

Mémoire d'un spectroradiométriste De la télédétection à l'archéologie préhistorique

Michel G. L. ERRERA

1. Débuts de l'utilisation d'un spectroradiomètre au MRAC

1.1. La télédétection

Quand je suis arrivé au Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC), en avril 1994 pour y enseigner la gemmologie (Muhongo & Errera, 1993 ; Errera *et al.*, 2023), le principal intérêt portait sur la télédétection appliquée à la cartographie géologique de l'Afrique en général et en particulier celle du Rwanda et du Burundi avec dans l'idée, en cas de succès, d'étendre cette dernière à la République démocratique du Congo (ex-Congo belge, puis Zaïre après l'Indépendance). La tâche était difficile même si les premiers fondements théoriques et les premiers succès venaient de voir le jour sous l'égide de la Nasa et de l'*United State Geological Survey (USGS)* : Farmer, 1974 ; Adams, 1975 ; Hunt, 1977 ; Hunt, 1982 ; Clark & Roush, 1984 ; Clark *et al.*, 1990 ; Gaffey *et al.*, 1993 ; Salisbury, 1993, et bien d'autres.

De très nombreux échantillons géologiques avaient été collectés lors d'une mission organisée au djebel Uweinat (André *et al.*, 1991), un massif montagneux en Libye, aux confins de l'Égypte et du Soudan. Des mesures de spectres de réflectance réalisées en laboratoire sur ces échantillons (cassures fraîches et surfaces altérées) permettaient de caractériser des types de lithologiques par leur signature spectrale dans le visible et le proche infrarouge. L'idée était d'utiliser ces signatures pour l'exploitation des données du senseur *Thematic Mapper (TM)* du satellite Landsat (Tréfois, 1990).

Il s'agissait, à l'époque, de la constitution d'une des premières banques de données spectrales. Je m'étais immédiatement intéressé à la possibilité de déterminer des minéraux et des roches par l'outil de la télédétection. En effet, j'avais eu la chance de faire mon service militaire à l'École royale militaire (ERM) à Bruxelles à la chaire de Géologie (Fig. 1). J'avais pour mission principale de faire une série de tests pour tenter l'analyse de roches et de minéraux à l'aide du spectromètre d'émission de l'ERM (Scheere, 1968). Les expériences n'ont pas été concluantes mais j'avais acquis mes premières bases qui m'ont été, comme nous le verrons, tellement utiles.

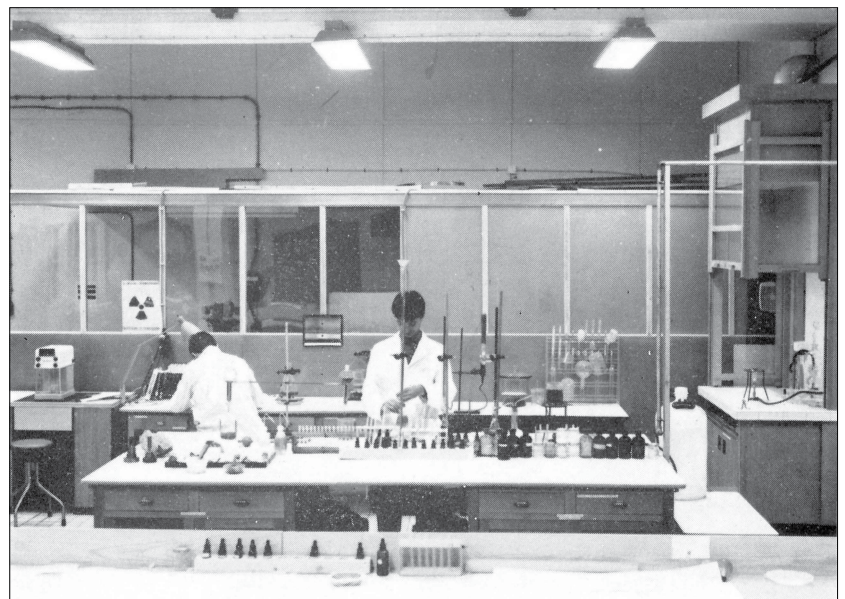


Fig. 1 – Le laboratoire de géologie de l'ERM. Au premier plan, le présent auteur le siècle passé (Scheere, 1968: fig. 6 h.-t.).

1.2. L'exposition sur les pierres précieuses, premières applications et premiers succès

Peu après, le MRAC organisait conjointement avec le Musée royal d'Art et d'Histoire (MRAH) une exposition montrant, à la fois, des pierres précieuses et fines, les roches dont elles provenaient et une remarquable collection d'objets de toutes provenances illustrant la diversité de l'utilisation de ces pierres dans la bijouterie et la joaillerie (Collectif MRAC/MRAH, 1995). Il avait été convenu d'analyser, avec les outils habituels de la gemmologie, un grand nombre des pièces d'art où les références aux pierres précieuses et fines étaient réduites à leur plus simple expression, si même elles existaient. Par exemple, les « pierreries » ornant la croix reliquaire (MRAH, Inv. 3214) dont les gemmes se sont avérées être du cristal de roche, de l'améthyste, de la sardoine, du jaspe, de la pâte de verre, mais encore quelques pierres qui n'ont pu être identifiées.

Il y avait aussi une petite lame de hache néolithique en jade-jadéite, déterminée comme telle, mais dont le chef de département de géologie et minéralogie du MRAC n'admettait pas l'identification qu'il estimait peu probable. Cette identification reposait sur sa signature spectrale. À dire vrai, j'avais eu l'occasion, lors d'une excursion géologique dans le bois de la Houssière, près de Nivelles, d'assister à une découverte d'une belle hache en jadéite que Georges Mortelmans, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, avait décidé de publier. Elle n'a pas été publiée et n'a malheureusement jamais été retrouvée dans les collections de cette Université. Jean Klerkx, le chef de Département du MRAC avait exigé de faire une lame mince dans la petite lame en jade-jadéite. J'avais cru que la chose serait facile mais il n'en a rien été. Après avoir cassé deux burins pour faire sauter une première esquille, j'avais attaqué la pièce avec une petite scie diamantée en lui occasionnant d'horribles dégâts et, quand j'y pense, j'en suis encore tout confus. La lame mince confirmait bien entendu le jade-jadéite, signant là mon premier succès.

Très rapidement, deux articles montraient l'utilité réelle de la spectroradiométrie appliquée aux objets des musées, détournant ainsi la télédétection de sa vocation initiale (Errera, 1995 ; 1997). Bien sûr, j'en étais très fier et je pensais être le premier à m'être engagé dans cette voie : la spectroradiométrie. Ce nom, à la mode à ce moment (par exemple, Nicole *et al.*, 1972) provient de « spectre » qui exprime l'intensité relative d'un rayonnement ayant traversé ou étant réfléchi (réflectance) par une substance ou un objet (représenté en ordonnée) par rapport à sa longueur d'onde ou à sa fréquence (représentée en abscisse). L'élément « -radio- » que la mesure de ce rayonnement est distante, la distance pouvant d'ailleurs se mesurer en cm (le cas qui nous occupe), ou en km dans le cas des satellites (télédétection), ou encore en années-lumière (radioastronomie). Ceci distingue les méthodes où la mesure se réalise dans une cellule fermée (spectrométrie infrarouge, par exemple), ce qui limite l'encombrement de l'objet à analyser. Le suffixe « -métrie » indique qu'il s'agit d'une mesure par opposition à « -scopie » lorsqu'il s'agit seulement de l'observation.

Toutefois, lors d'un repas pris dans le réfectoire de la Géologie, un des participants (j'ai malheureusement oublié son nom, qu'il me pardonne) me fit remarquer qu'il venait de lire un article du *National Geographic* où un jeune chercheur de la Nasa, Brian Curtiss (Fig. 2), avait appliqué la même méthode sur des masques mésoaméricains (Ward, 1987). Peu après, ce jeune chercheur publiait un article très remarqué : *Visible and Near-Infrared Spectroscopy for Jade Artifact Analysis* (Curtiss, 1993). Il a donc une incontestable antériorité.

2. Application aux lames de hache au Musée régional de Préhistoire à Orgnac-l'Aven

En 1997, ma femme et moi avons acheté une vieille ferme, « les Mattes » à Orgnac-l'Aven. Ce village ardéchois était justement célèbre pour son aven et pour le « Musée régional de Préhistoire » attenant. Travaillant au MRAC, il m'avait paru courtois de rendre une visite à sa directrice, Laurence Ogel. Je lui avais parlé alors de mes premiers travaux en spectroradiométrie. Intéressée, elle m'avait proposé de faire quelques analyses sur des

haches en roches vertes dont justement une spécialiste venait d'effectuer les premières déterminations (Ricq-de Bouard *et al.*, 1998).

À l'époque, les problèmes optiques liés à l'absorption dans les minéraux et les roches étaient peu connus. Les premiers travaux théoriques sur la réflectance n'avaient pas encore été publiés (Hapke, 1981 ; 2012). Pour éviter les problèmes géométriques liés à la réflectance, il m'avait paru judicieux de faire des essais sur des surfaces les plus plates possibles et les lames de hache paraissaient idéales (Errera, 2000). Il m'avait aussi paru intéressant d'appliquer la méthode à des objets archéologiques dans des conditions de terrain, c'est-à-dire non pas dans un laboratoire où les objets sont amenés et donc immobilisés, mais dans un Musée (ou sur un site) où c'est l'appareillage seulement qui est déplacé. Outre le fait que ces mesures soient totalement non destructives, l'intérêt de la spectroradiométrie mobile résidait, et réside toujours, dans le fait, que d'une part, les objets ne sont indisponibles que pour la stricte durée des mesures et, d'autre part, qu'ils ne sont pas déplacés, ce qui augmente évidemment la sécurité. Je n'avais d'ailleurs pas conscience que certaines grandes lames pouvaient valoir plusieurs centaines de milliers de francs français.

J'avais bien entendu tenu informé la spécialiste en question, Monique Ricq-de Bouard, des premiers résultats. Très impressionnée, elle avait tenu à faire le déplacement au MRAC à Tervuren pour voir fonctionner le spectroradiomètre. Chimiste de formation, elle avait été particulièrement réceptive à la méthode et nous avions eu de passionnants échanges.

3. Ma première rencontre avec Pierre Pétrequin

Retourné à Orgnac pour réaliser des mesures de densité par double pesée hydrostatique et contrôler certains résultats (Errera, 2014), j'avais rencontré un jeune doctorant, Rémy Martineau. Après lui avoir fait une démonstration et donné moult explications, il m'avait expliqué que son patron de thèse, un certain Pierre Pétrequin, ou plus simplement Pétrus, serait certainement intéressé par la méthode. Il me promit de lui en parler dès son retour de mission en Papouasie-Nouvelle-Guinée, où il étudiait les dernières populations utilisant des outils de pierre polie. Plusieurs semaines s'étaient écoulées et j'étais occupé au MRAC par d'autres projets concernant l'étude des diamants de la région de Tshikapa en République démocratique du Congo. Je reçus alors un coup de téléphone de P. Pétrequin qui me dit avoir été informé par son doctorant de ma méthode d'analyse des lames de hache. Après lui en avoir expliqué les tenants et aboutissants, nous prenions rendez-vous au Musée d'Archéologie Nationale (MAN) à Saint-Germain-en-Laye le 3 mai 1999. Le MAN avait été choisi pour sa facilité d'accès et parce que ses collections étaient variées et représentatives pour la France. Ainsi fut-il fait, ce qui marqua le début d'une longue amitié et d'une collaboration ininterrompue depuis.

Après avoir monté le matériel contenu dans une grosse malle dans les combles du château de Saint-Germain-en-Laye par un horrible escalier en colimaçon, je pus installer le spectroradiomètre et faire de très nombreuses analyses sur des pièces archéologiques des réserves. Mais mon bonheur devient total quand la conservatrice, Catherine Louboutin,



Fig. 2 – Brian Curtiss analyse un magnifique masque funéraire Maya provenant d'une tombe de Tikal au Guatemala (in Ward, 1987)

me demanda d'analyser l'extraordinaire dépôt de Bernon à Arzon (Morbihan) constitué de 17 lames découvertes en 1893 (Passile, 1894) qui, outre leur beauté intrinsèque, mêlait des jades-jadéites et des jades-néphrites. J'étais définitivement conquis et je pense que la démonstration de la puissance et l'intérêt de la spectroradiométrie étaient bien établis.

4. Mes premières recherches avec Pierre Pétrequin

Contrairement à ce que pratiquaient de nombreux archéologues, fouillant de fond en comble un site archéologique, Pierre avait été frappé par le fait que de très nombreuses lames en jade-jadéite étaient disséminées, hors contexte, dans toute la France. Il en avait commencé l'inventaire, la description et une certaine systématique typologique. Il lui paraissait clair que ces lames n'avaient pas été « perdues » et qu'elles avaient une forte connotation symbolique.

Très rapidement, une collaboration entre P. Pétrequin, S. Cassen, C. D'Amico, C. Croutsch, à laquelle j'eus l'honneur de participer, déboucha sur plusieurs publications, notamment dans les *Notae Praehistoricae* (Pétrequin *et al.*, 1997) et surtout dans un Séminaire du Collège de France (Pétrequin *et al.*, 2002). Il y était montré, par une cartographie précise des grandes lames de haches polies en roche alpine, que leur distribution était très inégale et que leurs sources étaient piémontaises ou ligures. Qui plus est, fort de leurs nombreuses missions en Papouasie-Nouvelle-Guinée, Pierre et Anne-Marie, son épouse, postulaient que ces sources devaient être en altitude. Y était développé également, grâce à une vision globalisante, une excellente typologie qui, par de rares associations, permettait une certaine sériation chronologique entre le VI^e millénaire et 3800 BC. Cette typologie était fondée à la fois sur la forme des lames vues de face, sur leur section et, accessoirement, sur la présence d'une perforation. Enfin, par l'étude des techniques de production, il était montré que contrairement à certaines idées reçues, le ramassage de galets dans les moraines et les lits alluviaux était une exception et qu'il fallait trouver les sources des matières premières sur les gisements primaires. Ces techniques comprenaient, dans les productions les plus anciennes, l'utilisation du choc thermique pour faire éclater la roche et obtenir de grands éclats courbes et minces. Plus tard, le sciage à la plaquette de grès ou à la planchette sablée permettait d'obtenir des lames encore plus longues et plus étroites, à côtés rectilignes.

5. Les sessions d'étude au Frasnais (2000-2009)

Depuis longtemps, Pierre et Anne-Marie organisaient des sessions de fouilles dans les villages néolithiques littoraux des lacs de Clairvaux et de Chalain. D'un point de vue logistique, l'équipe disposait de locaux dans la base scientifique du Centre national de la Recherche scientifique (CNRS) au Frasnais, dans le Jura. Chaque année, pendant presque 10 ans, j'allais installer le spectroradiomètre GER du MRAC dans un petit labo photo et j'analysais les pièces de référentiels alpins ou des objets archéologiques.

En 2000, lors d'une réunion annuelle du groupe de travail Chalain/Clairvaux, j'ai, pour la première fois, présenté en public les résultats obtenus par des mesures spectroradiométriques réalisées sur des lames des sites de Chalain et de Clairvaux déposées au MAN. J'ai participé à ces réunions jusqu'en 2009 où l'on m'apportait des pièces de plus en plus nombreuses et de plus en plus spectaculaires provenant, notamment, des collections allemandes collectées par Lutz Klassen, ou des collections de Grande-Bretagne et d'Irlande par Alison Sheridan (Fig. 3).

Un mot particulier concernant les lames du Petit-Rohu près de Carnac trouvée par une famille anglaise lors des grandes marées d'automne en 2007. Cette famille était à la recherche de coquillages et, par bonheur, a sorti de l'eau, presque par inadvertance, 4 superbes lames de hache plantées verticalement dans l'eau (Fig. 4). Ils avaient été visiter le Musée de Carnac peu avant et s'étaient immédiatement rendu compte de l'énorme intérêt de leur découverte. Les inventeurs, Sonia Hoba et Adam MacHale, étaient retournés alors au Musée qui avait immédiatement contacté Serge Cassen (Cassen *et al.*, 2008 ; 2010). *Illico*, ce dernier me

les avait apportées au Frasnais pour que je puisse les analyser. C'étaient de très beaux jades-jadéites.

Je dois dire et remercier publiquement le Directeur du MRAC d'alors, Guido Gryseels, et le Directeur de son Département de Géologie et de Minéralogie, Johan Lavreau, qui m'ont laissé toute latitude pour faire ces missions, parmi de nombreuses autres, et de les financer, par exemple, ma participation à une table ronde à Aurillac (Errera, 2003). À cette époque, j'eus l'occasion de faire la connaissance des archéologues belges et, sur le plan international, une invitation à Osaka à un congrès de la *World Archaeological Congress* (WAC) en 2006 m'a honoré en tant que spectroradiométriste.

6. La découverte des gisements alpins (2002)

Fort de leur modèle ethnoarchéologique, Pierre et Anne-Marie avaient commencé à prospecter les Alpes autour du Viso pour tenter de trouver les gisements primaires des jadéites et des écolgites. Ces gisements répondaient à des conditions géologiques précises de formation : haute pression et moyenne ou basse température. Au début, ils prospectaient les vallées en les remontant, prenaient des échantillons des roches vertes rencontrées, faisaient faire des lame-minces et les étudier par Michel Rossy, un pétrographe expérimenté, maître de conférences honoraire au Département de géosciences, UFR Sciences, Université de Franche-Comté. Ce travail était particulièrement long et fastidieux.

Avec l'utilisation de la spectroradiométrie, leurs recherches se sont fortement accélérées. Les échantillons récoltés m'étaient envoyés par la poste, rapidement analysés et les résultats positifs ou négatifs envoyés par courriels. Lorsqu'ils étaient positifs, ils continuaient à remonter la vallée, lorsqu'ils étaient négatifs, ils passaient à une autre vallée. Somme toute, ils appliquaient les vieilles méthodes des chercheurs d'or.

En remontant un affluent de la vallée du Pô, durant l'été 2003, ils avaient trouvé un éclat de taille, le premier en altitude, montrant des caractéristiques assez particulières : des grenats coronitiques (Fig. 5). Ces caractéristiques se retrouvaient sur une lame provenant du lac de Clairvaux. La démonstration était faite et, allant de découvertes en découvertes, ils mettaient en évidence, dans le massif du Viso, cinq gîtes primaires très importants (ou secondaires proches des gîtes primaires), gîtes qui ont été exploités entre 1500 et 2400 m d'altitude : Barant, Alpetto-Murel, Bulè, Milanais et Porco. Bien entendu, Pierre et Anne-Marie tenaient régulièrement la *Soprintendenza Archeologica del Piemonte* à Turin au courant de l'avancement de leurs recherches. Aussi, quand ils annoncèrent à la *Soprintendenza* leurs découvertes, celle-ci, comme l'ensemble des archéologues et géologues italiens, marqua plus que du scepticisme puisque cela ne cadrerait absolument pas avec le modèle communément admis (D'Amico *et al.*, 1996).

Cependant, la présence de gîtes primaires, qui avaient été recherchés tant par les géologues que par les archéologues pendant plus de 100 ans, venait d'être signalée par un Professeur de Géologie à l'Université de Turin, Roberto Compagnoni (Compagnoni & Rolfo, 2003). La *Soprintendenza* n'avait pas répondu immédiatement au rapport de Pierre et Anne-Marie, mais il y a eu des fuites, vers des marchands « cristalliers » et vers R. Compagnoni qui, dans un premier temps semble avoir nié l'intérêt archéologique. Plusieurs blocs-carrière dits « Peyronel » avaient été complètement détruits à la dynamite en 2003-2004 par ces



Fig. 3 – Lutz Klassen, au premier plan, Pierre, Anne-Marie au Frasnais devant de magnifiques lames provenant d'Allemagne et de Grande-Bretagne (photo M. Errera).

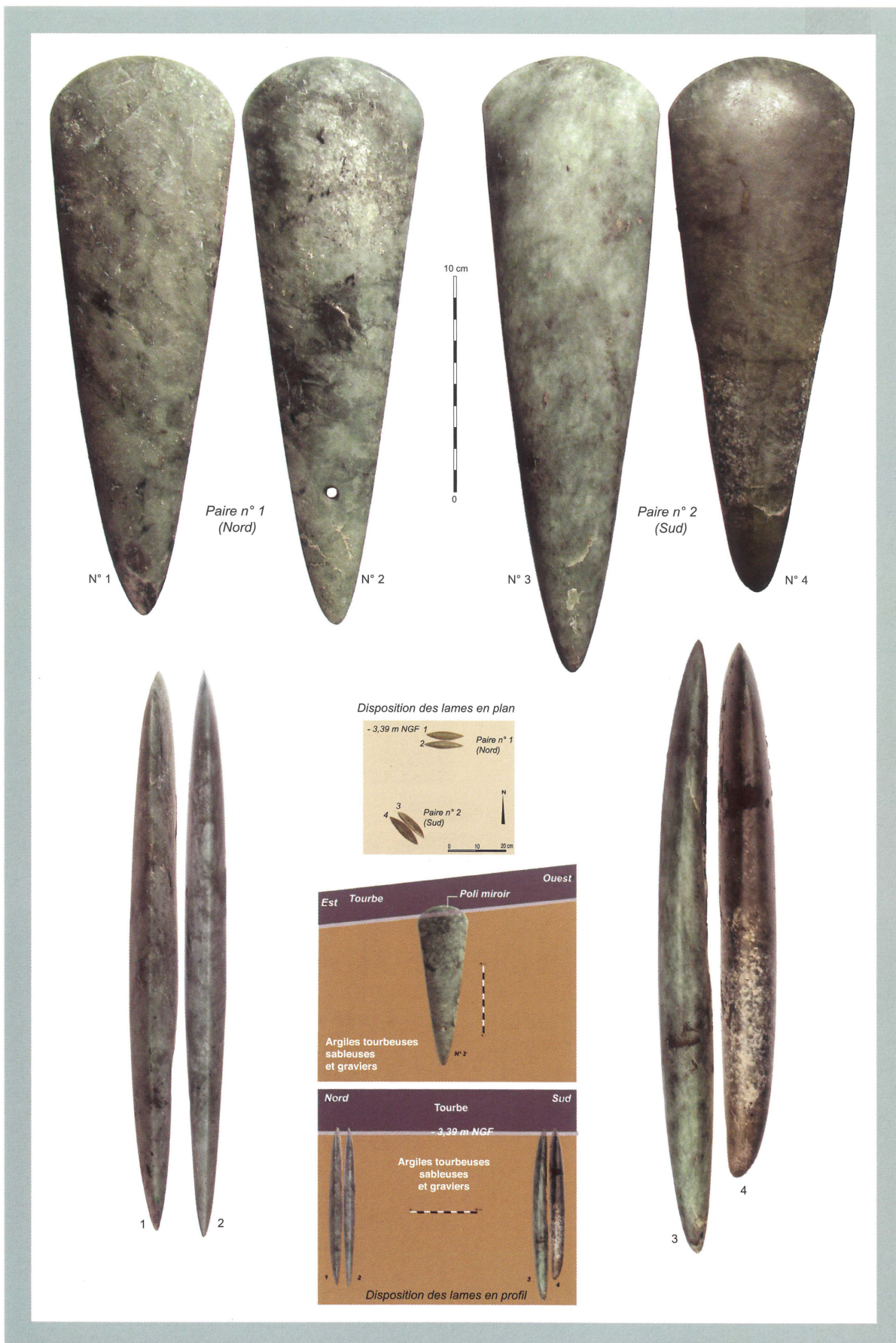
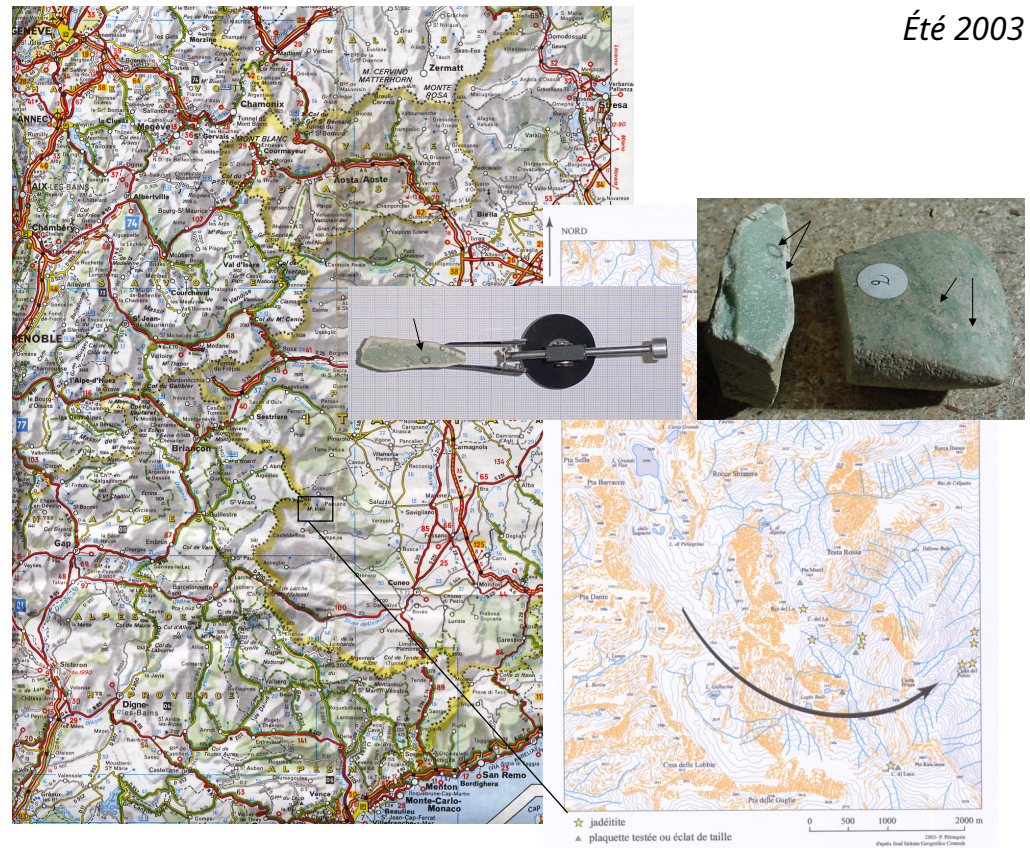


Fig. 4 – Les quatre lames polies du Petit Rohu/Porh Fetan ; reconstitution du dépôt. (d'après Cassen *et al.*, 2008 et 2012 ; d'après JADE, t. 2, 935, fig. 9).

Été 2003

Fig. 5 – Première découverte d'un éclat de taille au Viso et démonstration de sa correspondance avec une lame provenant du lac de Chalain. La correspondance des grenats coronitiques est frappante. Photo et DAO : M. Errera.



premiers et plus d'une tonne de roches déjà descendue en vallée. Il s'agissait pourtant d'un site néolithique d'exploitation, comme le montraient les éclats de taille et les plaquettes de choc thermique. Ceci mettait évidemment la *Soprintendenza* dans un profond embarras puisque c'était un site archéologique protégé. D'ailleurs, le pillage continue, une société basée à Vitrolles dans le sud de la France, propose explicitement des jades-jadéite, taillés ou non, à la vente (*World Gems Company*, 2024).

Dans le massif du Mont Beigua (Groupe de Voltri, pour reprendre l'appellation des géologues), plusieurs gîtes secondaires de jades avaient été identifiés à l'ouest de la région (haute vallée de l'Erro), au centre (haute vallée de l'Orba) et à l'est (vallées de la Lemme et de l'Ardana). Quant aux gîtes primaires, ils se limitent à quelques blocs de jadéite (Celle Ligure) ou des boudins de roches élogitiques (Urbe) ou amphibolitiques, comme à Sassello/ Rocca Colombo (avec traces d'exploitation dans ce dernier cas). Contrairement au Viso, les conditions de prospection et de fossilisation des vestiges néolithiques y sont beaucoup plus défavorables en raison de l'intensité du ravinement torrentiel. La découverte des gisements archéologiques du Viso, datés entre 5300 et 4300 BC (Pétrequin *et al.*, 2006) et, dans une moindre mesure, ceux du Beigua marquèrent un tournant important dans l'histoire européenne au Néolithique.

7. Varna et la Bulgarie (2006)

J'avais eu l'occasion de travailler avec Anne Hauzeur et Foni Le Brun-Ricalens au Musée National d'Histoire et d'Art de Luxembourg et Anne connaissait bien la spectroradiométrie, méthode que j'avais appliquée à des herminettes d'Altwies, d'Alzingen et Huesfeld notamment (Hauzeur, 2007). Les grandes lames de hache alpines en jadéite lui étaient familières. En visite à Sofia (Bulgarie), elle tomba littéralement en arrêt devant une grande lame alpine et, ni une ni deux, elle vint me voir avec Tsoni Tsonev (Institut d'Archéologie et Musée de Sofia) pour analyser cette belle lame au MRAC.

Très peu de choses existaient sur les circonstances et le lieu de sa découverte ou les contextes stratigraphiques ou culturels. Cette hache polie avait été vendue au Musée de Sofia vers 1930 par un homme qui disait l'avoir trouvée près du village de Svoboda, dans le district de Chirpan, en Bulgarie du Sud. Cette découverte était cependant suspecte car il s'agissait, en effet, d'une découverte unique, dans un contexte mal connu, sans autre trouvaille identique entre le nord-est de l'Italie et la Bulgarie.

Après analyse, le doute n'était plus guère permis : la hache de Svoboda avait les plus grandes chances d'avoir été façonnée sur un des boudins de jadeitite de la vallée de l'Erro, dans les Apennins ligures, à 1300 km de son point de découverte. Avait-elle été importée récemment et présentée comme bulgare pour être vendue plus facilement au Musée de Sofia ? Dès lors, une mission d'étude et d'analyse était organisée en Bulgarie avec, bien entendu Pierre et Serge. Dans le cadre du programme JADE, dont je parlerai plus loin, cette mission dans les musées aura permis de reconnaître une belle série de haches en jadeitite, en omphacite ou en élogite, autrefois identifiées à tort comme des serpentinites d'origine régionale. Selon toute vraisemblance, ces roches avaient en fait été importées à longue distance par des Néolithiques et provenaient des Alpes internes italiennes, en particulier de la région du Mont Beigua et, à un moindre degré, du Viso.

Parmi ces lames, certaines provenaient des sépultures des nécropoles de Varna et de Durankulak. Une des tombes les plus spectaculaires est celle de Varna I (tombe 43), une des plus riches, avec près d'un kilo d'objets en or sur les 6 kg que compte l'ensemble de la nécropole : deux haches en jadeitite étaient placées entre les jambes du défunt. Au total, 12 haches ou petites herminettes en roches vraisemblablement alpines ont été identifiées à Varna et à Durankulak, tous deux sur les rives de la Mer Noire.

La bipartition de l'Europe, pressentie dès 2002 (Pétrequin *et al.*, 2002), était ainsi magistralement confirmée (Fig. 6) : le Morbihan à l'ouest de l'Europe, avec Carnac comme épice, se présentait alors comme le symétrique, à l'échelle de l'Europe, à l'est (Cassen, 1991). D'ailleurs, des comparaisons avaient été proposées entre certains signes, comme celui de la crose (Cassen & L'Helgouach, 1992) ou certains objets remarquables (Cassen, 2003), communs à Carnac et à Varna.

8. Les financements ANR : JADE1 (2006) et JADE2 (2010)

Vu l'intérêt des premiers travaux, notamment la découverte des gisements des roches alpines utilisées au Néolithique, jadeitites et élogites principalement, il est rapidement apparu la nécessité d'obtenir un financement important pour permettre le développement des travaux à l'échelle européenne, le financement sur fond propre des laboratoires n'étant plus suffisant. Le projet JADE1 a été un projet de recherche archéologique et ethnologique coordonné par P. Pétrequin (Pétrequin *et al.*, 2012). Il associait S. Cassen, M. Errera, R. Fabregas-Valcarce, E. Gauthier, F. Giligny, L. Klassen, N. Le Maux, A. de Lombera Hermida, Y. Pailler, A.-M. Pétrequin, C. Rodríguez Rellán, M. Rossy et A. Sheridan, parmi d'autres chercheurs anglais, belges, bulgares, danois, français, espagnols, italiens et suisses. Le projet JADE a commencé en novembre 2006 et a duré 42 mois. Il a bénéficié d'une aide de l'Agence nationale de la recherche (ANR) de 264.000 euros pour un coût global de l'ordre de 288.000 euros. Pour l'essentiel, ces résultats ont été régulièrement publiés sous forme d'articles montrant l'avancement du travail et l'état momentané des interprétations proposées : il s'agissait donc, en quelque sorte, de galops d'essai pour tester les hypothèses de travail. La participation régulière à des colloques internationaux a représenté un bon moyen de confronter des hypothèses parfois contradictoires, d'autant que certaines conclusions venaient s'opposer aux approches plus académiques.

La bipartition de l'Europe, pressentie dès 2002 (Pétrequin *et al.*, 2002), était, l'organisation d'un colloque de clôture du projet JADE1 en octobre 2009. Cette monographie conséquente (2 tomes, 1518 p.), aujourd'hui épuisée, présentait la totalité des conclusions et un résumé général a été publié à la fin de cette monographie (p. 1425-1430). Elle a reçu des commentaires particulièrement élogieux parmi lesquels, pour n'en citer qu'un, celui

de Katina T. Lillios de l'Université de l'Iowa (Lillios, 2013). Malheureusement, les bases de données ont été supprimées récemment du site de la Maison des Sciences de l'Homme et de l'Environnement Claude-Nicolas Ledoux (MSHE C.N. Ledoux).

Devant le succès de JADE 1, un second projet, JADE 2, a été à nouveau présenté à l'ANR et, chose tout-à-fait exceptionnelle, a été accepté en 2012, Estelle Gauthier, Maîtresse de Conférences, en assurant la coordination, avec un budget de 300.000 €. Comme le signale un des rapporteurs : « Le projet Jade 2 n'est pas une simple prolongation du projet Jade. Il en constitue un élargissement considérable :

- l'emprise géographique est étendue à la péninsule Ibérique et à l'Europe centrale et les Balkans ;
- le corpus des objets-signes pris en compte s'enrichit des anneaux-disques ;
- les jades-néphrites des Pyrénées s'ajoutent aux jadéites alpines pour les matières premières potentiellement utilisées. »

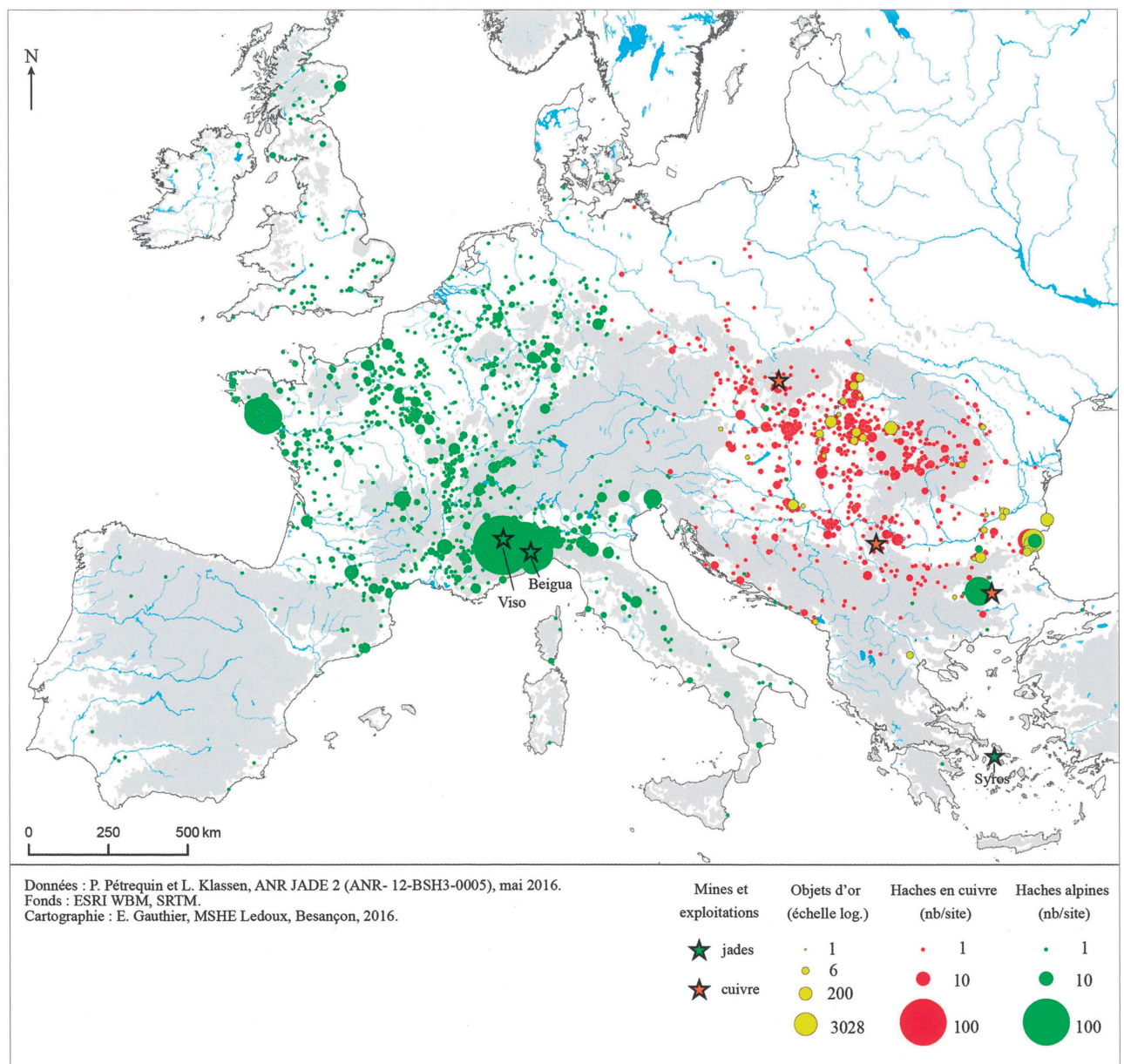


Fig. 6 – Répartition des grandes haches en jades alpins, des outils massifs en cuivre et des objets en or en Europe au V^e et au début du IV^e millénaire avant notre ère. La division du continent en deux sphères sociales et religieuses est nette. État de la documentation : juillet 2016, P. Pétrequin. CAO Estelle Gauthier sur fond de carte ESRI WBM, SRTM (MSHE Ledoux, Besançon ; d'après JADE, t. 4, 957).

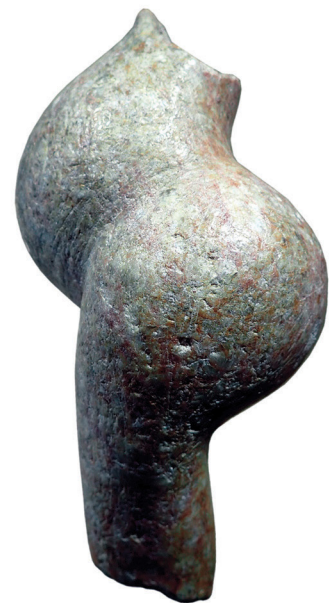


Fig. 7 – L’auteur et le spectroradiomètre dans le conservatoire de l’Institut d’Archéologie de Fribourg en 2014. Notez l’utilisation d’une fibre optique dont l’utilisation constitue un progrès important. Photo : P. Pétrequin.

« Le projet Jade2 présente une approche anthropologique nouvelle en interrogeant, par l’étude des contextes de découverte des objets finis et par celle des zones de production,

- la valeur sociale des objets-signes, objets non utiles et même inefficaces techniquement et économiquement ;
- leur valeur idéale ou religieuse et
- leur signification historique. »

Dans une Europe marquée aux 5^e et 4^e millénaires par la coexistence de groupes culturels aux identités marquées, la circulation sur près de 3000 km de milliers d’objets semblables permet de confronter multiculturalisme et phénomène transeuropéen. Une réunion de lancement de Jade 2, Objets-signes et interprétations sociales des jades alpins dans l’Europe néolithique, dont certains étaient venus d’assez loin (Écosse, Serbie, Roumanie, Bulgarie, etc. eu lieu à Besançon les 25 et 26 mars 2013. Le problème du renouvellement du spectroradiomètre utilisé jusqu’alors s’est posé avec acuité. En effet, celui-ci commençait à donner des signes d’usure. Il avait été acquis dans les années 80 par le Département de Géologie et de Minéralogie du MRAC et remis à niveau en 1996. L’ordinateur qui le pilotait, configuré spécialement chez le constructeur et adapté au spectroradiomètre, ne pouvait pas être remplacé. Le risque était donc grand d’une panne létale qui aurait fortement compromis notre projet. De plus, peu avant, le MRAC avait demandé le retour de son spectroradiomètre (GER) pour d’autres missions. L’acquisition d’un nouveau spectroradiomètre, d’un modèle au moins aussi performant que son prédécesseur, fut donc décidée par la Maison des Sciences de l’Homme



et de l'Environnement C. N. Ledoux sur financement du CNRS et Université de Franche-Comté). Le nouveau spectroradiomètre de *Spectra Vista Corporation (SVC)* a répondu aux attentes et, surtout, il a montré d'incroyables améliorations : en effet, une réduction importante des bruits de fond avait pour conséquence majeure l'apparition de nouvelles absorptions, jusque là confondues avec le bruit de fond.

Lors d'une mission à Fribourg en 2014, nous avons travaillé dans un ancien bunker servant aujourd'hui de conservatoire à l'Institut d'Archéologie (**Fig. 7**) : collections magnifiquement ordonnées dont des lames en jade de la collection Fischer (Fischer, 1880) mais des étiquettes frappées de la croix gammée...

JADE 2 a débouché en 2017 (Pétrequin *et al.*, 2017) sur une seconde monographie (2 tomes, 1467 p., qui comprenait également un CD¹ et des cartes localisant toutes les haches de l'inventaire. De plus, le volume 4 contenait les *abstracts* incluant tous les chapitres de JADE, volumes 1 à 4, dont la traduction était due à Alison Sheridan².

Mais, les campagnes de prospections de Pierre et Anne-Marie n'étaient, et de loin, pas terminées car le problème des gîtes primaires de néphrite n'étaient pas tous résolus. De nombreux gisements, ou supposés tels, souvent signalés par la littérature n'avaient pas été échantillonnés. Les résultats font encore l'objet d'une troisième monographie en 2 tomes, à l'impression au moment où je rédige.

1. Le CD de JADE 2 comporte un inventaire européen arrêté en 2016 des grandes haches en jades alpins, une bibliographie générale et une version PDF de JADE1 *Grandes haches alpines du Néolithique européen*, tomes 1 et 2.

2. Alison Sheridan a suivi tout le parcours des deux JADE et a traduit les résumés en anglais dans le volume 4 des quatre volumes. Qu'elle soit remerciée.

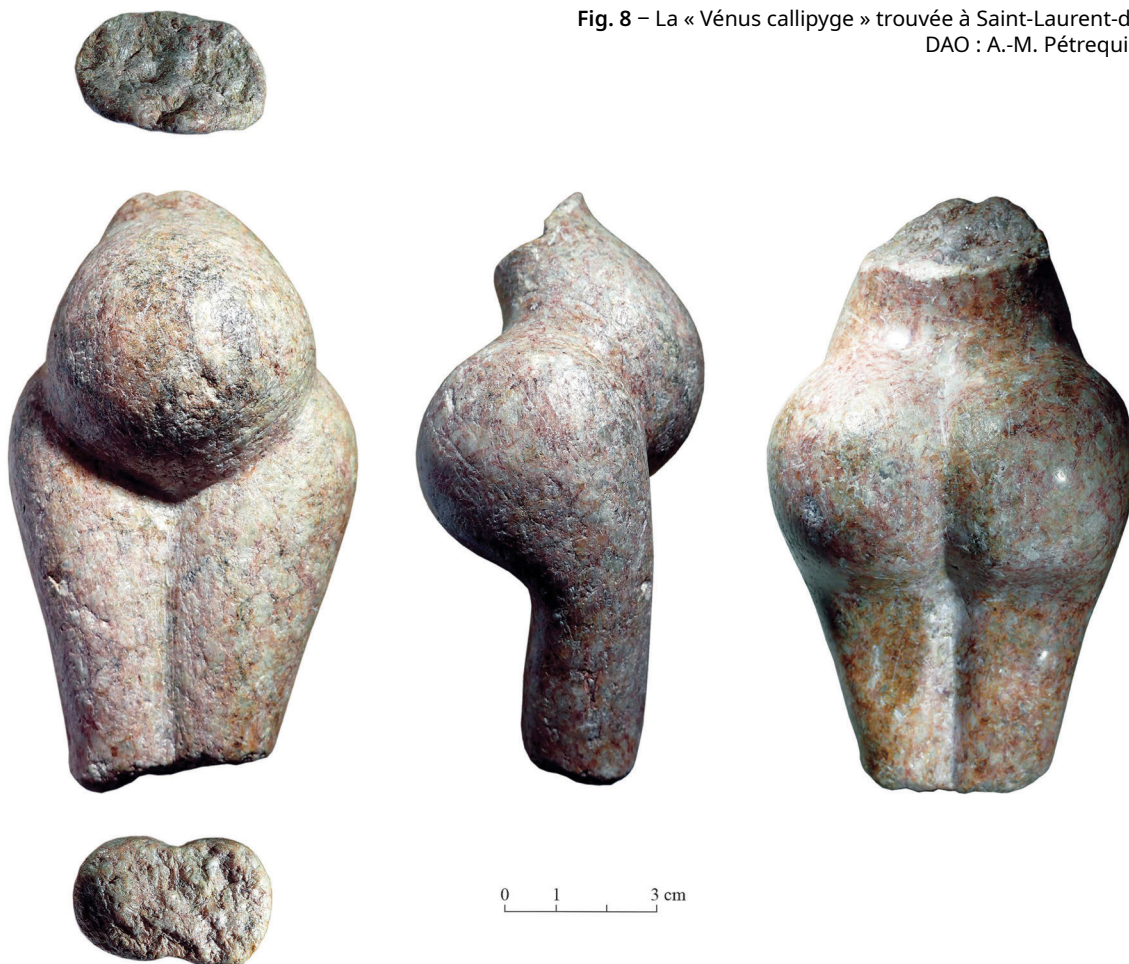


Fig. 8 – La « Vénus callipyge » trouvée à Saint-Laurent-du-Pont en Isère
DAO : A.-M. Pétrequin. Échelle : 2/3.

9. Les sessions JADE à la Cité de la Préhistoire (2014-2024)

Lorsqu'il n'a plus été possible d'utiliser la base archéologique du Frasnais, j'ai pu bénéficier d'une petite chambre noire à la Cité de la Préhistoire et j'ai pu y installer le nouveau spectroradiomètre qui venait d'être mis à ma disposition. Si la chambre noire était plutôt exiguë, une vaste salle attenante était disponible avec toutes les commodités et surtout une très vaste table de travail sur laquelle il était aisé d'étaler le matériel lithologique ou des collections particulières. Sa directrice, Patricia Guillermin, nous avait permis, à Pierre et à moi, d'utiliser sans réserve, les possibilités offertes. De plus, Françoise Prud'homme, chargée de la documentation et des expositions à la Cité de la Préhistoire, en plus de son efficacité, offrait de larges facilités en offrant un hébergement aux visiteurs, ce qui donnait lieu à quelques soirées mémorables.

Lors des sessions, de très nombreuses personnes défilaient : archéologues régionaux amateurs ou archéologues confirmés, thésards, collectionneurs avertis ... Pierre, parfois Anne-Marie, décrivaient les pièces, les prenaient en photos, devisaient pendant que moi, plutôt confiné, je faisais les mesures spectroradiométriques, un premier diagnostic provisoire, souvent une mesure de densité si la pièce posait un problème, pour une confirmation ou plus simplement pour compléter mes banques de données (Errera, 2014). Pierre m'apportait de nombreux échantillons comme les grandes séries des néphrites suisses qu'il venait d'échantillonner souvent dans des conditions difficiles voire périlleuses, toujours en altitude. D'autres fois, c'étaient des ébauches d'anneaux-disque venant de Sarrazac ou du Viso etc. Beaucoup de pièces de la Cité de la Préhistoire d'Ornac-l'Aven étaient réanalysées avec les yeux de Pierre, de nouvelles aussi.

Ilyeut aussi de réelles expertises concernant l'authenticité de certaines pièces comme celle d'une « Vénus callipyge » trouvée à Saint-Laurent-du-Pont (Isère) dans des conditions peu ordinaires (Fig. 8). La matière était relativement aisée à identifier, avec ou sans spectroradiomètre : la stéatite, mais était-elle réellement paléolithique ? Plusieurs réunions d'experts (chacun dans sa spécialité), Françoise Prud'homme, Charlène Girard, Bernard Gely, Pierre et Anne-Marie Pétrequin, Michel Errera, Thierry Lengrand, Delphine Dupuy et Jean-Michel Geneste, eurent lieu sans aucune conclusion si ce n'est la proposition de nouvelles pistes de travail :

- tenter de localiser le gisement de stéatite duquel provient la matière de la statuette ;
- poursuivre l'observation des traces de surface et réaliser des photos en lumière rasante afin de progresser sur l'identification des traces de façonnage antérieures au polissage (avec des gants...);
- réaliser des expérimentations afin de tester les hypothèses de façonnage issues de l'observation des surfaces ;
- réaliser des expérimentations de manipulation d'objets façonnés en stéatite afin de comparer les surfaces longtemps manipulées avec celles qui ne l'ont pas été.

Pour ma part, plusieurs gisements de stéatite ont pu être éliminés (la carrière de Trimouns, dans les Pyrénées ...) mais l'absence d'un référentiel adéquat n'a pas permis d'aller plus loin.

D'importantes collections de jade provenant de Grèce et d'Asie Mineure ou des Caraïbes ont été analysées comme celles du *National Museum Denmark* envoyées par Lasse Soerensen (Session JADE 2015) ou Casper Toftgaard (Session JADE 2018). D'intéressantes comparaisons ont pu être faites avec des échantillons naturels offerts par Mary-Lou Ridinger lors de sa visite au Frasnais en novembre 2007 (Jades S.A., aujourd'hui Jademaya.com, une exploitation créée par elle et son mari³) provenant des sites de la Motagua, au Guatemala (par exemple, Gendron, 2002). Ce dernier référentiel, complétant les banques de données ethnographiques, était particulièrement intéressant pour retirer de l'inventaire général (Pétrequin *et al.*, 2017) les grandes lames trouvées en France ou en Grande-Bretagne les pièces rapportées plus ou moins récemment des Antilles (Pétrequin, 2012). Certains collectionneurs venaient aussi régulièrement à la Cité de la Préhistoire pour faire analyser des lames néolithiques glanées dans les salles de vente. Pour Pierre, il s'agissait surtout de compléter l'inventaire général dont il est question plus haut, pour moi de retoucher

3. Encore merci, Mary Lou.

Fig. 9 – Scarabée en jadéite. Le texte inscrit sous la base indique le nom du défunt : « Ptahmes, Grand prêtre de Ptah ». Égypte, XVIII^e dynastie, vers 1550-1069 av. J.-C. Photo : T. De Putter.



éventuellement mon référentiel. Parfois, des « perles » nous étaient apportées : lames décrites dans la littérature mais disparues depuis comme une lame en méta-dolérite de l'ancienne collection Le Rouzic provenant de Carnac (session JADE 2018)⁴. Une mention spéciale à Pierre Didier (2021) qui nous a demandé d'analyser plusieurs pièces de son exceptionnelle collection, pièces provenant de toutes les parties du monde (art papou, des souverains de la Chine ancienne, des prêtres mayas etc.)⁵. L'intérêt et la beauté des pièces analysées nous ont très largement dédommagé, Pierre et moi, des très nombreuses heures passées à l'analyse et au dépouillement des spectres tout au long et après ces sessions JADE.

10. En guise d'adieux...

Ainsi se termine cette épopée avec Pierre et Anne-Marie Pétrequin ainsi que de très nombreux autres participants. Pour ma part, elle a débouché sur près de 120 publications ou chapitres d'ouvrages en français, en anglais, en italien, en bulgare ou en allemand. Je ne suis pas certain que Pierre et Anne-Marie puissent donner un chiffre, même approximatif, du nombre de leurs publications et ouvrages tant leurs contributions à l'archéologie et à l'ethnoarchéologie ont été diverses et nombreuses. Elles ont bouleversé beaucoup d'idées reçues. Une autre épopée, celle de la spectroradiométrie appliquée aux objets précieux, à ceux des musées et des grandes lames alpines s'achèvera-t-elle ? Sans doute, sera-elle remplacée par de nouvelles méthodes comme la *laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry* ou *LA-ICP-MS*. Cependant, légèrement destructrice, je doute fort que les conservateurs des musées confient leurs trésors à de telles analyses...

Certains problèmes demeurent non résolus comme celui des scarabées égyptiens que, à l'instigation de Thierry De Putter, Pierre et moi avons analysé au Louvre en 2006 (Fig. 9). Une belle histoire serait qu'un scribe aurait fait un voyage initiatique au Viso et l'aurait ramené en Égypte. Je peux encore rêver et penser que je suis la réincarnation de ce scribe.

Notre vieille ferme, « les Mattes » à Orgnac-l'Aven a été vendue ; le spectroradiomètre est retourné à Besançon ; une page se tourne.

Remerciements

Je dédie ce travail à Françoise qui m'a soutenu, aidé et supporté pendant toutes ces années.

4. Merci à vous, David et Emmanuel.

5. Mille mercis, Pierre.

Références

- [Collectif MRAC/MRAH], 1995. *Quand la pierre se fait précieuse...* Catalogue de l'exposition, Snoeck-Ducaju & Zoon éd., Tervuren-Bruxelles : 134 p. Idem, 1995. *Met edelstenen verheven*. Tentoonstellingscatalogus, Snoeck-Ducaju & Zoon Uitgever, Tervuren-Brussel : 134 bl.
- ADAMS J. B., 1975. Interpretation of visible and near-infrared diffuse reflectance spectra of pyroxenes and other rock-forming minerals. In : Karr C. (éd.), *Infrared and Raman Spectroscopy of Lunar and Terrestrial Minerals*, Academic Press, New York : 94-116.
- ANDRÉ L., KLERKX J. & BUSREWIL M. T., 1991. Geochemical and Rb-Sr isotopic data on felsic rocks from the Jabal al 'Awaynât alkaline Intrusive Complex (SE Libya). In : Salem M. J., Busrewil M. T. & Ben Ashour A. M. (éd.), *The Geology of Libya, 3rd Symposium on the Geology of Libya, held at Tripoli, September 27-30, 1987*, vol. VII, Elsevier, Amsterdam : 2511-2527.
- CASSEN S., 1991. Les débuts du IV^e millénaire en Centre-Ouest : l'hypothèse du Matignons ancien. In : *Identité du Chasséen. Actes du colloque international, Nemours 1989*, Mémoires du musée de Préhistoire d'Île-de-France, n° 4, Nemours, APRAIF : 111-120.
- CASSEN S., 2003. Importer, Imiter, Inspirer ? Objets-signes centre-européens dans le Néolithique armoricain. *L'Anthropologie*, 107 : 255-270.
- CASSEN S. & L'HELGOUACH J., 1992. Du symbole de la crocse : chronologie, répartition et interprétation. In : *Paysans et bâtisseurs. L'émergence du Néolithique atlantique et les origines du mégalithisme. Actes du 17^e Colloque Interrégional sur le Néolithique, Vannes 1990 (= Revue Archéologique de l'Ouest, supplément 5)*, Rennes : 223-235.
- CASSEN S., BOUJOT C., DOMINGUEZ BELLA S., GUIAVARC'H M., LE PENNEC C., PRIETO MARTINEZ M-P, QUERRÉ G., SANTROT M.-H., & VIGIER E., 2012. Dépôts bretons, tumulus carnacéens et circulations à longue distance. In : Pétrequin P., Cassen S., Errera M., Klassen L., Sheridan A. & Pétrequin A.-M. (éd.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e et IV^e millénaires av. J.-C.*, Cahiers de la MSHE C. N. Ledoux, n° 17, Série Dynamiques territoriales, n° 6 ; Presses Universitaires de Franche-Comté, n° 1224 et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain, Besançon, vol. 2 : 918-995.
- CASSEN S., BOUJOT C., ERRERA M., MENIER D., PAILLER Y., PÉTREQUIN P., MARGUERIE D., VEYRAT E., VIGIER E., POIRIER S., DAGNEAU C., DÉGEZ D., LORHO T., NEVEU-DÉROTRIE H., OBELTZ C., SCALLIET F. & SPARFEL Y., 2010. Un dépôt sous-marin de lames polies néolithiques en jadéite et sillimanite, et un ouvrage de stèles submergé sur la plage dite du Petit Rohu près Saint-Pierre-Quiberon (Morbihan). *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 107, n° 1 (janvier-mars) : 53-84.
- CLARK R. N. & ROUSH T. L., 1994. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing application. *Journal of Geophysical Research*, 89 : 6329-6340
- CLARK R. N., KING T. V. V., KLEJWA M., SWAYZE G. A. & VERGO N., 1990. High Spectral Resolution Reflectance Spectroscopy of Minerals. *Journal of Geophysical Research*, 95 (8B) : 12653-12680.
- COMPAGNONI R. & ROLFO F., 2003. First finding of jadeitite in the serpentinite melange of Monviso meta-ophiolite. *Geological Survey of Norway, Report n° 2003.055, Special Abstracts Issue of the West Norway Eclogite Field Symposium, 21-28 June 2003, Selje (NO)* : 37-38.
- CURTISS B., 1993. Visible and Near-Infrared Spectroscopy for Jade Artifact Analysis. In : Lange W. W. (éd.), *Pre-Columbian Jade. New Geological and Cultural Interpretations*, University of Utah Press, Salt Lake City (USA) : 73-103.
- D'AMICO C., FERRARI A., GHEDINI M. & PESSINA A. 1996. Sammardenchia (Pozzuolo del Friuli). In : *Le vie della pietra verde. L'industria litica levigata nella preistoria dell'Italia settentrionale.*, Museo di Antichità, Omega Edizioni, Torino : 84-91.
- DIDIER P., 2021. *La hache de pierre à travers le monde. De l'outil aux mythes*. Errance & Picard éd., Arles : 336 p.
- ERRERA M., 1995. Application de la spectroradiométrie à l'identification de pierres précieuses. In : *Rapport Annuel 1993-1994*, Musée royal de l'Afrique centrale, Département de Géologie et de Minéralogie, Tervuren : 109-128.
- ERRERA M., 1997. Étude spectroradiométrique de quatre pierres qui ornent une boucle d'oreille gallo-romaine trouvée à Liberchies (Pont-à-Celles, Ht). *Vie archéologique. Bulletin de la Fédération des Archéologues de Wallonie a.s.b.l.*, 48 : 142-148.
- ERRERA M., 2000. Applications de la spectroradiométrie à des haches en roches vertes du Musée régional de Préhistoire à Orgnac-l'Aven (Ardèche). In : *Rapport Annuel 1997-1998*, Musée royal de l'Afrique centrale, Département de Géologie et de Minéralogie, Tervuren : 221-224.
- ERRERA M., 2003. Application de la spectroradiométrie à l'étude des lames polies : exemples auvergnats. In : *Les matières premières lithiques en préhistoire*. Table ronde internationale d'Aurillac, 20-22 juin 2002, Préhistoire du Sud-Ouest, numéro spécial, 5 : 161-167.

- ERRERA M., 2004. Découverte du premier gisement de jade-jadéite dans les Alpes (été 2004). Implications concernant plusieurs lames de hache néolithiques trouvées en Belgique et dans les régions limitrophes. *Notae Praehistoricae*, 24/2004 : 191-202.
- ERRERA M., 2014. La mesure de densité en archéométrie : une méthode ringarde ? In : Arbogast R. M. & Greffier-Richard A. (éd.), *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pétrequin P.*, Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, 928, Série Environnement, sociétés et archéologie, 18, Presses universitaires de Franche-Comté, Besançon : 505-520.
- ERRERA M., FORDEBRAS I., LAVIOSE A. & MOIGNE A.-M., 2023. Les grenats dits « de Perpignan ». *Revue de l'Association Française de Gemmologie*, n° 219 : 18-26.
- FARMER V. C., 1974. The layer silicates. In : Farmer V. C. (éd.), *The Infra-Red Spectra of Minerals*, Mineralogical Society, London : 331-364.
- FISCHER H., 1880. *Nephrit und Jadeit nach ihren mineralogischen Eigenschaften sowie nach ihrer urgeschichtlichen und ethnographischen Bedeutung*. E. Schweizerbart'sch Verlaghandlung (E. Koch), Stuttgart : 412 p., 2 pl.
- GAFFEY S. J., MCFADDEN L. A., NASH D. & PIETERS C. M., 1993. Ultraviolet, Visible and Near-infrared Reflectance Spectroscopy: Laboratory spectra of Geologic Materials. In : Pieters C. M. & Engler P. A. J. (éd.), *Remote Geochemical Analysis: Elemental and Mineralogical Composition*, Cambridge University Press, Cambridge : 43-78.
- GENDRON F., SMITH D. C. & GENDRON-BADOU A., 2002. Discovery of Jadeite-Jade in Guatemala Confirmed by Non-Destructive Raman Microscopy. *Journal of Archaeological Science*, 29 : 837-851.
- HAPKE B., 1981. Bidirectional Reflectance Spectroscopy : 1. Theory. *Journal of Geophysical Research*, 86 : 3039-3054.
- HAPKE B., 1993. Combined Theory of Reflectance and Emittance Spectroscopy. In : Pieters C. M. & Englert P. A. J. (éd.), *Remote Geochemical Analysis : Elemental and Mineralogical Composition*, Topics in Remote Sensing Series, vol. 4, Cambridge University Press, Cambridge : 31-42.
- HAPKE B., 2012. *Theory of Reflectance and Emittance Spectroscopy*. Cambridge University Press, Cambridge : 514 p.
- HAUZEUR A., 2007. Le site néolithique rubané d'Altwiès - « Op dem Boesch » (Grand-Duché de Luxembourg). Campagne de fouille 2006. *Anthropologica et Præhistorica*, 118 : 23-40.
- LILLIOS K. T., 2013. Book Reviews. JADE: *Grandes Haches Alpines du Néolithique Européen, au V^e et IV^e Millénaires av. J.-C.* by Pierre Pétrequin, Serge Cassen, Michel Errera, Lutz Klassen, Alison Sheridan and Anne-Marie Pétrequin (Eds.). *Journal of Anthropological Research*, 69 : 564-565.
- HUNT G. R., 1977. Spectral Signatures of Particulate Minerals in the Visible and Near Infrared. *Geophysics*, 42 (3) : 501-513.
- Hunt G. R., 1982. Spectroscopic properties of rocks and minerals. In : Carmichael R. S. (ed.), *Handbook of physical properties of rocks*, CRC Press, Boca Raton (USA) : 295-383.
- MUHONGO S. & ERRERA M., 1993. *Gemmological characteristics of rubies in eastern Uluguru mountains, Tanzania: a reconnaissance study*. Musée royal de l'Afrique centrale, Département de Géologie et de Minéralogie, Rapport Annuel 1991-1992, Tervuren : 201-206.
- NICOLE M., MANUILA A. & MANUILA L., 1972. *Dictionnaire français de médecine et de biologie en quatre volumes*. Vol. 3 « N-Z », Masson éd., Paris.
- PASSILE M., 1894. Découverte de Bernon (près Arzon), Presqu'île de Rhuis (Morbihan) (18 décembre 1893). *Revue Archéologique*, 3^e série, 24 : 260-267.
- PÉTREQUIN P., 2012. Une source de confusion : les haches ethnographiques et les réutilisations tardives dans les séries néolithiques européennes. In : Pétrequin P., Cassen S., Errera M., Klassen L., Sheridan A. & Pétrequin A.-M. (éd.), *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e et IV^e millénaires av. J.-C.*, Cahiers de la MSHE C. N. Ledoux, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain, Besançon, vol.1, Chap. 9 : 535-543.
- PÉTREQUIN P., CASSEN S., CROUTSCH C. & WELLER O., 1997. Haches alpines et haches carnacéennes dans l'Europe du V^e millénaire. *Notae Praehistoricae*, 17-1997 : 135-150.
- PÉTREQUIN P., CASSEN S., CROUTSCH C. & ERRERA M., 2002. La valorisation sociale des longues haches de l'Europe néolithique. In : Guilaine J. (éd.), *Matériaux, productions, circulations du Néolithique à l'Age du Bronze*, Éditions Errance, Paris : 67-98.
- PÉTREQUIN P., ERRERA M., PÉTREQUIN A.-M. & ALLARD P., 2006. The neolithic quarries of Mont Viso (Piedmont, Italy). Initial radiocarbon dates. *European Journal of Archaeology*, 9 (1) : 7-30.

PÉTREQUIN P., CASSEN S., ERRERA M., KLASSEN L., SHERIDAN A. & PÉTREQUIN A.-M. (éd.), 2012. *Jade. Grandes haches alpines du Néolithique européen. V^e et IV^e millénaires av. J.-C.* Cahiers de la MSHE C. N. Ledoux, Presses Universitaires de Franche-Comté et Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain, Besançon, 2 vol. : 1518 p.

PÉTREQUIN P., GAUTHIER E. & PÉTREQUIN A.-M. (éd.), 2017. *L'Europe néolithique.* Les Cahiers de la MSHE C. N. Ledoux, 17, Dynamiques territoriales, 9, Presses universitaires de Franche-Comté et Centre de recherche archéologique de la vallée de l'Ain, Besançon, 2 vol. : 1466 p., 1 CD, 1 pl. h.-t.

RICQ-DE BOUARD M., DEISS W. J. & PRUD'HOMME F., 1998. Les haches polies du sud de l'Ardèche : productions locales et importations. *Ardèche Archéologie*, 15 : 47-54.

SALISBURY J. W., 1993. Mid-infrared spectroscopy: Laboratory data. In : Pieters C. M. & Engler P. A. J. (éd.), *Remote Geochemical Analysis: Elemental and Mineralogical Composition*, Cambridge University Press, Cambridge : 79-98.

SCHEERE J., 1968. Le Laboratoire de Géologie de l'École royale militaire. *Le mouvement scientifique en Belgique*, 1968-1 : 43-47, 3 pl. h.-t.

TRÉFOIS P., 1990. Apport de la radiométrie haute résolution à la télédétection géologique. Exemples de roches du Jabal al'Awaynat (Libye). *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 99 (1) : 51-56.

WARD F., 1987. Jade, stone of Heaven. *National Geographic*, 172 (3) : 282-315.

Sites en ligne

CASSEN S., BOUJOT C., ERRERA M., MARGUERIE D., MENIER D., PAILLER Y., PÉTREQUIN P., POIRIER S., VEYRAT E. & VIGIER E., 2008. Discovery of an underwater deposit of Neolithic polished axeheads and a submerged stone alignment at Petit Rohu near Saint-Pierre-Quiberon (Morbihan, France). *Antiquity Journal*, 82 (Issue 316) : 4 p.

WORLD GEM COMPANY, 2024. <https://wg-company.com>, visité le 18 septembre 2024.

Résumé

L'auteur évoque ses premiers contacts avec la télédétection et la spectroradiométrie au Musée royal de l'Afrique centrale ainsi que son intérêt pour la gemmologie. Avec sa rencontre avec Pierre Pétrequin commence une longue amitié et l'épopée de JADE dont les résultats ont profondément marqué la connaissance du Néolithique européen : une cartographie précise et la description des grandes lames de hache polies, la découverte des gisements de jadéite, d'éclogite, de néphrite, leur exploitation par le feu en altitude, la bipartition de l'Europe, avec deux épices (Carnac dans le Morbihan et Varna sur la mer Noire), celle du jade à l'ouest et symétriquement à l'est celle de l'or et du cuivre. Des contacts entre ces deux Europe existaient avec des mythes parmi d'autres points communs. Si la spectroradiométrie est un moyen très médiocre de détermination, elle s'est avérée un extraordinaire moyen de comparaison dû aux effets de matrice des matières analysées. Elle est aussi totalement non destructive, rapide, mobile et bon marché ce que cet article démontre amplement si besoin est. L'auteur est fier d'avoir contribué, pendant près de 27 ans, à la magnifique épopée de JADE et de la spectroradiométrie.

Mots-clés : Europe, Italie, Viso, Mont Beigua, Groupe de Voltri, Néolithique, Âge du Bronze, spectroradiométrie.

Summary

The author recalls his first contacts with remote sensing and the spectroradiometry at The Royal Museum for Central Africa, as well as his interest in the study of gemstones. Meeting Pierre Pétrequin marked the beginning of a long friendship and the exciting journey with JADE, leading to a deep knowledge of the European Neolithic age: a precise chart and the discovery of large blades of polished axeheads, the finding of deposits of jadeite, eclogite and nephrite with their exploitation by fire at high temperatures, the split of Europe with two centres (Carnac in the Morbihan and Varna on the Black Sea), that of jade in the West and symmetrically in the East that of gold and copper. Contacts between these two Europe existed through myths, as well as through other common elements. If the spectroradiometer is a very poor means of determination, it has proved to be an extraordinary means of comparison due to the matrix effects of the materials analysed. It is also completely non-destructive, quick, portable and cheap as this article demonstrates fully. The author is proud to have contributed, during 27 years, to the magnificent journey with JADE and to the application of spectroradiometry to precious materials.

Keywords: Europe, Italy, Viso, Mount Beigua, Voltri Group, Neolithic, Bronze Age, Spectroradiometry.

Michel G. L. ERRERA
Musée royal de l'Afrique centrale
Leuvensesteenweg, 13
BE-3080 Tervuren
&
Cité de la Préhistoire
2240, route de L'Aven
FR-07150 Orgnac-l'Aven
micel.errera@orange.fr