	15	11	74	0,75	4876
9	22oct094	Tumiac IM 0859-21	4430	3070	214115	0	245615	588	259	522	1781	2763	32	8573	7	3	91	147	371	363	0	6	0	10	0	18	14	21	65	1,55	4544
9	22oct095	Tumiac IM 0859-22	3765	2773	215580	0	245402	768	104	622	971	1886	0	9616	17	5	27	65	32	685	5	7	3	15	0	19	8	15	77	1,94	2857
9	22oct096	Tumiac IM 0859-23	6210	3384	208616	0	241442	1272	529	1270	1408	1867	19	19176	0	1	88	172	303	665	0	0	5	13	0	42	6	8	85	1,33	3275
9	22oct099	Tumiac IM 0859-25	4043	2701	216326	0	245467	572	144	865	782	1396	8	8643	20	1	42	92	37	688	0	77	6	14	0	13	7	13	80	1,79	2178
9	22oct100	Tumiac IM 0859-26	7204	2107	211973	0	240641	1642	1112	2054	1671	3663	14	11882	20	40	293	185	342	518	0	39	27	17	0	4	10	21	69	2,19	5334
9	22oct101	Tumiac IM 0859-27	6388	1448	213974	4214	241953	486	0	716	1126	1493	0	9969	13	2	12	55	63	1014	1	7	1	2	0	20	9	12	79	1,33	2619
9	22oct102	Tumiac IM 0859-28	3991	3235	211938	0	244843	467	168	396	1921	1305	0	14512	5	4	18	82	64	791	0	5	7	5	4	2	11	7	82	0,68	3226
9	22oct103	Tumiac IM 0859-29	5355	3312	209056	0	243552	622	400	523	3028	2731	0	15446	10	2	261	104	309	1732	0	2	6	0	0	0	14	13	73	0,9	5759
9	22oct104	Tumiac IM 0859-30	4332	2881	211669	0	244593	564	0	557	1913	1656	0	15199	16	0	16	65	68	910	0	3	4	2	0	33	10	9	81	0,87	3569
9	22oct105	Tumiac IM 0859-31	3231	2879	205281	0	239400	282	102	1056	653	867	0	34251	0	0	40	56	25	661	0	1	2	70	9	16	2	2	96	1,33	1520
9	22oct106	Tumiac IM 0859-32	3303	3012	208852	0	245610	531	42	659	1711	2407	0	16500	6	0	22	80	112	978	0	4	7	17	0	0	8	12	80	1,41	4118
9	22oct107	Tumiac IM 0859-33	6026	2601	211781	0	243703	869	404	425	1648	3049	0	12605	2	13	112	58	192	1127	0	8	12	18	0	13	10	18	73	1,85	4697
9	22oct110	Tumiac IM 0859-24	4674	2059	213168	0	248144	461	88	344	1382	1629	14	8756	12	4	64	78	246	792	0	2	5	0	8	26	12	14	74	1,18	3011
10	15fev022	Tumiac IM 0858-1	3305	1442	195431	13177	234379	3906	4120	2997	1556	1746	44	18523	44	43	1438	102	75	1004	0	43	3	22	0	0	7	8	85	1,12	3302
10	15fev023	Tumiac IM 0858-1b	889	721	205956	3252	242873	1761	3081	2303	1606	1645	15	15872	14	22	1466	82	82	895	4	28	0	7	2	0	8	9	83	1,02	3251
10	15fev024	Tumiac IM 0858-2	0	1732	207919	7498	238415	1350	1908	1586	3949	1309	17	12382	30	53	4626	145	29	407	2	24	7	19	4	0	22	7	70	0,33	5258

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
10	15fev025	Tumiac IM 0858-3	1279	0	205279	0	237548	587	762	1759	1376	1573	0	38522	0	0	192	38	42	905	0	14	0	38	0	18	3	4	93	1,14	2949
10	15fev026	Tumiac IM 0858-4	1370	280	218759	0	242365	470	490	239	771	1615	14	15842	13	11	211	31	20	1519	0	16	0	9	0	11	4	9	87	2,09	2386
10	15fev027	Tumiac IM 0858-5	1430	0	217309	0	242460	570	1151	2177	1381	1468	9	13321	1	16	294	62	39	716	0	11	19	65	0	3	9	9	82	1,06	2849
10	15fev028	Tumiac IM 0858-6	2910	367	210543	0	237676	1942	1054	917	1604	2862	0	26658	0	10	117	153	111	1312	0	8	7	31	0	4	5	9	86	1,78	4466
10	15fev029	Tumiac IM 0858-7	2005	616	205667	535	233155	975	1441	419	1745	3613	0	39787	0	19	204	42	104	2901	0	5	18	3	0	8	4	8	88	2,07	5358
10	15fev030	Tumiac IM 0858-8	2413	226	213959	0	240037	2248	1529	1935	2398	2737	5	16512	14	12	150	192	129	810	0	16	4	16	11	10	11	13	76	1,14	5135
10	15fev031	Tumiac IM 0858-9	1159	78	216977	0	244085	478	528	1834	1059	1161	0	14600	4	2	87	47	34	442	2	2	19	76	0	0	6	7	87	1,1	2220
10	15fev032	Tumiac IM 0858-10	990	469	216711	0	245086	701	2050	684	1518	3219	45	8248	20	24	310	36	76	1455	0	6	8	12	0	3	12	25	64	2,12	4737
10	15fev033	Tumiac IM 0858-1c	3368	145	210974	0	241910	2238	1140	2750	1758	1611	185	18315	23	9	580	130	85	924	1	17	6	21	0	4	8	7	84	0,92	3369
10	15fev036	Tumiac IM 0858-11	3316	628	206690	8567	237189	2222	2560	1194	2296	4207	75	12864	11	18	221	70	55	767	0	16	11	29	2	6	12	22	66	1,83	6503
10	15fev037	Tumiac IM 0858-12	1993	0	212590	0	240982	460	572	3098	2637	1861	0	20672	1	0	70	88	45	294	0	2	9	77	4	10	10	7	82	0,71	4498
10	15fev038	Tumiac IM 0858-13	1421	228	216004	0	244674	716	1278	712	1017	2815	0	13164	11	9	222	115	774	1911	1	8	9	10	4	0	6	17	77	2,77	3832
10	15fev039	Tumiac IM 0858-14	1817	735	213786	0	242851	557	682	165	1276	1866	0	20135	20	4	276	105	84	2536	0	1	0	0	3	15	5	8	87	1,46	3142
10	15fev040	Tumiac IM 0858-15	2874	117	219400	1357	237175	2734	1523	821	2425	2577	5	12337	23	54	211	107	200	464	0	13	4	7	0	17	14	15	71	1,06	5002
10	15fev041	Tumiac IM 0858-16	2031	584	217680	0	241470	1280	770	576	1691	2204	0	15206	13	6	210	65	189	1206	0	7	2	10	2	2	9	12	80	1,3	3895
10	15fev042	Tumiac IM 0858-17	1779	999	205805	3684	227771	1288	2272	2718	1046	1049	0	41844	0	13	347	108	15	530	8	53	11	49	0	0	2	2	95	1	2095
10	15fev043	Tumiac IM 0858-18	2120	137	211534	4374	238088	1540	1127	1512	2914	2444	0	16937	4	24	151	100	147	519	2	61	8	100	3	8	13	11	76	0,84	5358
10	15fev044	Tumiac IM 0858-19	1375	121	205921	0	241878	663	799	509	581	2266	0	32152	0	2	378	107	46	1108	3	14	5	0	5	19	2	6	92	3,9	2847
10	15fev045	Tumiac IM 0858-20	2758	375	200370	938	230216	2060	1160	3254	900	1516	0	49433	0	7	202	112	89	2269	0	14	11	132	0	6	2	3	95	1,68	2416
10	15fev046	Tumiac IM 0858-21	1794	385	211531	0	243173	570	846	492	1872	3477	0	19503	11	2	216	130	68	820	0	16	10	9	0	16	8	14	78	1,86	5349
10	15fev047	Tumiac IM 0858-22	3364	489	211102	5180	234498	3829	2265	673	2089	2644	0	17776	22	37	292	163	35	868	0	36	8	12	0	10	9	12	79	1,27	4733
10	15fev048	Tumiac IM 0858-23	1274	22	215276	0	244636	396	738	945	1616	2606	3	14374	7	2	126	83	345	964	0	7	0	5	3	29	9	14	77	1,61	4222
10	15fev049	Tumiac IM 0858-24	1977	0	213560	0	241231	642	1026	2224	3263	2272	23	17401	15	8	97	111	42	551	4	21	7	129	0	0	14	10	76	0,7	5535
10	15fev050	Tumiac IM 0858-25	704	0	217261	0	247074	166	879	271	1279	1832	0	11541	16	0	362	43	233	314	1	29	7	7	0	5	9	13	79	1,43	3111
10	15fev058	Tumiac IM 0858-27	2131	0	205892	0	235448	804	859	3651	849	1954	0	38211	13	0	54	68	105	2175	9	31	0	75	9	3	2	5	93	2,3	2803
10	15fev059	Tumiac IM 0858-28	2234	62	212231	0	234433	2032	1430	632	1901	4356	0	28241	10	63	184	130	58	1260	0	3	15	35	0	24	6	13	82	2,29	6257
10	15fev060	Tumiac IM 0858-29	2535	377	215752	1832	232927	1716	1509	937	1586	2958	23	21842	17	26	198	72	46	1329	0	108	22	29	14	4	6	11	83	1,87	4544
10	15fev061	Tumiac IM 0858-30	2724	168	214058	0	233602	3598	1380	976	2457	2297	17	23073	11	20	169	131	97	587	2	25	12	15	1	0	9	8	83	0,93	4754
10	15fev062	Tumiac IM 0858-26	1903	71	207898	0	236758	844	799	3348	806	1758	0	34884	0	1	45	70	93	1999	8	29	6	65	0	28	2	5	93	2,18	2564
10	15fev065	Tumiac IM 0858-31	1375	674	212451	3066	240828	930	1662	575	2242	3700	23	15354	14	13	403	154	56	905	5	15	0	0	8	8	11	17	72	1,65	5942
10	15fev066	Tumiac IM 0858-32	2705	179	214575	10501	234810	959	2125	722	1964	2611	34	9922	13	13	286	69	391	385	0	20	5	5	0	23	14	18	68	1,33	4575
10	15fev067	Tumiac IM 0858-33	4331	360	204418	0	231536	4058	2436	891	1246	1026	0	40074	23	24	188	160	15	977	0	22	4	17	7	8	3	2	95	0,82	2272
10	15fev068	Tumiac IM 0858-34	1587	39	219791	0	246024	598	689	278	2738	1653	14	6464	26	13	130	111	198	1227	5	10	3	0	3	0	25	15	60	0,6	4391
10	15fev069	Tumiac IM 0858-35	662	0	207710	0	238514	371	210	1346	1045	949	0	37464	0	0	35	92	31	584	0	10	0	29	0	30	3	2	95	0,91	1994
10	15fev070	Tumiac IM 0858-36	1694	32	191550	0	232668	353	1301	3278	2100	2206	0	60482	0	0	146	133	95	26	0	26	12	16	12	4	3	3	93	1,05	4306
10	15fev071	Tumiac IM 0858-37	1150	0	208256	0	237855	244	691	1343	1308	860	0	36504	16	0	159	34	21	340	0	0	5	73	0	48	3	2	94	0,66	2168
10	15fev072	Tumiac IM 0858-38	1417	0	213325	0	242190	630	784	1245	1561	2525	13	20075	18	14	132	52	406	698	3	15	6	15	0	6	6	10	83	1,62	4086
10	15fev073	Tumiac IM 0858-39	2228	54	216938	2432	239536	1205	1051	557	2097	4624	50	12430	23	24	197	101	268	1049	2	8	8	9	0	19	11	24	65	2,21	6721
10	15fev074	Tumiac IM 0858-40	1439	0	212749	0	243256	409	1177	218	3040	3237	7	17781	6	4	338	15	386	136	0	17	14	0	2	16	13	13	74	1,06	6277
10	15fev077	Tumiac IM 0858-41	2420	392	212828	0	244655	1125	2160	394	387	1432	0	15998	25	5	353	93	56	2715	5	538	2	17	5	0	2	8	90	3,7	1819

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
10	15fev078	Tumiac IM 0858-42	2073	324	215396	0	243221	1278	900	589	1538	1634	60	14348	11	10	116	50	39	1378	0	25	3	0	0	27	9	9	82	1,06	3172
10	15fev079	Tumiac IM 0858-43	1705	406	216302	0	243548	595	1015	954	1064	1696	0	13111	12	8	45	54	38	710	0	12	19	22	3	28	7	11	83	1,59	2760
10	15fev080	Tumiac IM 0858-44	1262	0	216280	0	244190	714	1527	757	1317	2222	0	12741	14	12	148	117	47	664	3	21	12	2	7	19	8	14	78	1,69	3539
10	15fev081	Tumiac IM 0858-45	1400	15	217958	0	245669	618	756	918	1015	1619	2	10714	2	0	48	79	39	685	0	6	2	5	0	11	8	12	80	1,6	2634
10	15fev082	Tumiac IM 0858-46	1816	434	206730	0	240335	1315	1087	1091	819	1063	0	31449	4	8	553	136	17	630	0	2	9	23	3	35	2	3	94	1,3	1882
10	15fev083	Tumiac IM 0858-47	1365	0	219308	0	245950	387	772	1575	1686	678	4	8390	10	3	69	59	21	208	2	14	6	27	0	21	16	6	78	0,4	2364
10	15fev084	Tumiac IM 0858-48	2426	2	215448	0	244110	1268	808	1200	2220	2485	0	12226	6	2	50	61	164	708	5	8	7	26	3	20	13	15	72	1,12	4705
10	15fev085	Tumiac IM 0858-49	1210	26	213454	0	244308	176	431	1670	2055	1729	0	17898	3	0	68	50	79	612	1	4	4	6	0	12	9	8	83	0,84	3784
10	15fev086	Tumiac IM 0858-50	1384	0	214354	0	243516	338	301	1753	1144	752	0	19973	0	6	69	55	18	437	0	2	12	17	0	30	5	3	91	0,66	1896
10	15fev089	Tumiac IM 0858-51	2502	69	214811	432	241540	1053	1464	1447	2208	1440	70	15237	15	9	144	58	23	395	0	16	2	25	3	11	12	8	81	0,65	3648
10	15fev090	Tumiac IM 0858-52	2224	405	213449	0	239649	1364	1324	1698	2326	1746	1	20103	21	15	81	87	40	836	6	22	6	7	0	16	10	7	83	0,75	4072
10	15fev091	Tumiac IM 0858-53	1455	0	212525	0	242868	769	744	1818	867	1653	2	19907	7	1	104	22	54	680	0	11	5	17	3	10	4	7	89	1,91	2520
10	15fev092	Tumiac IM 0858-54	3731	320	207462	0	237048	2678	1310	1785	1640	1029	0	30311	0	12	94	70	42	526	0	83	11	29	0	0	5	3	92	0,63	2669
10	15fev093	Tumiac IM 0858-55	2422	0	211794	0	241014	1488	1291	1134	1168	2339	12	21797	5	17	99	90	317	1072	5	32	5	13	0	10	5	9	86	2	3507
10	15fev094	Tumiac IM 0858-56	3067	206	211012	0	239352	1505	2006	3014	3893	984	11	16931	8	14	123	96	40	396	0	82	18	37	0	3	18	5	78	0,25	4877
10	15fev095	Tumiac IM 0858-57	1504	15	204392	0	239792	490	954	1630	3081	4988	0	31570	0	3	375	29	235	682	0	7	18	0	0	0	8	13	80	1,62	8069
10	15fev096	Tumiac IM 0858-58	1795	281	211792	0	244345	851	1733	581	600	531	0	19367	16	7	552	35	28	667	1	6	6	4	0	29	3	3	94	0,89	1131
10	15fev097	Tumiac IM 0858-59	1648	0	218928	0	244078	584	1644	230	1043	1543	13	11386	9	18	102	31	5	1195	2	337	15	0	3	12	7	11	81	1,48	2586
10	15fev098	Tumiac IM 0858-60	1493	447	202216	0	237515	730	3964	1179	1689	2126	439	36966	0	7	191	30	30	1189	0	41	20	29	0	14	4	5	91	1,26	3815
10	15fev101	Tumiac IM 0858-61	1965	0	209011	0	240271	734	516	1775	1064	1199	0	29444	24	0	29	31	50	1047	0	9	12	78	0	11	3	4	93	1,13	2263
10	15fev102	Tumiac IM 0858-62	2138	0	214704	0	245916	779	1352	771	1899	2052	0	11221	12	2	77	30	134	678	0	15	3	8	0	23	13	14	74	1,08	3951
10	15fev103	Tumiac IM 0858-63	2858	598	208617	0	240259	2226	1917	1327	1727	3163	0	22198	17	19	95	74	235	987	0	6	5	4	0	7	6	12	82	1,83	4890
10	15fev104	Tumiac IM 0858-64	1191	198	217243	0	248288	516	594	820	1346	1208	6	8096	25	7	46	67	63	774	3	2	4	4	0	18	13	11	76	0,9	2554
10	15fev105	Tumiac IM 0858-65	1321	515	212141	0	243093	664	2256	841	1644	893	34	19341	41	9	472	103	29	291	0	108	0	0	0	14	8	4	88	0,54	2537
10	15fev106	Tumiac IM 0858-66	1484	0	216571	0	247187	437	753	445	874	1507	9	11013	17	6	57	49	48	945	0	49	4	0	0	0	7	11	82	1,72	2381
10	15fev107	Tumiac IM 0858-67	1576	510	200454	0	234648	656	918	2315	1401	1919	0	47702	0	0	130	64	32	862	0	6	17	63	0	27	3	4	93	1,37	3320
10	15fev108	Tumiac IM 0858-68	5087	108	195163	43535	217522	1119	1328	721	1296	2063	17	14748	14	36	148	54	373	632	0	28	10	2	0	6	7	11	81	1,59	3359
10	15fev109	Tumiac IM 0858-69	1604	81	213774	0	244978	721	418	682	1840	2466	0	15293	12	4	80	35	99	804	1	4	7	38	5	14	9	13	78	1,34	4306
10	15fev111	Tumiac IM 0858-70	1754	16	214520	0	247868	810	914	742	1084	1175	12	11483	13	3	71	22	68	1382	0	11	1	10	0	20	8	9	84	1,08	2259
10	15fev112	Tumiac IM 0858-71	1224	569	204053	0	241491	284	847	1158	698	747	0	35817	0	0	48	66	26	1441	4	10	0	24	0	0	2	2	96	1,07	1445
10	15fev113	Tumiac IM 0858-72	1359	45	210770	0	244528	244	625	217	720	1578	6	22342	14	0	66	56	19	805	0	26	8	16	8	0	3	6	91	2,19	2298
10	15fev114	Tumiac IM 0858-73	2169	218	213896	0	239830	925	1046	2749	2343	2494	10	16752	13	6	201	122	64	560	0	11	25	81	0	0	11	12	78	1,06	4837
10	15fev115	Tumiac IM 0858-74	1861	442	195735	0	213217	979	725	1542	1856	779	0	88022	0	8	136	91	58	863	0	6	4	42	0	23	2	1	97	0,42	2635
10	15fev116	Tumiac IM 0858-75	2579	606	209732	232	241939	1060	878	1365	968	1632	18	23733	24	12	247	34	216	2385	1	19	14	18	5	0	4	6	90	1,69	2600
10	15fev126	Tumiac IM 0858-76	1722	0	215166	0	241439	787	1198	1137	1299	1555	0	18436	19	2	36	51	64	1073	2	14	8	47	3	0	6	7	87	1,2	2854
10	15fev127	Tumiac IM 0858-77	3207	0	214121	0	234350	2412	1535	2348	3753	1789	15	22545	14	14	113	266	46	490	7	14	15	73	0	28	13	6	80	0,48	5542
10	15fev128	Tumiac IM 0858-78	3329	0	190371	63125	202534	1446	1997	1154	2228	3457	22	13893	42	62	88	35	307	699	7	38	3	37	0	24	11	18	71	1,55	5685
10	15fev129	Tumiac IM 0858-79	2262	0	199547	0	228253	925	417	1736	541	954	0	62037	3	0	57	37	16	687	0	0	14	135	0	39	1	2	98	1,76	1495
10	15fev132	Tumiac IM 0858-80	3140	253	211484	0	233048	1029	4459	502	945	1534	0	29935	32	8	1132	47	124	932	22	114	6	8	0	20	3	5	92	1,62	2479
10	15fev133	Tumiac IM 0858-81	2136	84	221232	0	243715	1202	1144	189	1143	1282	12	8277	14	10	163	81	28	1342	0	9	0	0	0	4	11	12	77	1,12	2425

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
10	15fev134	Tumiac IM 0858-82	1972	464	216471	0	241291	587	866	316	480	1510	0	18069	9	8	938	94	33	2161	0	19	3	0	0	0	2	8	90	3,15	1990
10	15fev135	Tumiac IM 0858-83	1462	0	221861	0	242991	339	664	1619	2622	2132	6	7194	8	3	60	39	29	434	0	12	3	12	0	14	22	18	60	0,81	4754
10	15fev136	Tumiac IM 0858-84	1699	538	211074	0	237849	1312	1927	1247	1339	2168	0	26982	0	6	93	118	54	859	0	8	4	25	0	6	4	7	88	1,62	3507
10	15fev137	Tumiac IM 0858-85	2171	0	215726	0	241252	1038	754	716	2422	5669	0	14302	8	0	64	23	268	1473	0	3	8	7	7	4	11	25	64	2,34	8091
10	15fev138	Tumiac IM 0858-86	1486	597	209802	0	238022	278	786	1004	1114	1272	0	32652	17	0	85	69	48	1635	0	10	2	17	0	2	3	4	93	1,14	2386
10	15fev139	Tumiac IM 0858-87	2652	756	200453	1390	231103	1367	10455	2314	1764	2765	27	35855	0	14	156	109	152	1195	0	34	10	96	10	22	4	7	89	1,57	4529
10	15fev140	Tumiac IM 0858-88	2640	0	208274	4230	228741	1324	1331	4712	3651	2043	0	32880	0	5	76	92	286	453	0	71	8	126	0	16	9	5	85	0,56	5694
10	15fev141	Tumiac IM 0858-89	1315	156	215789	0	242587	427	1644	382	600	1616	7	18533	7	8	371	74	361	1431	0	1003	4	0	0	5	3	8	89	2,69	2216
10	15fev144	Tumiac IM 0858-90	2285	190	216114	0	243357	2339	1232	1016	1921	1474	15	10651	10	20	126	98	63	999	0	20	16	30	0	0	14	10	76	0,77	3395
10	15fev146	Tumiac IM 0858-91	2710	147	212809	0	238394	776	1379	1696	1934	3583	0	22832	5	8	159	1686	117	1036	0	17	6	8	0	22	7	13	81	1,85	5517
10	15fev147	Tumiac IM 0858-92	1115	0	213484	0	241113	643	704	2186	1246	1586	0	22627	14	2	112	127	52	859	4	10	9	54	0	0	5	6	89	1,27	2832
10	15fev148	Tumiac IM 0858-93	672	158	210853	0	241161	542	374	1229	674	993	0	28318	0	5	138	71	26	783	0	0	10	58	0	11	2	3	94	1,47	1667
10	15fev149	Tumiac IM 0858-94	1383	306	213246	0	241630	701	1320	874	1636	3337	26	20045	3	15	114	31	23	1510	0	19	8	9	8	26	7	13	80	2,04	4973
10	15fev150	Tumiac IM 0858-95	1391	0	218927	0	245220	319	659	1853	1866	1672	0	8573	14	4	67	51	42	622	0	22	9	22	5	19	15	14	71	0,9	3538
10	15fev151	Tumiac IM 0858-96	1453	0	208668	0	241998	247	388	577	837	1096	0	30878	18	0	164	23	48	1651	5	3	3	2	2	12	3	3	94	1,31	1933
10	15fev152	Tumiac IM 0858-97	1721	0	216299	0	243512	744	1100	818	2088	2408	16	12728	18	6	89	110	130	932	0	5	2	22	5	20	12	14	74	1,15	4496
10	15fev153	Tumiac IM 0858-98	1102	0	218142	0	246450	346	707	821	1450	1456	8	8923	35	8	221	94	77	708	0	14	9	0	0	4	12	12	75	1	2906
10	15fev154	Tumiac IM 0858-99	3105	833	195923	11178	233218	1340	2155	1009	4586	1746	18	31797	6	9	345	143	233	338	10	11	0	40	0	2	12	5	83	0,38	6332
10	15fev157	Tumiac IM 0858-100	2248	260	214465	0	241154	843	1304	1306	1769	1879	7	18678	18	5	193	57	85	1942	4	22	0	5	4	12	8	8	84	1,06	3648
10	15fev158	Tumiac IM 0858-101	1696	34	215738	0	243886	488	989	1090	1046	1414	10	15018	7	6	60	40	30	521	0	5	7	21	2	24	6	8	86	1,35	2460
10	15fev159	Tumiac IM 0858-102	1401	0	213430	0	246249	256	421	1252	2383	1850	0	14625	33	0	38	47	99	952	4	1	8	8	0	3	13	10	78	0,78	4233
10	15fev160	Tumiac IM 0858-103	2567	437	202117	4348	222008	2027	2650	4840	1950	3358	32	47940	8	49	323	166	42	843	0	112	8	118	0	36	4	6	90	1,72	5308
10	15fev161	Tumiac IM 0858-104	2472	902	211428	4842	237199	2430	1704	738	2452	3654	24	14639	34	46	239	120	248	875	2	8	2	17	13	53	12	18	71	1,49	6106
10	15fev162	Tumiac IM 0858-105	2800	806	202758	0	223685	2703	2323	1931	827	922	0	58634	0	2	159	111	65	787	0	16	10	72	0	37	1	2	97	1,11	1749
10	15fev163	Tumiac IM 0858-106	1528	0	217414	0	246169	432	1912	390	888	978	0	9914	6	4	62	42	17	410	3	405	12	12	0	18	8	8	84	1,1	1866
10	15fev164	Tumiac IM 0858-107	1557	362	215001	719	243594	744	2080	1291	1032	1159	15	14247	11	6	126	36	25	779	0	6	4	5	0	16	6	7	87	1,12	2191
10	15fev166	Tumiac IM 0858-108	1406	0	217073	0	247404	335	517	221	2060	1112	3	9768	12	0	16	16	36	702	2	8	11	2	3	0	16	9	75	0,54	3172
10	15fev167	Tumiac IM 0858-109	1704	0	212917	7734	240022	886	1341	514	1856	2218	16	11647	27	6	174	31	54	1304	0	51	9	27	6	6	12	14	74	1,2	4074
10	15fev171	Tumiac IM 0858-110	1616	0	197674	0	230683	603	927	1718	667	1201	0	60025	2	0	66	62	58	1035	0	10	0	98	0	49	1	2	97	1,8	1868
10	15fev172	Tumiac IM 0858-111	1859	194	213669	0	242539	1212	971	498	2849	3148	30	15765	17	25	77	81	133	1146	1	7	2	19	5	10	13	14	72	1,1	5997
10	15fev173	Tumiac IM 0858-112	2344	74	211627	0	242478	946	514	613	1808	2643	1	20773	4	0	42	59	99	1334	0	3	7	9	5	20	7	10	82	1,46	4451
10	15fev174	Tumiac IM 0858-113	1369	147	214136	0	244382	505	2534	1384	2732	1225	17	13684	15	6	142	36	28	480	0	17	13	30	0	8	15	7	78	0,45	3957
10	15fev175	Tumiac IM 0858-114	1184	471	211957	0	243400	441	2326	455	1218	1602	6	20004	13	6	102	30	44	2380	0	2	8	9	0	12	5	7	88	1,32	2820
10	15fev176	Tumiac IM 0858-115	1465	157	214058	0	243930	1153	1062	929	1075	3010	10	15584	20	10	264	104	883	2082	0	3	9	7	10	0	5	15	79	2,8	4085
10	15fev177	Tumiac IM 0858-116	3672	883	209488	2312	236213	5083	2892	3568	3155	3621	16	13741	36	56	276	206	192	521	3	14	20	8	3	33	15	18	67	1,15	6776
10	15fev178	Tumiac IM 0858-117	4462	658	211769	0	237432	5759	2464	965	1971	4073	22	14358	33	87	460	264	381	730	4	0	8	4	0	8	10	20	70	2,07	6044
10	15fev179	Tumiac IM 0858-118	1974	337	209316	0	239081	938	782	1670	1030	1213	11	29318	0	4	76	62	71	869	3	10	12	53	0	26	3	4	93	1,18	2243
13	11mai006	IM 0860-01	1808	390	215534	0	250506	284	180	533	2200	1238	0	6999	14	2	30	42	28	331	0	0	3	0	0	19	21	12	67	0,56	3438
13	11mai007	IM0860-01	1678	0	213345	0	251466	616	489	661	2286	1295	3	7390	14	5	29	44	32	310	0	0	2	4	0	0	21	12	67	0,57	3581
13	11mai008	IM0860-02	1520	478	203856	0	248214	380	105	2057	2800	1896	88	23193	23	11	40	153	30	407	7	3	31	63	6	20	10	7	83	0,68	4696

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
13	11mai009	IM0860-03	2157	687	204626	0	245098	1279	1561	1382	2787	2605	52	22950	41	19	211	199	66	382	0	11	8	73	0	26	10	9	81	0,93	5392
13	11mai010	IM0860-05	2556	787	203174	0	247020	960	949	1335	1661	2188	2	23480	19	16	129	76	26	911	0	5	9	42	0	28	6	8	86	1,32	3849
13	11mai011	IM0860-06	1587	528	203114	0	249741	533	255	5160	2788	3732	15	16972	6	5	14	107	108	560	0	4	0	113	0	29	12	16	72	1,34	6520
13	11mai012	IM0860-08	6316	1695	190385	7172	228184	4164	2903	1483	4210	2726	13	44396	46	24	176	157	60	1541	9	0	14	25	0	0	8	5	86	0,65	6936
13	11mai013	IM0860-09	2319	729	202073	0	245752	836	481	540	834	3189	0	30036	47	15	359	38	389	5418	11	3	0	0	0	19	2	9	88	3,82	4023
13	11mai014	IM0860-11	1191	510	208240	0	250680	304	215	2439	1954	2176	0	14131	22	9	22	43	34	486	2	0	7	12	8	12	11	12	77	1,11	4130
13	11mai015	IM0860-14	2600	846	209448	0	250760	751	728	765	1333	1411	0	11880	18	8	54	44	52	700	0	38	17	10	0	25	9	10	81	1,06	2744
13	11mai017	IM0860-04	1956	744	200288	0	255132	994	1165	2113	1357	742	9	15882	46	11	155	39	16	118	3	3	15	21	0	0	8	4	88	0,55	2099
13	11mai018	IM0860-07	4955	472	197132	0	245044	2413	1719	1019	1664	2510	8	28424	61	24	142	48	56	821	0	11	7	24	0	7	5	8	87	1,51	4174
13	11mai019	IM0860-10	3950	850	197214	0	249572	1646	1129	1681	4154	644	13	23191	55	21	166	106	34	243	2	0	18	52	0	5	15	2	83	0,16	4798
13	11mai020	IM0860-11	1698	264	205662	0	255064	268	235	1366	2127	2047	46	9442	41	14	52	47	36	500	4	0	7	7	0	8	16	15	69	0,96	4174
13	11mai021	IM0860-12	2521	1264	203525	0	254345	1154	645	554	813	1279	9	13850	43	14	221	54	43	1530	0	56	0	9	0	3	5	8	87	1,57	2092
13	11mai022	IM0860-13	2550	1203	194915	0	253010	796	820	324	672	1542	0	27856	27	15	159	33	27	1478	0	0	10	0	7	23	2	5	93	2,29	2214
13	11mai023	IM0860-14	4014	548	204777	0	254633	1064	1018	512	1159	1040	12	8731	25	8	113	40	48	698	0	56	9	4	0	13	11	10	80	0,9	2199
13	11mai024	IM0860-15	3402	832	201997	0	251652	1102	1925	674	1030	2601	15	15420	52	26	89	43	55	821	0	5	8	10	3	19	5	14	81	2,53	3631
13	11mai025	IM0860-16	2606	382	201566	0	250106	846	724	1819	2627	1950	32	19533	46	18	47	36	169	423	4	7	3	125	0	0	11	8	81	0,74	4577
13	11mai026	IM0860-17	1454	855	202965	0	253198	182	270	1405	1712	1139	0	18390	29	15	16	22	39	413	3	0	0	6	3	0	8	5	87	0,67	2851
13	11mai027	IM0860-18	4799	910	203885	0	248318	1916	1178	2078	1416	436	25	16586	20	17	53	51	29	356	2	0	7	62	6	0	8	2	90	0,31	1852
13	11mai028	IM0860-19	3827	573	205048	0	251226	1725	1343	896	1398	1965	31	11842	38	33	83	43	173	453	4	5	0	16	3	0	9	13	78	1,41	3363
13	11mai029	IM0860-20	1307	594	207464	0	252963	219	189	373	1302	1139	16	14443	39	16	24	35	95	1686	3	0	0	13	0	26	8	7	86	0,87	2441
13	11mai030	IM0860-21	4482	982	195903	0	248775	1362	6158	1136	2166	1677	17	22579	56	30	45	38	23	580	0	128	6	0	7	0	8	6	85	0,77	3843
13	11mai031	IM0860-22	1996	1068	206261	0	254624	381	1108	647	2369	1208	22	10107	33	6	31	31	64	402	0	0	9	9	0	18	17	9	74	0,51	3577
13	11mai032	IM0860-23	4672	821	194391	0	240557	1243	1758	1069	784	1342	4	43068	76	24	206	52	46	717	0	0	9	22	0	4	2	3	95	1,71	2126
13	11mai033	IM0860-24	3118	863	202022	0	252175	950	1350	931	618	877	12	18741	44	22	74	37	35	1047	0	0	13	16	0	13	3	4	93	1,42	1495
13	11mai034	IM0860-25	2271	614	204261	0	253736	865	4576	802	1602	3804	24	7095	34	10	55	39	181	816	0	0	6	0	0	18	13	30	57	2,37	5406
13	11mai035	IM0860-26	4256	728	190825	0	248248	1661	3628	1081	1721	3520	76	28004	99	46	340	61	256	711	3	62	15	28	14	0	5	11	84	2,05	5241
13	11mai036	IM0860-27	4554	250	195158	0	233234	1109	1713	1318	799	594	0	55401	63	23	109	57	18	512	0	8	15	24	8	32	1	1	98	0,74	1393
13	11mai037	IM0860-28	9594	703	192944	0	245186	2326	3055	680	818	1867	7	26501	90	33	447	107	51	297	0	0	0	0	6	47	3	6	91	2,28	2685
13	11mai038	IM0860-29	6690	456	197267	0	248874	1430	2094	1599	1442	768	51	21607	58	24	130	140	24	179	4	7	5	42	7	0	6	3	91	0,53	2210
13	11mai039	IM0860-30	13779	1508	153875	28239	203957	4524	6822	1990	416	507	42	86942	143	83	252	158	24	852	0	0	0	66	0	52	0	1	99	1,22	923
13	11mai040	IM0860-31	4381	578	207244	0	252556	890	817	738	1228	1234	2	10097	34	14	30	42	48	998	2	10	6	16	0	13	10	10	80	1	2462
13	11mai041	IM0860-32	3481	663	200658	0	252016	1389	3866	2111	1711	2196	66	11482	18	38	100	132	81	1010	0	13	18	22	0	14	11	14	75	1,28	3907
13	11mai042	IM0860-33	5309	541	201084	0	250066	990	2817	984	1803	2900	65	13128	27	21	83	74	424	401	0	0	0	10	0	0	10	16	74	1,61	4703
13	11mai043	IM0860-34	10033	1032	192575	5991	236663	2702	3206	2288	2696	3621	78	24015	51	47	132	81	184	1129	0	42	0	74	0	36	9	12	79	1,34	6317
13	11mai044	IM0860-35	3859	298	202265	0	242671	825	466	815	702	1182	36	33555	59	23	104	59	26	789	16	10	0	0	0	10	2	3	95	1,68	1884
13	11mai045	IM0860-36	4236	183	207307	0	254069	1105	972	743	1758	988	25	7270	43	44	57	43	26	621	0	0	18	11	0	6	18	10	73	0,56	2746
13	11mai046	IM0860-37	5106	285	193494	841	239680	1408	2035	1863	849	1277	10	42045	63	20	170	52	60	958	14	5	12	131	7	13	2	3	95	1,5	2126
13	11mai047	IM0860-38	5057	302	205191	0	251450	1076	1341	264	1972	2642	73	10629	32	22	105	110	211	418	0	9	7	6	0	46	13	17	70	1,34	4614
13	11mai048	IM0860-39	5180	0	197939	0	239067	796	567	1236	944	1272	0	42413	64	28	112	51	25	1042	0	0	7	69	0	0	2	3	95	1,35	2216
13	11mai049	IM0860-40	5189	482	198521	607	243260	1465	1742	990	905	1401	17	31233	53	34	131	54	35	1213	22	8	5	116	0	0	3	4	93	1,55	2306

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
13	11mai053	IM0860-41	5616	1028	198392	0	247541	2596	944	1596	704	1258	6	25165	36	12	54	29	53	989	0	4	0	10	8	27	3	5	93	1,79	1962
13	11mai054	IM0860-42	5616	1028	198392	0	247541	2596	944	1789	4222	6081	119	25165	131	49	167	115	792	750	4	0	39	0	0	13	12	17	71	1,44	10303
13	11mai055	IM0860-43	1590	765	200681	0	252193	431	701	440	1018	1075	12	23181	67	19	96	31	35	1518	0	8	3	4	11	38	4	4	92	1,06	2093
13	11mai056	IM0860-44	1313	901	203771	0	252611	384	413	752	1283	1585	4	17745	35	22	84	32	34	666	0	7	4	0	0	23	6	8	86	1,24	2868
13	11mai057	IM0860-45	1452	826	206974	0	252417	475	1210	462	1444	657	17	13950	60	14	111	50	27	678	6	8	0	0	0	0	9	4	87	0,45	2101
13	11mai058	IM0860-46	2244	1024	193446	7638	247245	1302	2855	1480	2201	3127	31	17628	85	38	260	81	407	743	13	5	5	31	5	94	10	14	77	1,42	5328
13	11mai059	IM0860-47	2109	502	182267	17992	237293	898	2374	1147	3418	3280	44	33860	91	30	313	74	194	985	0	10	12	14	8	65	8	8	83	0,96	6698
13	11mai060	IM0860-48	1436	1011	201119	0	250382	587	960	1480	726	1300	28	22981	21	3	85	42	99	1890	0	8	10	77	12	14	3	5	92	1,79	2026
13	11mai061	IM0860-49	2583	1024	181842	10068	236941	1268	3172	3610	2089	3533	58	43380	85	91	167	75	88	1674	0	48	0	113	5	17	4	7	89	1,69	5622
13	11mai062	IM0860-50	1448	1250	200540	0	248022	462	4396	330	566	1992	20	25216	101	36	281	34	332	4568	0	0	0	3	0	37	2	7	91	3,52	2558
13	11mai063	IM0860-51	3593	475	191269	8713	242889	1670	3211	2424	1588	2150	35	25574	45	19	183	50	432	792	30	10	0	47	0	0	5	7	87	1,35	3738
13	11mai064	IM0860-52	1469	416	202204	0	248298	390	451	1171	1628	3854	27	26805	56	23	91	53	64	1220	0	0	3	20	5	9	5	12	83	2,37	5482
13	11mai065	IM0860-54	1427	774	204415	0	252248	425	162	990	1532	2716	81	15886	9	25	44	61	232	697	0	0	0	12	0	33	8	13	79	1,77	4248
13	11mai066	IM0860-53	2327	861	193385	5020	249912	1240	3283	640	1667	3056	64	18242	46	10	200	104	30	1266	0	9	14	14	0	23	7	13	79	1,83	4723
13	11mai067	IM0860-55	1067	520	194653	0	246465	309	1069	650	2505	2354	6	38557	65	36	266	27	310	1590	0	21	7	17	0	41	6	5	89	0,94	4859
13	11mai068	IM0860-56	1707	569	204746	0	253769	831	2688	700	3336	1448	32	10062	22	15	66	43	70	542	8	6	0	10	0	8	22	10	68	0,43	4784
13	11mai069	IM0860-57	2012	454	198553	0	252957	646	1602	1045	2839	3107	88	18402	67	26	90	73	141	998	0	49	7	0	0	12	12	13	76	1,09	5946
13	11mai070	IM0860-58	1732	406	190511	0	246862	547	2799	882	1633	2707	48	38182	106	26	336	69	286	94	0	16	9	0	0	24	4	6	90	1,66	4340
13	11mai071	IM0860-59	2294	551	202716	0	249156	716	1437	1567	890	1337	9	21614	46	26	107	46	29	580	0	0	0	77	14	15	4	6	91	1,5	2227
13	11mai072	IM0860-60	2382	1205	206774	0	253351	546	672	1510	3791	1710	38	7958	33	16	43	58	31	470	4	0	0	93	0	0	28	13	59	0,45	5501
13	11mai073	IM0860-61	1271	1103	200149	0	252990	671	306	2670	1849	1504	24	19532	76	26	57	49	28	284	0	2	6	185	0	35	8	7	85	0,81	3353
13	11mai074	IM0860-62	2805	1076	205261	0	252246	767	1345	1677	1236	1346	21	13562	51	19	82	29	87	686	3	12	0	45	0	6	8	8	84	1,09	2582
13	11mai075	IM0860-63	2192	1160	190388	11532	245920	1663	5186	2000	2622	2453	91	12501	53	22	362	129	77	602	10	17	6	20	0	10	15	14	71	0,94	5075
13	11mai076	IM0860-64	1788	1264	206420	0	253638	444	1162	796	1572	1477	4	12784	26	15	109	29	218	1604	0	0	7	5	0	32	10	9	81	0,94	3049
13	11mai077	IM0860-65	1464	353	197079	0	251492	727	1168	1575	856	1236	27	27599	11	23	72	54	79	996	0	0	0	199	5	0	3	4	93	1,44	2092
13	11mai078	IM0860-66	2614	598	195877	0	249768	1222	3425	3904	4145	4095	78	19897	71	32	90	99	139	643	2	0	0	83	0	0	15	15	71	0,99	8240
13	11mai079	IM0860-67	1671	307	198216	0	252664	441	750	1846	2164	2385	67	21334	70	22	45	63	60	377	0	0	10	48	0	42	8	9	82	1,1	4549
13	11mai080	IM0860-68	1406	431	197812	0	249959	420	1656	683	1653	2396	20	28343	96	24	224	75	124	922	0	72	9	33	0	0	5	7	88	1,45	4049
13	11mai081	IM0860-69	1425	633	200163	0	251225	624	1339	404	1148	2515	43	23657	40	23	145	70	207	1781	0	0	7	0	13	13	4	9	87	2,19	3663
13	11mai082	IM0860-70	1430	492	189316	0	261742	478	637	2361	2042	1108	30	18135	14	18	52	55	32	682	0	0	14	41	0	39	10	5	85	0,54	3150
13	11mai083	IM0860-71	2071	657	208517	0	251912	929	2341	515	2050	1742	32	8745	28	15	94	40	39	428	0	2	7	19	4	20	16	14	70	0,85	3792
13	11mai084	IM0860-72	1804	778	203168	0	251656	526	2137	572	1859	2249	78	15511	68	31	188	104	1031	2179	6	12	5	0	0	28	9	11	79	1,21	4108
13	11mai085	IM0860-73	2328	1447	201918	0	248984	678	2112	1750	886	996	4	23041	26	20	36	30	41	572	0	2	10	30	0	33	4	4	92	1,12	1882
13	11mai086	IM0860-74	1557	737	201810	0	251746	639	1466	2776	1341	2578	80	15894	48	37	54	64	90	507	0	2	12	157	0	0	7	13	80	1,92	3919
13	11mai087	IM0860-75	1669	828	204824	0	256813	470	990	884	1130	1272	45	8760	26	18	83	35	22	528	0	4	5	13	0	23	10	11	78	1,13	2402
13	11mai088	IM0860-76	1470	1570	198606	0	207128	0	97190	106	398	684	9	4797	39	9	126	44	4	620	0	18	0	3	0	3	7	12	82	1,72	1082
13	11mai089	IM0860-77	1560	932	203058	0	248434	755	1418	1052	953	1103	10	24225	38	22	50	22	42	1254	4	15	0	0	5	0	4	4	92	1,16	2056
13	11mai090	IM0860-78	3826	1029	180048	16236	236943	2467	3873	2143	3226	2448	62	31538	116	158	133	52	79	436	0	47	8	68	0	29	9	7	85	0,76	5674
13	11mai091	IM0860-79	2790	879	202357	0	253085	962	3022	452	730	1552	49	12529	16	28	61	65	28	647	0	24	11	17	10	22	5	10	85	2,13	2282
13	11mai092	IM0860-80	1515	334	201868	0	250099	613	1151	1717	1180	1566	26	23078	32	31	77	38	282	883	0	0	9	18	0	27	5	6	89	1,33	2746

Tumiac

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
13	11mai093	IM0860-81	2255	834	199500	2114	249706	862	2022	1022	1325	1163	37	20782	56	87	183	77	29	585	0	10	0	9	0	8	6	5	89	0,88	2488
13	11mai094	IM0860-82	5142	685	187925	8786	244353	2246	4484	1194	3132	2110	70	20935	118	198	121	116	35	413	4	9	29	27	0	17	12	8	80	0,67	5242
13	11mai095	IM0860-83	5274	1514	191416	7847	246154	2189	4966	402	711	2280	55	16494	64	44	366	64	375	4714	4	9	0	0	12	29	4	12	85	3,21	2991
13	11mai096	IM0860-84	1627	161	206028	0	254246	582	346	834	1037	1587	0	13041	31	17	43	26	17	615	0	5	17	22	5	25	7	10	83	1,53	2624
13	11mai097	IM0860-85	4922	990	172916	19614	240166	2748	4565	1571	1966	2393	92	27818	61	58	149	101	110	1592	0	6	0	41	31	0	6	7	86	1,22	4359
13	11mai098	IM0860-86	2549	410	201468	0	252429	1036	808	2210	2854	1682	17	16090	47	13	52	59	72	268	0	6	0	47	0	19	14	8	78	0,59	4536
13	11mai099	IM0860-87	5338	1189	186236	7285	239686	3101	6030	3594	1293	2233	99	28566	77	64	211	109	100	313	0	11	20	45	0	66	4	7	89	1,73	3526
13	11mai100	IM0860-88	2060	1100	205190	0	248226	587	2318	726	1276	1413	30	19551	40	27	101	129	25	497	0	122	8	6	0	0	6	6	88	1,11	2689
13	11mai101	IM0860-89	4641	926	185181	13544	239436	2491	4426	772	927	1468	50	29157	88	35	198	64	59	2701	0	10	0	71	0	67	3	5	92	1,58	2395
13	11mai102	IM0860-90	3692	1084	202733	0	248504	1539	2584	2844	1524	528	56	16710	61	34	86	65	37	290	13	9	0	121	0	7	8	3	89	0,35	2052
13	11mai103	IM0860-91	1241	500	208604	0	252123	434	482	1450	1398	822	16	11754	32	30	271	34	22	258	0	0	11	86	12	16	10	6	84	0,59	2220
13	11mai104	IM0860-92	2233	1197	171044	33740	227282	988	4504	1897	717	906	33	42240	65	41	84	54	44	2271	0	3	16	57	0	45	2	2	96	1,26	1623
13	11mai105	IM0860-93	2921	740	189648	0	244846	745	1709	2237	2184	1296	8	42681	86	24	220	33	46	1613	0	0	6	11	0	0	5	3	92	0,59	3480
13	11mai106	IM0860-94	1778	516	189293	0	244657	694	3077	520	1616	1640	0	46037	94	33	120	36	42	945	16	33	0	28	0	5	3	3	93	1,01	3256
13	11mai107	IM0860-95	2244	1241	192708	8725	239041	820	2472	590	479	883	14	35651	17	23	133	84	9	2122	30	38	0	11	0	20	1	2	96	1,84	1362
13	11mai108	IM0860-96	1966	534	204480	0	251181	1010	3173	2480	2019	2334	55	9774	30	28	110	40	163	496	0	3	6	0	5	52	14	17	69	1,16	4353
13	11mai109	IM0860-97	3218	0	178709	0	231167	825	1979	1329	1938	3644	68	77724	98	41	264	97	94	730	0	0	0	33	0	29	2	4	93	1,88	5582
13	11mai110	IM0860-98	3470	252	208292	0	251613	1287	712	554	1643	1730	9	9634	50	19	84	39	32	454	4	7	12	0	0	0	13	13	74	1,05	3373
16	15jan034	Tumiac IM 0860-96	2550	1617	198157	7964	245078	1478	1024	2946	2626	2934	24	12881	0	5	127	72	172	526	4	4	4	1	0	9	14	16	70	1,12	5560
16	15jan035	Tumiac IM 0860-97	1679	1128	181154	4450	233539	793	426	868	2296	3835	23	65534	0	0	183	86	88	653	71	0	0	21	0	28	3	5	91	1,67	6131
16	15jan036	Tumiac IM 0860-98	1714	1246	203958	3628	251701	884	400	655	1946	1754	10	10460	0	1	21	24	32	363	7	0	7	4	1	0	14	12	74	0,9	3700
		min	0	0	153875	0	202534	0	0	106	387	436	0	4797	0	0	12	15	4	26	0	0	0	0	0	0	0	1	57	0,16	923
		max	13779	3562	221861	63125	261742	5759	97190	5160	4586	6081	439	88022	143	198	4626	1686	1031	5418	71	1003	39	299	31	94	28	30	99	3,9	10303
	N=260	**X**	2812	773	205669	1740	243303	1062	1810	1281	1693	2009	20	21739	27	17	173	81	122	950	2	24	7	30	2	15	8	9	83	1,34	3703
		σ	1757	869	9754	6155	8240	850	6081	888	821	960	37	13212	27	22	328	109	145	684	6	79	6	39	4	15	5	5	9	0,63	1508
		δ%	62	112	5	354	3	80	336	69	49	48	179	61	101	128	189	134	119	72	273	324	93	132	185	96	60	54	11	47,15	41

Lazarro

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
4	19jul024	St297 n°23	1759	860	198151	5633	245226	768	11807	1155	1594	1096	0	16806	21	12	16	12	74	535	12	94	23	0	9	10	8	6	86	0,69	2690
4	19jul025	St297 n°23	1740	714	196041	7443	250372	1063	4778	989	1592	1053	0	15145	30	13	19	17	67	535	4	36	27	8	0	0	9	6	85	0,66	2645
4	19jul026	St297 n°23	1866	604	197242	7256	249136	956	5061	944	1656	1074	0	15639	21	9	18	10	73	529	0	16	19	0	0	9	9	6	85	0,65	2730
		min	1740	604	196041	5633	245226	768	4778	944	1592	1053	0	15145	21	9	16	10	67	529	0	16	19	0	0	0	8	6	85	0,65	2645
		max	1866	860	198151	7443	250372	1063	11807	1155	1656	1096	0	16806	30	13	19	17	74	535	12	94	27	8	9	10	9	6	86	0,69	2730
	N=3	**X**	1788	726	197145	6777	248245	929	7215	1029	1614	1074	0	15863	24	11	18	13	71	533	5	49	23	3	3	6	9	6	85	0,67	2688
		σ	68	128	1058	995	2686	149	3979	111	36	22	0	853	5	2	2	4	4	3	6	41	4	5	5	6	0	0	1	0,02	43
		δ%	4	18	1	15	1	16	55	11	2	2	0	5	22	18	9	28	5	1	115	83	17	173	173	87	5	3	1	2,99	2

Les-Monts

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
0	1997-1	Plichancourt 1	14095	4221	194711	2010	235798	10792	6218	839	1189	1871	77	14618	0	0	84	167	132	751	0	55	0	0	0	0	7	11	83	1,57	3060
0	1997-2	Plichancourt 2	15134	4040	192488	9162	230125	8135	8719	1079	1093	1697	77	15178	0	0	54	153	116	608	0	30	0	0	0	0	6	9	84	1,55	2790

Bougon

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
3	18sep004	perle varis bougon BI 15	2865	187	196918	4635	251981	2355	6131	1398	3019	3711	0	7882	22	0	29	19	166	454	7	33	21	6	0	0	21	25	54	1,23	6730
3	18sep005	perle varis bougon BI 15 p2	3606	751	194391	4769	252273	2766	6437	1199	3127	3622	0	7477	20	4	33	22	167	459	14	25	26	4	1	0	22	25	53	1,16	6749
3	18sep007	perle varis bougon BI 15 p3	2457	759	197555	8219	249491	1874	5474	994	2617	3121	0	6290	16	4	25	18	148	421	11	21	14	1	6	0	22	26	52	1,19	5738
3	18sep008	perle varis bougon BE93 p1	1412	521	189834	5882	251997	921	5550	2116	2524	3910	0	16531	24	18	45	40	106	385	3	29	21	49	3	0	11	17	72	1,55	6434
3	18sep009	perle varis bougon BE 93 p2	1503	983	186603	10499	248383	1692	5957	2090	2398	3774	0	16793	27	25	50	37	106	389	0	25	25	53	0	9	10	16	73	1,57	6172
3	18sep010	perle varis bougon BE 93 p3	1074	543	190588	8073	251067	919	6228	1610	2455	3633	0	13884	24	21	51	33	86	374	0	31	22	46	3	3	12	18	70	1,48	6088
3	18sep011	perle varis bougon BI 17 p1	2204	399	194099	4018	257094	1612	4981	1030	2751	2710	2	6238	25	5	35	30	157	471	5	21	13	9	11	0	24	23	53	0,99	5461
3	18sep012	perle varis bougon BI 17 p2	182	391	195307	3940	257427	732	5753	1184	3381	3493	0	7290	15	4	28	21	173	508	9	24	18	12	4	0	24	25	51	1,03	6874
3	18sep013	perle varis bougon BI 17 p3	447	338	196973	2674	256013	727	5439	1171	2915	3455	0	7616	21	0	33	24	205	595	0	33	28	5	0	6	21	25	54	1,19	6370
3	18sep014	perle varis bougon BI 17 p3	2387	3988	165908	51735	211110	5263	14427	1216	1728	2993	0	27721	40	18	62	106	103	1010	0	18	12	18	7	39	5	9	85	1,73	4721
3	18sep015	perle varis bougon BF60 p2	1741	6246	153356	100292	178076	9525	16485	1263	1866	2063	94	16681	23	19	33	93	98	816	22	23	10	3	1	6	9	10	81	1,11	3929
3	18sep016	perle varis bougon BF60 p2	2880	3829	173090	48383	220145	4638	12067	728	1665	2672	111	14862	27	13	57	123	105	1011	3	34	10	7	0	0	9	14	77	1,6	4337
		min	182	187	153356	2674	178076	727	4981	728	1665	2063	0	6238	15	0	25	18	86	374	0	18	10	1	0	0	5	9	51	0,99	3929
		max	3606	6246	197555	100292	257427	9525	16485	2116	3381	3910	111	27721	40	25	62	123	205	1011	22	34	28	53	11	39	24	26	85	1,73	6874
	N=12	**X**	1897	1578	186219	21093	240421	2752	7911	1333	2537	3263	17	12439	24	11	40	47	135	574	6	26	18	18	3	5	16	20	65	1,32	5800
		σ	1027	1973	14357	30298	24559	2593	4001	418	554	558	40	6513	6	9	12	37	39	237	7	5	6	20	3	11	7	6	13	0,25	990
		δ%	54	125	8	144	10	94	51	31	22	17	232	52	27	82	31	79	29	41	111	21	35	110	116	211	43	32	20	19,16	17

Les-Sables

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
17	30mai16-005	SLMEM 09	1384	2506	180312	12154	225093	2527	43970	2771	2879	5450	94	17506	6	5	35	97	220	385	6	11	3	42	3	10	11	21	68	1,89	8329
17	30mai16-006	SLMEM 8335	160	1244	200208	2765	253612	226	1788	877	1767	5107	27	11479	8	0	38	5	187	197	0	0	1	11	2	10	10	28	63	2,89	6874
17	30mai16-007	SLMEM 06	7983	3832	171874	61461	197297	11475	6551	1073	1571	8734	331	14308	8	9	74	145	194	182	18	5	0	42	4	5	6	35	58	5,56	10305
		min	160	1244	171874	2765	197297	226	1788	877	1571	5107	27	11479	6	0	35	5	187	182	0	0	0	11	2	5	6	21	58	1,89	6874
		max	7983	3832	200208	61461	253612	11475	43970	2771	2879	8734	331	17506	8	9	74	145	220	385	18	11	3	42	4	10	11	35	68	5,56	10305
	N=3	**X**	3176	2527	184131	25460	225334	4743	17436	1574	2072	6430	151	14431	7	5	49	82	200	255	8	5	1	32	3	8	9	28	63	3,45	8503
		σ	4208	1294	14548	31529	28158	5943	23102	1042	705	2002	160	3015	1	5	22	71	17	113	9	6	2	18	1	3	2	7	5	1,9	1722
		δ%	133	51	8	124	12	125	132	66	34	31	106	21	16	97	44	86	9	44	115	103	115	57	33	35	27	26	8	54,99	20

Aimé

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
17	30mai16-009	Aime 6	5826	5148	169683	34643	213241	6503	8020	2976	1839	6103	58	34242	0	20	71	88	302	2358	8	22	10	58	0	24	4	14	81	3,32	7942

Tassin

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
17	30mai16-010	Tassin12-5014	3145	2138	201998	10159	243566	2246	1485	1527	2474	1331	15	9067	6	3	12	52	28	547	6	2	9	37	0	11	19	10	70	0,54	3805
17	30mai16-011	Tassin12-310	1356	1647	194820	4085	244962	927	869	2948	2580	3512	25	26863	3	2	30	135	315	706	0	5	9	52	12	15	8	11	82	1,36	6092
17	30mai16-012	Tassin12-1016	720	1812	186807	4042	241933	918	702	1839	2284	3638	30	41233	2	0	36	39	281	2334	0	5	19	42	0	13	5	8	87	1,59	5922
		min	720	1647	186807	4042	241933	918	702	1527	2284	1331	15	9067	2	0	12	39	28	547	0	2	9	37	0	11	5	8	70	0,54	3805
		max	3145	2138	201998	10159	244962	2246	1485	2948	2580	3638	30	41233	6	3	36	135	315	2334	6	5	19	52	12	15	19	11	87	1,59	6092
	N=3	**X**	1740	1866	194542	6095	243487	1364	1019	2105	2446	2827	23	25721	4	2	26	75	208	1196	2	4	12	44	4	13	11	10	80	1,16	5273
		σ	1257	250	7599	3519	1516	764	412	747	150	1297	8	16113	2	2	12	52	157	989	3	2	6	8	7	2	8	2	9	0,55	1274
		δ%	72	13	4	58	1	56	40	35	6	46	33	63	57	92	48	69	75	83	173	43	47	17	173	15	71	17	11	47,63	24

ANNEXE V : ANALYSES CHIMIQUES DES OBJETS NÉOLITHIQUES EN CALLAïS DE LA PÉNINSULE IBÉRIQUE

S. Domínguez-Bella, G. Querré, T. Calligaro, J. Martínez López, J. Luís Cardoso

Toutes les analyses chimiques élémentaires ont été obtenues sur AGLAE à l'aide du faisceau extrait par la méthode PIXE. Pour plus de détails sur les conditions d'analyses et l'interprétation des spectres de Rayons X, voir G. Querré , T. Calligaro, S. Domínguez-Bella, S. Cassen (2013) - PIXE analyses over a long period: The case of Neolithic variscite jewels from Western Europe (5th–3th millennium BC), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. Volume 318, Part A, 1 January 2014, pp. 149–156.

• Les concentrations élémentaires de Na à U sont exprimées en parties par million (ppm).
• V*, Cr*, Fe* : proportions relatives de ces trois éléments exprimées en % avec V+Cr+Fe = 100%
soit : V* = [V/(V+Cr+Fe)]*100; Cr* = [Cr/(V+ Cr+Fe)]*100; Fe* = [V+Cr+Fe)]*100.
• num : numéro d'ordre de la base de données géochimiques globales.
• run : dates d'analyse.

run	dates
1	juillet 1999
2	novembre 2000
3	septembre 2001
4	juillet 2004
5	juillet 2005
6	janvier 2008
7	octobre 2008
8	janvier 2009
9	juillet 2009
10	octobre 2009
11	février 2010
12	novembre 2010 (CHARISMA)
13	novembre 2010
14	mai 2011
15	janvier 2013
16	janvier 2015

• spectre : numéro de spectre enregistré sur la base et sur les serveurs d'AGLAE.
• nom : localisation pour les références géologiques - numéro d'inventaire ou d'ordre pour les objets de fouille et des musées.

Albérite I

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov100	call-083 CUENTA ALBERITE I 2010	7007	2988	175500	40236	206154	7550	23208	1877	1589	1054	59	23016	4	43	279	109	72	361	9	0	0	42	0	0	6	4	90	0,66	2643
11a	02nov101	call-084 lame mince CUENTA ALBERITE I 1993	5045	0	208846	2551	237243	908	10399	1199	1128	1514	20	17204	22	41	294	36	48	657	6	214	67	66	0	14	6	8	87	1,34	2642
11a	02nov103	call-084 b lame mince CUENTA ALBERITE I 1993	4051	0	209113	0	245731	934	2298	1113	1445	1470	0	16169	17	13	156	30	42	707	2	4	15	65	0	19	8	8	85	1,02	2915
11a	02nov105	call-086 CUENTA ALBERITE I 1993 fragmento	6165	0	187807	0	234504	1664	3275	2096	844	1542	0	58006	0	2	138	39	34	891	0	93	6	8	0	0	1	3	96	1,83	2386
11a	02nov106	call-087 CUENTA ALBERITE I 1993 EX91	1622	0	211311	0	246240	485	3330	658	987	449	0	15863	21	11	74	26	44	1271	13	74	4	3	0	14	6	3	92	0,45	1436
11a	02nov107	call-088 CUENTA ALBERITE I 1993 90-170	2479	335	205842	3170	232291	421	19779	1693	958	1809	9	20489	11	14	340	36	52	730	0	1114	87	69	0	14	4	8	88	1,89	2767
9	22oct052	Dolmen Alberite I Villamartin Cadiz Cassure 1	8071	2674	210495	0	241568	618	2802	655	1080	459	0	17211	0	4	31	22	40	1179	0	53	1	6	4	5	6	2	92	0,43	1539
9	22oct053	Dolmen Alberite I Villamartin Cadiz Cassure 2	10768	3073	208510	0	239445	899	4856	755	1093	474	0	17477	2	10	39	33	45	1197	0	71	9	0	6	0	6	2	92	0,43	1567
9	22oct054	Dolmen Alberite I Villamartin Cadiz Cassure 3 vert	12449	3305	208611	0	239244	764	4471	727	1044	469	0	16830	12	8	40	34	44	1170	1	67	3	0	0	0	6	3	92	0,45	1513
9	22oct055	Dolmen Alberite I Villamartin Cadiz Surface 1	12479	2675	202668	21	234996	2953	6148	848	1100	553	0	25752	0	22	54	118	42	1189	0	53	0	0	2	0	4	2	94	0,5	1653
9	22oct056	Dolmen Alberite I Villamartin Cadiz Surface 2	10668	3055	200481	0	233474	2642	5803	901	862	545	0	33474	12	12	49	88	36	1248	0	85	8	32	0	0	2	2	96	0,63	1407
		min	1622	0	175500	0	206154	421	2298	655	844	449	0	15863	0	2	31	22	34	361	0	0	0	0	0	0	1	2	85	0,43	1407
		max	12479	3305	211311	40236	246240	7550	23208	2096	1589	1809	59	58006	22	43	340	118	72	1271	13	1114	87	69	6	19	8	8	96	1,89	2915
	N=11	**X**	7346	1646	202653	4180	235535	1803	7852	1138	1103	940	8	23772	9	16	136	52	45	964	3	166	18	26	1	6	5	4	91	0,88	2043
		σ	3870	1525	11220	12014	10799	2088	7140	519	227	544	18	12553	8	14	116	35	10	309	5	319	30	29	2	8	2	2	4	0,56	617
		δ%	53	93	6	287	5	116	91	46	21	58	226	53	92	84	86	68	22	32	160	192	164	110	190	127	36	63	4	64,26	30

Campo De Hockey

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov104	call-085 CUENTA CAMPO HOCKEY DOBLE PERFORADA	7480	1839	191880	75214	172980	2932	20122	941	1086	1997	26	6533	9	82	80	43	73	713	9	159	0	0	0	0	11	21	68	1,84	3083

Arenaza I

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov085	call-069 CUENTA ARENAZA I	1898	0	212063	0	247163	1130	2284	683	1274	11253	86	3182	14	0	69	42	78	59	1	16	0	18	0	7	8	72	20	8,83	12527

Goikolau

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov094	call-078 CUENTA GOIKOLAU BERRIATUA	2984	0	213820	0	251415	1108	1343	431	740	4505	26	1887	3	4	57	15	43	59	4	3	0	14	0	0	10	63	26	6,09	5245
11a	02nov095	call-079 CUENTA GOIKOLAU BERRIATUA	8295	0	208244	5727	241953	3070	2291	856	896	3454	7	7069	12	2	65	32	90	123	2	7	0	87	0	8	8	30	62	3,85	4350

Higueras

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov077	call-061 CUENTA VALLE HIGUERAS	3344	6735	151086	117740	168314	2259	7510	1516	1458	3935	47	23468	13	1	72	15	145	118	10	215	8	50	0	0	5	14	81	2,7	5393
11a	02nov078	call-062 CUENTA VALLE HIGUERAS	3415	5285	139067	154991	144834	1958	9608	1915	1664	5717	25	20100	2	0	77	18	202	364	0	243	9	80	0	6	6	21	73	3,44	7381
11a	02nov079	call-063 CUENTA VALLE HIGUERAS	2778	5187	167129	95784	186548	2467	9392	2268	702	2906	14	8419	6	1	125	14	240	313	3	192	5	105	0	2	6	24	70	4,14	3608
11a	02nov080	call-064 CUENTA VALLE HIGUERAS	3464	8598	147672	143549	153259	2366	8881	1471	1475	4350	23	10319	7	1	67	18	153	74	7	264	0	31	0	0	9	27	64	2,95	5825
11a	02nov081	call-065 CUENTA VALLE HIGUERAS	3451	4872	154528	136279	162273	2167	8918	510	1417	5731	17	3726	12	0	71	22	71	159	6	193	0	46	0	0	13	53	34	4,04	7148
11a	02nov082	call-066 CUENTA VALLE HIGUERAS	4711	1161	173262	87455	192182	7342	5029	1214	1043	5143	29	3867	0	2	81	5	247	111	4	118	2	79	0	0	10	51	38	4,93	6186
11a	02nov083	call-067 CUENTA VALLE HIGUERAS	4997	5919	98784	248168	88961	13064	19198	713	752	3673	0	4197	14	1	78	18	35	88	8	54	4	55	0	0	9	43	49	4,88	4425
11a	02nov065	call-054 CUENTA VALLE HIGUERAS	8949	1344	135983	161255	146275	9110	5966	1933	637	3789	7	11635	11	4	236	60	315	200	2	50	0	25	0	10	4	24	72	5,95	4426
11a	02nov066	call-055 CUENTA VALLE HIGUERAS	8892	1671	109664	264571	70588	7562	22301	460	230	1852	4	2919	9	5	221	65	12	71	0	181	17	10	0	10	5	37	58	8,05	2082
11a	02nov067	call-056 CUENTA VALLE HIGUERAS	7980	2063	144908	145949	158051	7835	7858	603	462	2441	2	5803	1	4	276	69	119	271	7	58	0	5	0	0	5	28	67	5,28	2903
11a	02nov068	call-057 CUENTA VALLE HIGUERAS	11272	908	138226	155325	145973	8536	9698	1070	920	2971	44	13433	4	2	236	60	71	643	1	62	0	33	0	13	5	17	78	3,23	3891
11a	02nov069	call-058 vert olive CUENTA VALLE HIGUERAS	10746	919	121856	215215	108220	8285	12560	877	1403	2610	24	6246	12	5	267	101	75	80	5	204	0	107	0	0	14	25	61	1,86	4013
11a	02nov070	call-058 vert brune CUENTA VALLE HIGUERAS	7884	1938	117595	227939	97516	8106	17964	1061	1374	2672	20	6264	22	4	241	65	69	76	9	193	0	140	0	0	13	26	61	1,94	4046
11a	02nov071	call-059 CUENTA VALLE HIGUERAS	7654	595	149380	137032	164912	5995	8093	1385	766	3627	13	3037	3	0	225	64	206	124	4	86	0	83	0	0	10	49	41	4,73	4393
11a	02nov072	call-060 CUENTA VALLE HIGUERAS	5172	3405	153563	118820	176497	3086	5886	2294	1101	4081	8	8733	17	4	182	13	197	114	1	153	2	54	0	0	8	29	63	3,71	5182
		min	2778	595	98784	87455	70588	1958	5029	460	230	1852	0	2919	0	0	67	5	12	71	0	50	0	5	0	0	4	14	34	1,86	2082
		max	11272	8598	173262	264571	192182	13064	22301	2294	1664	5731	47	23468	22	5	276	101	315	643	10	264	17	140	0	13	14	53	81	8,05	7381
	N=15	**X**	6314	3373	140180	160671	144294	6009	10591	1286	1027	3700	18	8811	9	2	164	40	144	187	4	151	3	60	0	3	8	31	61	4,12	4727
		σ	2885	2532	20704	54011	36549	3407	5183	612	429	1175	14	6186	6	2	83	30	89	156	3	74	5	38	0	5	3	12	14	1,61	1474
		δ%	46	75	15	34	25	57	49	48	42	32	76	70	72	82	51	73	62	84	74	49	156	64		168	41	40	24	39,13	31

Cuenta Peña Verde

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov012	call-04 CUENTA PEÑA VERDE	1598	0	212582	0	252918	860	1169	314	1824	2674	28	2240	6	1	486	12	106	80	0	12	2	0	0	5	27	40	33	1,47	4498
11a	02nov013	call-05 CUENTA PEÑA VERDE	1514	0	211227	0	250518	203	1973	1651	599	2094	34	8576	16	4	410	10	114	263	0	9	16	59	0	0	5	19	76	3,5	2693
11a	02nov014	call-08 CUENTA PEÑA VERDE	2867	0	210895	0	248233	1810	1213	1309	723	3121	17	8143	20	4	371	16	131	135	0	46	3	16	0	0	6	26	68	4,32	3844
11a	02nov015	call-011 CUENTA PEÑA VERDE	2151	0	209653	0	253269	1338	834	659	1041	4171	34	4102	15	2	333	20	108	84	3	10	0	12	0	4	11	45	44	4,01	5212
11a	02nov016	call-015 CUENTA PEÑA VERDE	5893	0	208942	0	248546	1970	2041	627	1382	3522	42	3639	6	4	347	19	61	63	0	157	0	197	0	9	16	41	43	2,55	4904
11a	02nov017	call-03 CUENTA PEÑA VERDE	370	0	209927	0	252911	333	322	1351	1132	7604	37	4877	22	5	331	11	366	101	4	1	2	8	0	4	8	56	36	6,72	8736
11a	02nov018	call-06 CUENTA PEÑA VERDE	1902	0	204635	21152	234319	2668	3553	545	595	3207	64	3099	10	1	300	29	33	32	4	246	12	9	0	0	9	46	45	5,39	3802
11a	02nov019	call-07 CUENTA PEÑA VERDE	570	0	213970	0	250532	475	636	733	1241	4232	27	5952	7	6	357	8	159	92	2	6	4	4	0	0	11	37	52	3,41	5473
11a	02nov020	call-09 CUENTA PEÑA VERDE	3079	0	212041	0	253050	970	511	570	651	4166	22	3109	14	2	231	7	92	181	0	0	0	2	0	3	8	53	39	6,4	4817
11a	02nov021	call-012 CUENTA PEÑA VERDE	3698	0	209730	0	250174	1167	1702	1443	1229	4168	42	6314	20	4	241	12	76	118	4	19	9	176	0	0	10	36	54	3,39	5397
11a	02nov022	call-013 patine CUENTA PEÑA VERDE	2024	0	213453	0	252650	225	773	266	1244	1991	14	5238	7	3	190	6	226	83	1	23	0	2	0	2	15	23	62	1,6	3235
11a	02nov023	call-013 vert CUENTA PEÑA VERDE	4337	0	208636	0	250798	1245	1152	480	1589	2717	16	9608	37	8	284	11	322	123	0	16	6	19	0	9	11	20	69	1,71	4306
11a	02nov024	call-014 CUENTA PEÑA VERDE	1876	0	211218	0	251049	565	479	519	928	2638	34	10164	25	1	209	8	55	203	0	5	5	48	0	12	7	19	74	2,84	3566
11a	02nov025	call-016 CUENTA PEÑA VERDE	1684	0	191852	36946	231809	1496	1793	839	807	2604	83	6980	16	3	196	10	113	98	3	26	20	58	0	0	8	25	67	3,23	3411
11a	02nov026	call-017 CUENTA PEÑA VERDE	5075	0	212589	0	249982	1350	703	760	1032	3056	35	2863	12	2	226	22	86	123	2	7	4	25	0	6	15	44	41	2,96	4088
11a	02nov027	call-018 CUENTA PEÑA VERDE	3368	0	210742	0	247684	1510	1943	1775	906	4300	52	6740	20	9	558	34	112	226	9	6	5	92	0	12	8	36	56	4,75	5206
		min	370	0	191852	0	231809	203	322	266	595	1991	14	2240	6	1	190	6	33	32	0	0	0	0	0	0	5	19	33	1,47	2693
		max	5893	0	213970	36946	253269	2668	3553	1775	1824	7604	83	10164	37	9	558	34	366	263	9	246	20	197	0	12	27	56	76	6,72	8736
	N=16	**X**	2625	0	209506	3631	248653	1137	1300	865	1058	3517	36	5728	16	4	317	15	135	125	2	37	6	45	0	4	11	35	54	3,64	4574
		σ	1543	0	5209	10333	6349	687	836	480	354	1339	18	2500	8	2	105	8	93	63	2	67	6	61	0	4	5	12	14	1,57	1389
		δ%	59		2	285	3	60	64	56	34	38	50	44	52	65	33	55	69	50	124	183	108	134		105	49	34	26	43,25	30

Cuenta Esposende

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov002	call-01 vert foncé CUENTA ESPOSENDE CALCOLITICO	379	0	210281	0	253598	409	111	1357	1696	3464	0	6094	23	5	259	8	110	71	0	0	6	152	0	0	15	31	54	2,04	5160
11a	02nov003	call-01blanc CUENTA ESPOSENDE	1146	0	209357	979	252091	655	255	1375	1736	3422	0	7606	26	0	266	8	100	82	3	8	8	152	0	6	14	27	60	1,97	5158
11a	02nov004	call-01vert clair (HE rapproché) CUENTA ESPOSENDE	1520	0	208760	2725	247792	1331	379	1578	1960	5164	19	9787	3	0	235	14	161	107	0	0	0	94	0	0	12	31	58	2,63	7124
11a	02nov005	call-01vert foncé CUENTA ESPOSENDE	1005	0	210429	0	253002	547	178	1166	1709	3315	9	6123	18	3	271	6	116	69	0	1	0	184	0	3	15	30	55	1,94	5024
11a	02nov006	call-01vert clair CUENTA ESPOSENDE	1243	0	207972	3294	247961	1236	468	1635	1935	5067	15	9722	7	2	247	20	168	97	0	0	0	90	0	6	12	30	58	2,62	7002
11a	02nov008	call-04 ??Vidrio Esposende	3416	804	210368	0	252624	1154	1146	292	1961	2560	34	1968	1	4	479	8	101	70	0	0	8	2	0	8	30	39	30	1,31	4521
		min	379	0	207972	0	247792	409	111	292	1696	2560	0	1968	1	0	235	6	100	69	0	0	0	2	0	0	12	27	30	1,31	4521
		max	3416	804	210429	3294	253598	1331	1146	1635	1961	5164	34	9787	26	5	479	20	168	107	3	8	8	184	0	8	30	39	60	2,63	7124
	N=6	**X**	1452	134	209528	1166	251178	889	423	1234	1833	3832	13	6883	13	2	293	11	126	83	1	2	4	112	0	4	16	31	53	2,09	5665
		σ	1034	328	1012	1488	2605	397	377	491	132	1048	13	2911	11	2	92	5	30	16	1	3	4	65	0	3	7	4	11	0,5	1109
		δ%	71	245	0	128	1	45	89	40	7	27	101	42	82	89	31	50	24	19	245	214	111	58		88	43	14	21	23,79	20

Cuenta Leiceia

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1270	11a	02nov028	call-019 CUENTA LEICEIA	1565	0	200261	830	241389	530	1339	1268	661	5231	35	35636	8	0	211	11	125	132	0	7	0	39	0	25	2	13	86	7,91	5892
1271	11a	02nov029	call-020 CUENTA LEICEIA	3841	242	206900	6270	248693	1058	1896	1091	846	2905	17	4844	13	4	224	19	217	91	5	4	0	168	0	0	10	34	56	3,43	3751
1272	11a	02nov030	call-021 CUENTA LEICEIA	5010	0	170092	0	233678	1132	3168	2811	935	3701	28	79698	11	0	287	53	246	1660	20	0	0	210	0	28	1	4	95	3,96	4636
1273	11a	02nov031	call-022 CUENTA LEICEIA	4619	1824	197407	9432	242245	1490	7377	1309	490	1419	12	10829	11	15	428	238	69	194	0	7	0	22	0	5	4	11	85	2,9	1909
1275	11a	02nov033	call-024 CUENTA LEICEIA	4635	851	195245	14695	235269	3917	10318	1720	3590	7963	67	5016	23	34	728	1033	101	66	0	34	3	114	0	0	22	48	30	2,22	11553
1276	11a	02nov034	call-025 CUENTA LEICEIA	2761	618	205862	0	252499	822	5716	636	842	3989	40	4590	13	10	295	220	147	183	0	6	4	13	0	11	9	42	49	4,74	4831
1277	11a	02nov035	call-026 CUENTA LEICEIA	4967	0	204476	0	250038	1037	2253	1900	656	3466	4	10892	0	4	265	221	247	64	0	10	0	35	0	0	4	23	73	5,28	4122
1278	11a	02nov036	call-027 CUENTA LEICEIA	2570	1044	197480	7140	237150	1883	30892	310	1028	4794	24	3060	16	7	287	40	19	74	1	11	3	55	0	0	12	54	34	4,66	5822
1279	11a	02nov037	call-028 CUENTA LEICEIA	1399	0	211324	0	253460	747	1322	642	1157	6770	10	1367	9	1	203	27	51	39	0	34	0	23	0	0	12	73	15	5,85	7927
1280	11a	02nov038	call-029 CUENTA LEICEIA	2794	0	211354	0	252003	991	2455	207	926	4253	24	1848	0	3	273	64	138	72	5	0	0	6	0	0	13	61	26	4,59	5179
1281	11a	02nov039	call-030 CUENTA LEICEIA	3607	0	206081	0	249250	1855	2570	1285	697	2880	23	11980	7	6	219	54	103	164	0	11	0	34	0	11	4	19	77	4,13	3577
1282	11a	02nov040	call-031 CUENTA LEICEIA	3915	2987	181363	52884	213018	5234	6714	1456	1141	3350	59	9507	21	11	270	36	118	96	5	60	6	25	0	0	8	24	68	2,94	4491
1283	11a	02nov041	call-032 CUENTA LEICEIA	3124	0	202912	14024	244000	1346	2262	1326	801	3044	16	5141	0	0	244	26	113	87	4	14	0	47	0	0	9	34	57	3,8	3845
1284	11a	02nov042	call-033 CUENTA LEICEIA	3816	0	203218	0	250979	1761	2004	795	1099	6898	53	9163	22	6	317	42	249	235	0	5	2	20	0	0	6	40	53	6,28	7997
1285	11a	02nov043	call-034 CUENTA LEICEIA	3109	0	208268	0	249662	1494	1773	1538	1403	4579	9	6390	14	5	202	36	125	77	0	12	2	77	0	13	11	37	52	3,26	5982
1286	11a	02nov044	call-035 CUENTA LEICEIA	2423	0	204306	2524	248425	959	2331	1169	825	2437	39	15499	5	4	222	9	138	192	3	3	3	64	0	0	4	13	83	2,95	3262
1287	11a	02nov045	call-036 CUENTA LEICEIA	3981	0	198590	336	240004	2008	2751	2304	1233	4672	0	33260	0	11	213	36	89	224	3	20	5	45	0	19	3	12	85	3,79	5905
1288	11a	02nov046	call-037 CUENTA LEICEIA	1344	0	212032	0	254925	84	533	601	483	1957	4	5058	11	3	199	8	151	79	0	0	0	6	0	0	6	26	67	4,05	2440
1289	11a	02nov047	call-038 CUENTA LEICEIA	2136	0	189887	0	245694	743	1920	1968	640	3618	18	40974	18	0	234	13	123	106	0	8	0	41	0	0	1	8	91	5,65	4258

Cuenta Leiceia

num	run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
1290	11a	02nov048	call-039 CUENTA LEICEIA	1793	1017	197341	34856	220696	4215	9809	883	826	4085	43	6255	4	26	256	28	55	42	22	218	7	63	0	0	7	37	56	4,95	4911
1291	11a	02nov049	call-040 CUENTA LEICEIA	2034	0	201878	0	249012	798	3538	2240	597	3346	37	18262	12	2	245	19	333	325	0	52	10	28	0	7	3	15	82	5,6	3943
1292	11a	02nov050	call-041 CUENTA LEICEIA	4357	934	199241	12332	240143	2279	4704	1520	676	2422	5	12973	15	3	367	33	162	278	6	13	0	30	0	0	4	15	81	3,58	3098
1295	11a	02nov053	call-042 CUENTA LEICEIA	3138	2275	185169	34553	216287	3647	14890	1321	817	3776	22	5913	15	11	314	36	62	73	8	20	4	69	0	18	8	36	56	4,62	4593
1296	11a	02nov054	call-043 CUENTA LEICEIA	4284	0	201504	720	242508	1283	2811	1435	1024	4618	39	24228	27	3	390	45	214	79	0	8	3	159	0	0	3	15	81	4,51	5642
1297	11a	02nov055	call-044 CUENTA LEICEIA	2419	0	208510	0	250791	632	1367	365	1406	4045	30	8981	9	1	230	27	150	191	0	5	0	4	0	12	10	28	62	2,88	5451
1298	11a	02nov056	call-045 CUENTA LEICEIA	1381	0	207367	5699	250401	844	2622	859	602	3190	13	4642	11	2	251	28	54	81	2	6	4	7	0	0	7	38	55	5,3	3792
1299	11a	02nov057	call-046 CUENTA LEICEIA	2486	0	209713	0	253573	845	2216	367	408	2975	24	3292	0	1	352	58	55	119	0	7	0	52	0	0	6	45	49	7,29	3383
1300	11a	02nov058	call-047 CUENTA LEICEIA	2911	0	199317	15581	241496	1250	3351	1772	559	2572	17	9675	10	0	230	25	86	154	3	19	0	52	0	8	4	20	76	4,6	3131
1301	11a	02nov059	call-048 CUENTA LEICEIA	2643	0	212018	0	250122	527	898	946	919	6481	39	3691	8	3	230	13	290	95	0	6	0	0	0	0	8	58	33	7,05	7400
1302	11a	02nov060	call-049 CUENTA LEICEIA	5909	0	187586	16442	241551	2290	5073	781	1613	6746	33	10017	27	6	334	106	148	174	6	12	2	43	0	21	9	37	55	4,18	8359
1303	11a	02nov061	call-050 CUENTA LEICEIA	8587	0	186549	0	237619	2176	6843	1084	875	2228	14	34976	7	7	291	79	120	282	0	17	0	51	0	0	2	6	92	2,55	3103
1304	11a	02nov062	call-051 CUENTA LEICEIA	1857	0	208989	0	253503	768	1382	918	517	2854	25	5960	9	1	436	32	141	100	0	6	2	43	0	14	6	31	64	5,52	3371
1305	11a	02nov063	call-052 CUENTA LEICEIA	2878	0	205126	14913	230312	1603	2321	739	455	902	13	25711	30	25	358	61	32	142	0	15	2	42	0	5	2	3	95	1,98	1357
1306	11a	02nov064	call-053 CUENTA LEICEIA	1253	0	211474	0	252707	935	1797	441	1066	4763	2	2999	15	5	338	24	52	72	3	2	5	26	0	15	12	54	34	4,47	5829
			min	1253	0	170092	0	213018	84	533	207	408	902	0	1367	0	0	199	8	19	39	0	0	0	0	0	0	1	3	15	1,98	1357
			max	8587	2987	212032	52884	254925	5234	30892	2811	3590	7963	67	79698	30	34	728	1033	333	1660	22	218	10	210	0	28	22	73	95	7,91	11553
		N=34	**X**	3222	347	200848	7154	243327	1564	4506	1177	936	3910	25	13892	12	6	292	82	133	178	3	19	2	50	0	6	7	30	63	4,46	4845
			σ	1529	728	9812	12291	10604	1150	5603	618	553	1629	16	15791	8	8	101	178	76	272	5	38	3	47	0	8	4	18	21	1,42	2053
			δ%	47	210	5	172	4	73	124	53	59	42	67	114	68	123	34	216	57	153	183	196	127	94		135	63	60	34	31,9	42

Cuenta Añabusti

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov132	call-169 CUENTA AÑABUSTI BUSTURIA VIZCAYA	29506	504	180862	4842	243491	22353	5778	144	1252	2578	12	1147	8	12	141	108	28	15	9	4	0	19	0	0	25	52	23	2,06	3830

Cuenta Errekatxuetako

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov084	call-068 CUENTA ERREKATXUETAKO ATXA	4900	0	206834	0	245427	1676	3270	1310	1253	10118	46	7371	28	3	87	36	191	240	5	3	0	4	0	10	7	54	39	8,08	11371

Txotxinkoba

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov086	call-070 CUENTA TXOTXINKOBA GIZABURUAGA	2695	0	212471	0	246776	1474	1283	1146	946	7646	27	5862	16	2	63	26	138	137	0	2	0	4	0	5	7	53	41	8,08	8592
11a	02nov087	call-071 CUENTA TXOTXINKOBA GIZABURUAGA	5842	0	209761	0	242843	1795	1655	1269	1040	3900	4	14815	0	5	66	22	132	136	4	35	4	74	0	14	5	20	75	3,75	4940
11a	02nov088	call-072 CUENTA TXOTXINKOBA GIZABURUAGA	2810	633	213920	1866	242586	5872	5351	65	2028	1041	29	5283	23	3	309	293	2	107	12	6	32	8	0	391	24	12	63	0,51	3069
11a	02nov089	call-073 CUENTA TXOTXINKOBA GIZABURUAGA	8460	0	210074	0	242646	2979	3782	1510	652	1181	13	6379	8	2	76	44	48	170	1	4	3	67	0	3	8	14	78	1,81	1833
		min	2695	0	209761	0	242586	1474	1283	65	652	1041	4	5283	0	2	63	22	2	107	0	2	0	4	0	3	5	12	41	0,51	1833
		max	8460	633	213920	1866	246776	5872	5351	1510	2028	7646	29	14815	23	5	309	293	138	170	12	35	32	74	0	391	24	53	78	8,08	8592
	N=4	**X**	4952	158	211557	467	243713	3030	3018	998	1167	3442	18	8085	12	3	129	96	80	138	4	12	10	38	0	103	11	25	64	3,54	4609
		σ	2756	317	1987	933	2045	2002	1906	640	598	3096	12	4509	10	1	120	132	66	26	5	16	15	37	0	192	9	19	17	3,31	2947
		δ%	56	200	1	200	1	66	63	64	51	90	65	56	85	47	94	137	83	19	128	133	153	98		186	81	76	26	93,46	64

Olvena

run	Spectre	Nom	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	V*	Cr*	Fe*	Cr/V	Cr+V
11a	02nov108	call-089 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	1823	493	195523	0	238769	994	5328	833	1983	1296	0	42902	41	0	84	8	901	1033	15	109	0	26	0	0	4	3	93	0,65	3279
11a	02nov109	call-089 bis CUENTA OLVENA CUEVA MORO	2257	655	202419	0	243618	1276	4455	380	2698	1135	5	27215	0	1	79	6	660	849	0	7	0	0	0	0	9	4	88	0,42	3833
11a	02nov110	call-090 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	1620	495	198862	3502	240221	1986	4694	613	2118	2192	15	30172	12	0	282	7	319	681	0	95	8	0	0	0	6	6	88	1,03	4310
11a	02nov111	call-091 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	1691	0	200025	10225	239916	1960	3095	412	2066	2440	9	22020	0	7	71	23	180	410	6	94	12	1	0	3	8	9	83	1,18	4506
11a	02nov112	call-092 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	4643	0	202980	0	245062	1925	4264	356	2639	1636	0	21138	34	0	153	24	180	480	0	84	0	7	0	0	10	6	83	0,62	4275
11a	02nov113	call-093 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	6990	331	169213	29678	216740	6597	5211	3540	2543	2918	0	53704	3	7	240	45	344	261	33	190	6	98	0	0	4	5	91	1,15	5461
11a	02nov114	call-094 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	2436	16553	143035	4639	206250	730	125808	437	1094	1700	1	23159	27	47	232	66	192	344	2	119	7	16	0	0	4	7	89	1,55	2794
11a	02nov115	call-095 CUENTA OLVENA CUEVA MORO	11914	458	185118	11501	223945	11769	9546	2142	1704	2684	56	36198	1	16	297	48	535	256	13	260	3	14	0	0	4	7	89	1,58	4388
		min	1620	0	143035	0	206250	730	3095	356	1094	1135	0	21138	0	0	71	6	180	256	0	7	0	0	0	0	4	3	83	0,42	2794
		max	11914	16553	202980	29678	245062	11769	125808	3540	2698	2918	56	53704	41	47	297	66	901	1033	33	260	12	98	0	3	10	9	93	1,58	5461
	N=8	**X**	4172	2373	187147	7443	231815	3405	20300	1089	2106	2000	11	32064	15	10	180	28	414	539	9	120	5	20	0	0	6	6	88	1,02	4106
		σ	3644	5734	21142	10058	14354	3853	42674	1155	538	655	19	11523	17	16	94	22	263	287	12	76	4	33	0	1	2	2	3	0,43	813
		δ%	87	242	11	135	6	113	210	106	26	33	177	36	114	165	53	79	64	53	133	63	99	162		283	39	34	4	41,93	20

ANNEXE VI : AUTEURS

Sandra Amores
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Aleu Andreazini
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Laia Arqués
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Jean-Gabriel Aubert
Laboratoire Arc'Antique
26, rue de la haute forêt
44300 Nantes (France)
Email : *jean-gabriel.aubert@loire-atlantique.fr*

Maxence Bailly
LaMPEA UMR 7269 - Aix-Marseille Université
Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme
5, rue du Château de l'Horloge - B.P. 647
13094 Aix-en-Provence cedex 2 (France)
Email : *maxence.bailly@univ-amu.fr*

Sandrine Bonnardin
CEPAM UMR7264 Université Nice Sophia Antipolis
Pôle Universitaire Saint Jean d'Angély SJA 3
24, avenue des Diables Bleus F
06357 Nice Cedex 4 (France)
Email : *sandrine.bonnardin@unice.fr*

Josep Bosch Argilagós
Museu de Gavà
Plaça de Dolors Clua, 13-14
08850 Gavà, Catalonia (Espagne)
Email : *jbosch@gava.cat*

Christine Boujot
Service Régional de l'Archéologie, DRAC Bretagne
Avenue Charles Foulon
35700 Rennes (France)
Email : *christine.boujot@culture.gouv.fr*

Thomas Calligaro
Centre de recherche et de restauration des musées de France, C2RMF
Palais du Louvre - Porte des Lions
14, Quai François Mitterrand
75001 Paris (France)
Email : *thomas.calligaro@culture.gouv.fr*

Marc Campeny
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)
Departament de Mineralogia
Museu de Ciències Naturals de Barcelona
Passeig Picasso s/n
08003 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Antoni Camprubí
Instituto de Geología de la UNAM, Ciudad Universitaria, Circuito de la investigación
Del. Coyoacán, Instituto de Geología - UNAM, Circuito Institutos
C.P. 2376, Ciudad de México (Mexique)

João Luís Cardoso
Department of Social Sciences and Management
Universidade Aberta
Lisbon (Portugal)
Email : *cardoso18@netvisao.pt*

António Faustino Carvalho
Universidade do Algarve, FCHS
Campus de Gambelas
8000-117 Faro (Portugal)
Email : *afcarva@ualg.pt*

Serge Cassen
CNRS, Laboratoire de recherches archéologiques, UMR 6566 CReAAH
Université de Nantes, BP 8122
44312 Nantes (France)
Email : *serge.cassen@univ-nantes.fr*

Montgarri Castillo-Oliver
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Audrey Charvet
85 b Waller Road
SE14 5LB, London (Grande-Bretagne)
Email : *audrey_charvet@hotmail.com*

Mauro Cinquetti
30, via Bricherasco
10060 Osasco (Italie)

Yves Coppens
Collège de France
11, place Marcelin-Berthelot
75231 Paris Cedex 05 (France)
Email : *yves.coppens@college-de-france.fr*

Marie-Pierre Dabard (†)
Géosciences Rennes,
UMR 6118, Université de Rennes 1
Campus de Beaulieu
35042 Rennes Cedex (France)

Salvador Domínguez-Bella
Geoarchaeology and Archaeometry Unit applied to Historical-Artistic-Monumental Heritage (UGEA-PHAM), Earth Sciences Department, Faculty of Sciences
Cadiz University, Campus Rio San Pedro
11510, Puerto Real, Cádiz (Espagne)
Email : *salvador.dominguez@uca.es*

Juliette Durand
Michel Errera
Musée royal de l'Afrique centrale et Cité de la Préhistoire,
Orgnac, Les Mattes
07150 Orgnac-l'Aven (France)

Ramón Fábregas Valcarce
GEPN, Departamento Historia I
Facultade de Xeografía e Historia, USC
Praza da Universidade, 1
15782, Santiago de Compostela (Espagne)
Email : *ramon.fabregas@usc.es*

Agustina Fernández
Departamento de Geología
Universidad de Salamanca
Pl. de los Caídos s/n
37008 Salamanca (Espagne)
Email : *aff@usal.es*

Emmanuel Fritsch
Université de Nantes et Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN-CNRS)
BP 32229
44322 Nantes Cedex 3 (France)
Email : *emmanuel.fritsch@cnrs-imn.fr*

Estelle Gauthier
Université de Franche-Comté,
30-32, rue Mégevand
25030 Besançon (France)

Valentin Grimaud
CNRS, Laboratoire de recherches archéologiques (UMR 6566)
Université de Nantes, BP 8122
44312 Nantes (France)
Email : *valentin.grimaud@univ-nantes.fr*

Tariq Jahwari
Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona
c/Solé i Sabarís, s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Frédéric Jallet
INRAP Méditerranée
561, rue Etienne Lenoir
30900 Nîmes (France)

Ruslan Ivan Kostov
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski". Mineralogy and Petrography
Studentski Grad, “prof. Boyan Kamenov” Street
Sofia 1700 (Bulgarie)
Email : *rikostov@yahoo.com*

Marc Laroche
Didier Le Gouestre
Service Régional d’Archéologie
1, rue Stanislas Baudry
44 000 Nantes (France)

Nicolas Le Maux
Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, UMR 8215.
21, allée de l’Université
92000 Nanterre (France)
Email : *nicolasarcheo@gmail.com*

Christophe Le Pennec
Service des Musées et du patrimoine historique
15, Place Saint-Pierre
56000 Vannes (France)
Email : *Christophe.LePennec@mairie-vannes.fr*

Saleh Lehbib
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Yves Lulzac
Lulzac research Labs
1, place du 116ème régiment d'infanterie
44300 Nantes (France)

Xavier Margarit
Ministère de la Culture, DRAC de Provence-Alpes-Côte d'Azur
Service régional de l'archéologie
23, Bd du Roi René
13617 Aix-en-Provence cedex (France)
Email : *xavier.margarit@culture.gouv.fr*

Javier Martínez López
Geoarchaeology and Archaeometry Unit applied to Historical-Artistic-Monumental Heritage (UGEA-PHAM), Earth Sciences Department, Faculty of Sciences
Cadiz University, Campus Rio San Pedro
11510, Puerto Real, Cádiz (Espagne)

Joãn Carles Melgarejo
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada.
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Blanca Mocquet
Lulzac research Labs
1, place du 116ème régiment d'infanterie
44300 Nantes (France)

Miquel Molist Montaña
Universitat Autonoma de Barcelona
Facultat de Filosofia i Lletres, Departement de Prehistoria
08193 Bellaterra (Espagne)
Email : *Miquel.Molist@uab.cat*

Candelas Moro
Departamento de Geología
Universidad de Salamanca
Pl. de los Caídos s/n
37008 Salamanca (Espagne)
Email : *cmoro@usal.es*

Christian Obeltz
Les Étrivières, le Penhouët
56340 Carnac (France)
Email : *obeltz.christian@orange.fr*

Yvan Pailler
INRAP Grand Ouest, UMR 8215 Trajectoires et UMR 6554
LETG - Brest Géomer, Institut Universitaire Européen de la Mer
rue Dumont D'Urville, Technopôle Brest Iroise
29280 Plouzané (France)

Anne-Marie Pétrequin
MSHE C.N. Ledoux, CNRS et Université de Franche-Comté
32, rue Mégevand
25030 Besançon (France)

Pierre Pétrequin
MSHE C.N. Ledoux, CNRS et Université de Franche-Comté
32, rue Mégevand
25030 Besançon (France)
Email : *archeo.petrequin@free.fr*

Monica Oliva Poveda
Carrer L'Estartit 701
Cabrera d'Anoia
08718 Barcelona (Espagne)
Email : *monicaolivapoveda@gmail.com*

Frédéric Prodéo
Inrap Grand Sud-Ouest, Pôle mixte de recherche archéologique
Le Château
24260 Campagne (France)
Email : *frederic.prodeo@inrap.fr*

Guirec Querré
Laboratoire Archéosciences, UMR 6566 CReAAH
Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu
35042 Rennes Cedex (France)
Email : *guirec.querre@univ-rennes1.fr*

José Ramos Muñoz
Prehistory Area, Faculty of Philosophy and Letters
Cadiz University
11001, Cadiz (Espagne)
Email : *jose.ramos@uca.es*

Carlos Rodríguez-Rellán
Fernand Braudel-IFER FMSH Postdoctoral Scholar
Laboratoire de recherches archéologiques
UMR 6566 CReAAH, Université de Nantes
BP 81227
44312 Nantes Cedex 3 (France)
Email : *carlos.rellan@fulbrightmail.org*

Benjamin Rondeau
Université de Nantes et Laboratoire de Planétologie et Géodynamique (LPGN-CNRS)
BP 92208
44322 Nantes Cedex 3 (France)

Bettina Schulz Paulsson
Institutionen för historiska studier
Göteborgs universitet, Box 200
405 30 Göteborg (Suède)
Email : *bettina.schulz.paulsson@gu.se*

Alison Sheridan
National Museums Scotland
Chambers Street
Edinburgh EH1 1JF (Grande-Bretagne)
Lisard Torró
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Jean-Sebastien Vaquer
CNRS, TRACES, UMR 5608
Université de Toulouse Jean Jaurès
5, allée Antonio Machado
F 31058 Toulouse cedex 9 (France)
Email : *jean-sebastien.vaquer@orange.fr*

Laurine Viel
LaMPEA UMR 7269 - Aix-Marseille Université
Maison Méditerranéennes des Sciences de l'Homme
5, rue du Château de l'Horloge - B.P. 647
13094 Aix-en-Provence Cedex 2 (France)
Email : *laurine.viel@univ-amu.fr*

Emmanuelle Vigier
Musée de Préhistoire de Carnac
10, Place de la Chapelle
56340 Carnac (France)
Email : *e.vigier@museedecarnac.fr*

Cristina Villanova-de-Benavent
Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada
Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona
c/ Martí i Franquès s/n
08028 Barcelona, Catalonia (Espagne)

Alain Villes
Musée d'Archéologie Nationale
place Charles de Gaulle
78100 Saint-Germain-en-Laye (France)
Email : *villes.alain@orange.fr*

• **Guirec Querré** est docteur en géologie de l'université de Rennes 1. Sa thèse soutenue en 1985 a porté sur la pétrologie et la géochimie de granites du Bouclier baltique, constitué des plus vieilles roches d'Europe datées à plus de 2,5 milliards d'années, l'Archéen, le "Paléolithique inférieur de la Terre". Il s'est ensuite spécialisé dans l'étude en laboratoire des objets archéologiques et objets d'art en pierre, pierre précieuse et céramique par les méthodes des Sciences de la Terre. Ingénieur de recherche au Ministère de la culture et de la communication, il a été responsable du pôle pierre-céramique du laboratoire du Louvre à Paris (LRMF puis C2RMF) de 1987 à 1999. Il était chargé entre autres, des expertises pour acquisition par les musées de France, des objets en pierre et terre cuite en utilisant de nombreuses techniques, de la loupe binoculaire à l'accélérateur de particules AGLAE du Louvre en passant par la thermoluminescence et la microscopie électronique. Depuis 1999, il travail sur des thèmes traitant de la pierre et à la céramique de la Préhistoire et Protohistoire européenne au laboratoire Archéosciences de Rennes, un des sites de l'Unité Mixte de Recherche (UMR6566) Centre de recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire, unité qu'il a dirigé de 2004 à 2007. Guirec Querré, auteur de nombreux articles scientifiques, a également enseigné dans plusieurs établissements supérieurs : l'université Aalto à Otaniemi (Helsinki), l'Ecole du Louvre, l'Institut national du Patrimoine et l'Université Panthéon-Sorbonne à Paris, les universités de Rennes 1 et Rennes 2 et Nantes en Bretagne.

• **Serge Cassen** est docteur en Anthropologie, Ethnologie et Préhistoire de l'université de Paris 1 (Sorbonne-Panthéon) et directeur de recherche au CNRS. Sa thèse soutenue en 1986 a porté sur les sociétés néolithiques du IVe millénaire av. nè. entre Loire et Gironde. Il rejoint alors J. L'Helgouac'h pour fouiller le dolmen emblématique de la Table des Marchands à Locmariaquer, puis la barre de stèles du Grand Menhir qui sera datée du milieu du Ve millénaire av. nè. Un premier modèle de compréhension des architectures monumentales sera proposé avec C. Boujot au début des années 90 qui ordonne les cistes sous tumulations et les tombes à couloir en les confrontant aux relations stratigraphiques, aux datations par le radiocarbone, aux mobiliers céramiques, lithique, et notamment aux objets surpolis très valorisés de jade et de callaïs. Les lames de hache en jade seront d'ailleurs le motif d'une longue collaboration avec P. Pétrequin à partir de 1995. Au début des années 2000, avec la publication de l'ouvrage Eléments d'architecture, les représentations symboliques gravées sur les stèles et les parois des tombeaux deviendront progressivement un domaine de recherche à part entière, qu'il s'agisse des techniques d'enregistrement et de restitution, ou de l'approche sémiotique des compositions. Serge Cassen est actuellement directeur-adjoint du Laboratoire de recherche Archéologie et Architectures (UMR6566) à l'université de Nantes, après l'avoir dirigé entre 1998 et 2009.

• **Emmanuelle Vigier**, née en 1971, elle est directrice du Musée de Préhistoire de Carnac (Morbihan). Elle a suivi un double cursus universitaire en sciences politiques (IEP Paris) et en archéologie. Elle obtient en 1995 une maîtrise à l'université de Paris I (Panthéon-Sorbonne) sur l' « Étude technologique de l'industrie lithique peu-richardienne de la Sauzaie (Charente-Maritime) », suit l'école thématique « Expérimentation et analyse technologique de la pierre taillée préhistorique » (CNRS-UMR 6130 CPAM) et participe à une vingtaine de chantiers de fouilles sur des sites paléolithiques et néolithiques en France. De 1996 à 1999, elle travaille dans la presse et l'édition, et contribue à de nombreux reportages sur le patrimoine archéologique et culturel du Brésil et du Proche-Orient. À partir de 2000, elle intègre la filière culturelle de la fonction publique. Elle est tout d'abord chargée de mission au département « Néolithique » du Musée d'Archéologie nationale (Saint-Germain-en-Laye), puis attaché de conservation au musée départemental Dobrée (Nantes) ; en 2006, elle est nommée directrice du Musée de Carnac où elle a notamment en charge un projet de rénovation muséographique, ainsi que l'étude et la conservation-restauration des collections issues de 200 sites archéologiques du sud Morbihan - dont 120 mégalithiques. Ses recherches concernent aussi bien la culture matérielle que l'historiographie des sites.