

Métallurgies à l'âge du Fer dans le Nord-Ouest de la France

Cécile Le Carlier de Veslud, Nadège Jouanet-Aldous

▶ **To cite this version:**

Cécile Le Carlier de Veslud, Nadège Jouanet-Aldous. Métallurgies à l'âge du Fer dans le Nord-Ouest de la France. Caroline Mougne, Marie-Yvane Daire. L'Homme, ses ressources et son environnement dans l'Ouest de la France à l'âge du Fer : actualités de la recherche, Actes du Séminaire Archéologique de l'Ouest, HS n°9, pp.119-138, 2015, Mémoires de Géosciences-Rennes, 2-914375-93-X. hal-02560990

HAL Id: hal-02560990

https://univ-rennes.hal.science/hal-02560990

Submitted on 2 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Métallurgies à l'âge du Fer dans le nord-ouest de la France

Cécile Le Carlier de Veslud, UMR 6566 CReAAH, Laboratoire Archéosciences, Rennes

Nadège Jouanet-Aldous, UMR 6566 CReAAH, Laboratoire Archéosciences, Rennes

Résumé

Le Massif armoricain recèle une très grande richesse en minerais dont l'or, l'étain, le plomb et l'argent associé, le fer, mais très peu de cuivre. Les prospections de ces dernières années indiquent l'existence de grands secteurs miniers qui laissent encore aujourd'hui des stigmates évidents dans le paysage. Certains traitements miniers laissent cependant peu de trace, telle que l'exploitation alluvionnaire des sables de rivières aurifères ou stannifères. Les activités métallurgiques peuvent être néanmoins reconnaissables par des structures de lavage encore présentes ou de couches résiduelles charbonneuses. Pour les mines en roche, pour l'or, le plomb ou l'étain, les vestiges sont bien plus visibles, jusqu'à des tranchées de plusieurs centaines de mètres de long. En ce qui concerne le fer, il semblerait que les minerais superficiels aient été privilégiés, laissant peu de trace dans le paysage. Les datations réalisées sur quelques vestiges indiquent que tous ces métaux ont été exploités, certains très précocement, probablement depuis l'âge du Bronze pour l'or et l'étain, et depuis le début de l'âge du Fer pour le fer. Enfin, dans cette région, il ne semble pas qu'il y ait eu un arrêt brutal dans la production de ces métaux avec la conquête romaine. Les observations actuelles tendent à montrer que la production a été modifiée : déplacée, amplifiée et peut être contrôlée par un pouvoir central.

Abstract (faire vérifier par un angliciste)

The Armoricain Massif receives a very important quantity of ores of gold, tin lead (associated with silver), iron, but very few of copper. The surveys of these last years indicate the presence of important mining sectors which even today bring obvious evidence in the landscape. However very little mining processing provide traces, such as the alluvial exploitation of gold bearing or tin-bearing river sands. The metallurgical activities can be nevertheless recognizable through the presence of washing structures or some layers of residual coats. Concerning gold, lead and tin rock mining, the remains are more visible, inasmuch as some trenches can be several hundred meters long. As regards to the iron, it would seem that the superficial ores are favoured leaving many traces in the landscape for this period. Some radiocarbon dating applied to some artefacts indicates that all these metals were exploited, some very prematurely, probably since the Bronze Age for the gold and the tin, and some since the beginning of the Iron Age for the iron. Finally, in this region, the Roman conquest did not seem to cause any sudden interruption in the production of these metals. The current observations tend to show that the production was modified: moved, amplified and maybe controlled by a central power.

Mots clés

Massif armoricain, mine, métallurgie, âge du Fer, or, étain, plomb, fer

Key words

Massif armoricain, mine, metallurgy, Iron age, gold, tin, lead, iron

1. Introduction

A la lecture des publications ayant trait aux productions métallurgiques, jusqu'aux plus récentes, il est étonnant que le nord-ouest de la France ait été si peu cité, hormis pour l'étain et l'or, et de manière plus anecdotique pour le fer, alors que la richesse de son sous-sol prédestine cette contrée à être une région majeure. Cela peut être lié à son caractère excentré laissant imaginer qu'elle se situe alors en marge des courants d'échanges principaux. Une autre explication peut également venir du fait que, dans de nombreux cas, au sein des structures archéologiques fouillées datant de ces périodes, peu d'objets en métal ont été retrouvés, laissant penser que ceux-ci sont des produits rares et que leur recyclage est un phénomène majeur.

Pourtant, l'Armorique a une tradition métallurgique très ancienne remontant à l'âge du Bronze. Le nombre impressionnant des dépôts métalliques terrestres atteste un travail important du métal dès le Chalcolithique. Cependant, la présence de cuivre dans les formations géologiques du massif est relativement faible. Si son exploitation a peut être pu être réalisée au Chalcolithique ou au Bronze ancien, il est clair que dès le Bronze moyen, il a fallu importer une grande quantité de cuivre depuis d'autres provinces européennes. Le programme d'analyse des objets à base cuivre de l'âge du Bronze (mené également au sein de l'UMR 6566 CReAAH*) semble, de plus, indiquer que l'emploi de métal neuf semble être bien plus important que le recyclage d'objets anciens d'une grande phase de l'âge du Bronze à une autre, surtout lorsque l'on considère la quantité très impressionnante (plusieurs dizaines de milliers d'objets) de cuivre et de bronze immobilisée dans le sol à chaque époque. En ce qui concerne l'âge du Fer, il est actuellement difficile de discuter de recyclage ou d'emploi de métal neuf. Cependant, le nombre très important de haches à douille de type armoricain retrouvées majoritairement dans le nord-ouest de la France et que l'on date maintenant de la fin du premier âge du Fer indique également que pour cette production spécifique, du métal neuf a certainement dû être importé en grande quantité. Pour le second âge du Fer, peu de données sont disponibles pour pouvoir discuter du sujet.

Pour les autres métaux (or, argent, fer), la présence d'objets métalliques typés régionalement semble indiquer une production locale de ceux-ci. Cependant cela n'implique pas obligatoirement une production locale des matières premières. Seule la prospection dans les secteurs riches en minerai, et la fouille de quelques mines pourront permettre de mettre en évidence ces exploitations de ressources du sous-sol. Actuellement, les travaux de terrain pour la reconnaissance de ces ateliers anciens de production ont à peine débuté, sauf pour le fer pour lequel quelques zones sont prospectées, parfois depuis de nombreuses années, par des chercheurs bénévoles éclairés et passionnés. Cependant, des évidences d'exploitation locale sont connues, que nous allons aborder dans cet article. Il sera question de l'exploitation de l'or, de l'étain, du plomb (et de l'argent qui est associé au plomb dans les gisements) et du fer.

Le programme d'étude paléométallurgique entrepris au sein de l'UMR 6566 CReAAH a pour délimitation géographique le Massif armoricain. Cependant, les populations de l'âge du Fer ne s'étant pas organisées en fonction de la nature géologique du sous-sol, quelques régions limitrophes peuvent être prises en considération, notamment en ce qui concerne la métallurgie du fer qui est très présente aux alentours du Mans, dans les terrains sédimentaires du Bassin parisien.

2. Une structuration de la région liée à une longue histoire tectonique

L'organisation des gîtes dans le Massif armoricain peut être expliquée par la tectonique. Ainsi, la structure du Massif armoricain est la conséquence de trois orogènes successifs : l'orogène icartien (ou pentévrien) il y a environ 2 milliards d'années ; puis l'orogène cadomien à la fin du Protérozoïque supérieur (Briovérien) soit 650-615 millions d'années. Cet orogène a été suivi d'une pénéplanation totale, puis d'un retour progressif des transgressions marines au paléozoïque. La phase hercynienne (ou varisque) qui est la dernière orogénèse, a eu lieu à la fin du Paléozoïque (360 à 280 millions d'années). Elle correspond à des mouvements ininterrompus et à la mise en place de granites échelonnés sur plusieurs dizaines de millions d'années, en particuliers au niveau des cisaillements sud et nord armoricain. A l'extrême fin des temps paléozoïques, la chaîne hercynienne a été pénéplanée et partiellement recouverte par les transgressions mésozoïques et cénozoïques (Chauris, 1981). Des formations secondaires et tertiaires se mettent alors en place. Les formations du bassin parisien datent de cette époque. Suite à ces mouvements, il est possible de diviser le massif en deux domaines : Au nord-est, le domaine normando-breton, caractérisé par un métamorphisme hercynien faible ou nul où les intrusions granitiques varisques sont limitées (fig. 1). Les plutons granitiques sont d'âge cadomien et affleurent largement. Au sud-ouest, le domaine vendéo-breton, où l'intensité des métamorphismes et des granitisations hercyniennes a effacé presque toutes les reliques de l'orogène précédent.

Durant la phase hercynienne, se sont mis en place de nombreux granites conduisant à la fracturation des roches environnantes. Ce sont donc des réseaux filoniens importants qui se sont développés dans lesquels ont été injectés des fluides hydrothermaux porteurs d'éléments minéralisés (notamment l'or, l'étain, le plomb mais aussi le fer). Certains de ces filons sont restés en place de manière sub-affleurante ; d'autres, au contraire ont subit les effets de l'érosion. Dans ce dernier cas, les grains de minerai, dont certains sont peu altérables (par exemple, ceux d'étain), ont été emmenés par l'eau et se sont déposés dans les zones calmes formant ainsi des placers fluviatiles ou marins plus ou moins importants. Ces accumulations sont extrêmement nombreuses en Bretagne, et si certains placers sont inaccessibles aux périodes anciennes car situés trop profondément dans les rivières (exemple du placer principal de Saint Renan situés dans l'aber Ildut), beaucoup d'autres, plus modestes, ont pu être facilement exploités aux périodes anciennes. Les vallons jouxtant l'aber Ildut montrent même une exploitation débutant à l'âge du Bronze (Giot et Lulzac, 1998).

L'histoire géologique très complexe de cette région a donc conduit à une succession d'évènements tectoniques suivis de périodes d'érosion et d'altération, mais aussi de transgressions marines. Ces phénomènes ont joué un rôle majeur dans la formation des concentrations minérales.

3. Métallurgie de l'or

L'or est présent à hauteur de 0.000005% (soit 5 ppm) dans la croûte terrestre. Cette rareté aurait dû rendre son emploi confidentiel jusqu'à une période récente. Cependant, étant le seul métal inaltérable, après érosion des roches qui le contiennent, il se concentre dans les sables de rivière où il est facilement repérable par son aspect brillant et jaune. C'est pourquoi, ce fut probablement le premier métal exploité par l'homme. Dans nos régions, le travail de l'or apparait un peu avant la période campaniforme (Giot *et al.* 1979).

L'or présente deux types de gisements : les gisements primaires et les gisements secondaires. Les premiers correspondent en général à des filons ou des *stockwerks* quartzeux liés à des phénomènes de déformations cassantes et cisaillantes de la croûte continentale. Plus rarement, on les trouve en amas ou disséminés dans la roche hôte des filons mais toujours à proximité de ceux-ci. Ce phénomène correspond à des circulations de fluides provoquant des remplacements dans les roches hôtes, les fluides venant de la fracture. Dans ces gisements, l'or se présente en petites paillettes. Les seconds types de gisement correspondent à des concentrations suite à des phénomènes d'altération. Ce sont soit des éluvions, lorsque le produit issu de l'altération reste en place au-dessus du filon sain qui présent en profondeur; soit des alluvions, suite au transport du matériel par l'eau. L'or, métal lourd, se concentre dans des pièges, souvent les coudes des rivières. C'est lors de ces transports que les paillettes d'or s'agglomèrent pour donner des pépites. Cependant, l'or peut aussi être relativement dispersé dans les sédiments.

Du fait de cette diversité de gîtes, les techniques d'exploitation vont différer. Pour l'or dispersé dans des sédiments, il sera nécessaire de recourir à la force hydraulique : il s'agit alors de noyer le sédiment et de produire un travail de sape par la force du courant et par le travail des mineurs. Pour les sédiments de rivière, le recours à la force hydraulique est également systématique mais à bien plus petite échelle. Dans les deux cas, on utilise le fait que l'or soit un métal très lourd pour réaliser la séparation par densité d'avec les autres minéraux formant les sédiments. Lorsqu'il s'agit d'exploiter uniquement les éluvions, ce sont des minières à ciel ouvert qui ont été creusées. Elles sont reconnaissables dans le paysage par de grandes fosses qui s'alignent dans la direction du filon. A la fouille, on se rend compte que nombre de ces excavations présentent déjà pour les époques anciennes des creusements en gradins. Lorsque la mine atteint le filon sain, alors ce sont en général des exploitations souterraines qui ont été engagées : les travaux de creusement suivent le filon au plus près, néanmoins d'autres aménagements ont été réalisés afin de permettre l'aérage de la mine ou éviter l'ennoiement (galeries d'exhaure). Les mines d'or de l'âge du Fer fouillées par B. Cauuet (2004) dans le Limousin ont montré quantité d'aménagements en bois pour le soutènement, l'étayage ou le pompage. Le minerai extrait était ensuite concassé, broyé, grillé et lavé dans des ateliers installés à proximité des mines. Enfin l'or obtenu était affiné afin d'éliminer les dernières impuretés par fusion dans des creusets positionnés dans de petits foyers. On obtenait ainsi de petits lingots dont la qualité était vérifiée grâce à l'emploi de pierres de touche.

D'après l'exemple du Limousin, il semblerait que les premières exploitations ne concernent que les gisements alluvionnaires. L'exploitation des gisements primaires ne semble se développer qu'à l'âge du Fer, peut être en relation avec l'utilisation d'outils en fer qui peuvent permettre un abattage plus aisé de la roche. L'orpaillage des rivières semble cependant garder une place importante (Cauuet 2004).
Les prospections alluvionnaires systématiques effectuées par le B.R.G.M. (Guigues et Devismes, 1969) ont révélé la fréquence de l'or dans les alluvions du Massif armoricain, en particulier dans les zones occupées par les formations briovériennes (fig. 2). On notera en particulier la présence d'une vaste région à l'est de Pontivy (29), situé dans le synclinorium médian qui se prolonge à l'ouest dans le bassin de Châteaulin (29).

Plus à l'est les alluvions aurifères tendent à se concentrer en plusieurs secteurs : du nord au sud, le secteur des Mauges à l'est de Nantes (44) dont la commune de Saint-Pierre-Montlimart (49) présente des anciens travaux miniers ; l'axe aurifère de Vay-Anjou ; l'axe des Miaules de la Guerche (35) à l'ouest jusqu'à Châteaulain à l'est (49) ; le secteur au sud de Fougères (35) dans lequel se situe la mine de la Lucette ; au nord de Mayenne, et enfin deux autres zones situées au nord de Vire (14) et à l'est de Coutances (50).

La seule présence de ces alluvions aurifères n'implique pas obligatoirement une exploitation ancienne. Ainsi, il est nécessaire de réaliser un travail d'inventaire de toutes traces pouvant avoir un lien avec ces anciens travaux. Ce travail a été réalisé dans les Pays de la Loire en 2013 par M. A. Dalmont (Dalmont 2013) au cours de son travail de recherche en master 2. Ces traces correspondent à toutes les observations de terrain que les géologues ont pu réaliser au cours de leurs expéditions en mentionnant notamment toutes les anomalies de terrain qu'ils ont pu rencontrer (Davy, 1880 ; Kerforne, 1926 ; Mulot, 1982, 1984), mais également à des observations faites par des érudits du XIX^{ème} siècle (Bizeul, 1846 ; Lisle du Dreneuc, 1880 ; Kerviler, 1882 ; Maitre, 1886). Enfin, il est intéressant également de réaliser une étude toponymique et micro-toponymique dans ces régions à fort potentiel, car nombre de lieux dits (exemple des Fouilloux, les Fosses, les Buttes, l'Orière etc…) voire certaines régions entières telle les Mauges dont le nom dériverait du latin *Pagus Metalgicus* (Poilane, 1913), laissent penser à la présence de travaux miniers anciens. Ce recensement ne permet pas par contre de dater ces travaux miniers en l'absence de fouilles. En effet, très rapidement après son abandon, une excavation minière tend à se combler naturellement. De plus, au fil des siècles et plus particulièrement depuis la mécanisation, les hommes ont eu tendance à se servir de ces cavités comme des dépotoirs, les comblant encore plus rapidement. De ce fait, actuellement, il est très difficile de différencier une excavation protohistorique d'une autre qui daterait de la période médiévale, voire plus tardive encore.

Actuellement, il y a peu de preuves archéologiques de l'exploitation des mines d'or à l'âge du Fer hormis les travaux récents de M. A. Dalmont (communication personnelle), et une exploitation en roche découverte dans le sud Finistère que la datation sur bois fait remonter au début de la période gallo-romaine (donnée non publiée, C. Le Carlier) (fig. 3). Les traces indiquent essentiellement une exploitation à l'époque gallo-romaine, d'après l'exemple des cuves monoxydes de la mine de la Bellière (49) dans le secteur des Mauges (Morin, 2010). Cependant, ce matériel ayant été trouvé dans les parties les plus profondes des mines (Poilane, 1936), il est possible que le début de l'exploitation remonte à la période protohistorique.

Dans les Pays de la Loire, les secteurs miniers repérés par la présence de grandes excavations, et qui peuvent concerner en grande partie l'exploitation de l'or, se répartissent sur plusieurs territoires des peuples gaulois. Une grande partie des mines se situent sur le territoire des Namnètes et sur celui des Andécaves. Quelques mines vont se localiser sur le secteur des Riedones tandis que l'ensemble du secteur des Mauges est inclus dans le territoire des Pictons. Pour tous, il semble bien que l'exploitation ait au moins débuté à l'âge du Fer. Si pour certaines zones, l'activité semble s'arrêter avec la conquête romaine, sur la base fragile des rares travaux de terrain engagés sur ces structures, d'après l'exemple dans le secteur des Miaules (53) ; d'autres secteurs, tels l'axe Vay (44)-Val d'Anjou, semblent voir la production perdurer pendant la période antique. Elle pourrait même avoir durée jusqu'au haut Moyen-Âge à la mine de la Bellière.

En Bretagne, la présence des excavations est moins évidente, simplement parce que les prospections ont été nettement moins nombreuses et qu'aucune synthèse n'a encore été réalisée. Cependant, il est fort probable que les tranchées situées dans un environnement proche du site de Saint Symphorien à Paule (22) correspondent à des aurières. Des traces du travail de l'or ont, de plus, été détectées dans les ateliers de ce même oppidum (Menez 2008). Dans le même ordre d'idée, des traces d'or dans un creuset trouvé sur le site

d'Inguiniel (56) prouvent également le travail de l'or. Ces indices n'impliquent pas que l'or travaillé provienne d'exploitations locales, cependant face à la richesse de l'environnement géologique, il est fort envisageable que ce soit le cas.

Actuellement, la forte présomption de l'exploitation locale de l'or vient surtout de la découverte des objets en or. Ceux-ci sont relativement nombreux pour la période de l'âge du Bronze (Eluère, 1977). Ils correspondent essentiellement à des éléments de parure retrouvés dans les tombes. Toutefois, à partir de l'âge du Fer, ils tendent à disparaître au profit de parures fabriquées dans d'autres matériaux (Milcent, 1993). C'est dans le courant du II^{e} siècle avant J.C. que le monnayage se développe véritablement dans le Grand Ouest comme dans le reste de la Gaule. Le fait que les monnaies produites par les différents peuples de l'Ouest possèdent une iconographie relativement récurrente, et qu'elles présentent une certaine spécificité chimique, telle l'importance de l'antimoine (Gruel et Morin, 1999) pourrait aller en faveur d'une production locale des matières premières. Le début du I^{er} siècle avant J.C. semble cependant être un tournant dans la production, tandis que les Vénètes se tournent vers la production de monnaies en argent, que les Namnètes diminuent l'aloi, de petits billons armoricains apparaissent (Nieto-Pelletier 2013).

4. Métallurgie de l'étain

Le minerai d'étain est principalement représenté par un minéral nommé cassitérite, un oxyde de formule SnO_2. On ne le rencontre que dans deux modes de gisement : les gisements primaires et les gisements secondaires. Dans les gisements primaires, la cassitérite est intimement liée à la présence d'un magma acide, riche en silice, magma donnant naissance par la suite aux granites à mica blanc, appelé leucogranites. Tous les gîtes primaires sont donc en relation directe avec les granites et dérivent des émanations de ces derniers. On les rencontre donc, soit en imprégnation dans les leucogranites ou en inclusions dans les pegmatites, soit en filons plus ou moins proches du magma et toujours en relation avec celui-ci. Imprégnant le magma, la cassitérite se rassemble particulièrement à la périphérie de la roche granitique. Les émanations stannifères se sont donc concentrées dans la zone de contact des terrains sus-jacents au leucogranite, dans des fissures de retrait de la zone périphérique, dans les cassures des roches encaissantes. Toutes les dislocations des terrains avoisinants ont pu donner passage à des circulations d'eaux hydrothermales qui ont rempli de véritables filons d'incrustation à quartz et cassitérite, avec transformation des granites en *greisens,* vraie roche à étain, uniquement composée de quartz, de mica blanc et de cassitérite. Ces réseaux de filons entrecroisés, ou champs filoniens, particulièrement nombreux dans la zone périphérique du massif granitique sont appelés *stockwerks*. Les gisements secondaires correspondent à des alluvions liées à la dislocation par érosion de l'ensemble des roches cités *supra*. Ils sont généralement localisés à peu de distance des gisements primaires d'où ils proviennent. En conséquence de sa forte densité et sa faible altérabilité, la cassitérite se concentre bien dans les sables ou alluvions où il est possible de l'exploiter directement par élimination des stériles. Ces alluvions peuvent être transportées jusqu'à l'embouchure des rivières et se concentrer sur les plages, formant ainsi des placers marins tels qu'ils ont pu exister à Pénestin (56).

A l'instar de l'or, la diversité des gîtes va conduire à des techniques diverses d'exploitation. Pour les gisements alluvionnaires, le recours à la force hydraulique a été systématique, mais seulement dans le but de séparer par densité les grains de cassitérite des autres minéraux présents, que ce soient des minéraux stériles tels le quartz ou les argiles, ou les minéraux lourds tels que les oxydes de fer ou l'iménite. La récupération des alluvions riche en cassitérite s'est probablement effectuée par creusement manuel. De la même manière, les éluvions ont dû être exploitées par creusement de minières, la séparation de la

cassitérite se faisant ensuite de la même manière que pour les alluvions. Enfin, en ce qui concerne l'exploitation des filons et des *greisens* en place, l'exploitation s'est probablement effectuée sous forme de grande minière à ciel ouvert. Actuellement, nous n'avons pas d'indices d'exploitations souterraines de la cassitérite.

Très peu de données sont actuellement disponibles concernant les ateliers de traitement de transformation du minerai en métal. Il semblerait que ceux-ci soient situés à proximité des mines. En effet, des scories ont été trouvées sur le site alluvionnaire de Limerzel (56) (fig. 4), alors que d'autres scories avaient été vues jouxtant la ligne minière d'Abbaretz-Nozay (44). Cependant, aucune fouille d'atelier n'a été menée jusqu'à maintenant dans la région et ainsi, l'organisation de ceux-ci nous est inconnue et des informations telles que la nature des différentes étapes de la chaîne opératoire ou la forme des fours restent à obtenir. Grâce à des reconstitutions expérimentales (données non publiées C. Le Carlier) et à l'analyse de scories (fig. 5) (Mahé-Le Carlier *et al.* 2001), nous savons que le concentré introduit dans les fours, et obtenu suite aux travaux de lavage et concentration par densité, n'est pas pur, essentiellement du fait de la présence de minéraux lourds. Cela est surtout vrai pour les minerais alluvionnaires. Il est donc assez inconcevable de produire du bronze en rajoutant directement le concentré de cassitérite dans le cuivre fondu. Si cela est techniquement possible, la présence d'impuretés dans le concentré rend par contre l'opération impossible. La phase de réduction semble donc relativement obligatoire avec production d'étain métallique, probablement sous forme de lingots. Il est d'ailleurs beaucoup plus aisé de contrôler la valeur de la production avec des lingots métalliques, qu'avec un concentré dont on ne connaît pas réellement la teneur.

Comme pour l'or, il semblerait que les premières exploitations aient concerné les gisements alluvionnaires. Il n'est actuellement pas possible de dire à quand remontent les premières exploitations d'étain en roche. Des prospections menées dans le Limousin (Abraham 2011) et des fouilles sur l'oppidum de Bibracte (Cauuet *et al*. 2006) semblent faire remonter ce type d'exploitation à la période protohistorique, et plutôt au second âge du Fer. Pour le Massif armoricain, aucun travail de terrain n'est actuellement engagé permettant de mieux situer le début de cette activité. La seule mine ancienne véritablement étudiée est celle d'Abbaretz-Nozay pour laquelle toutes les datations, ~~s~~ur monnaies retrouvées sur site par les mineurs modernes, remontent à la période antique. Cependant, des monnaies protohistoriques ont également été retrouvées dans un secteur très proche de la mine, et peut-être l'exploitation du secteur a-t-elle pu débuter à la période protohistorique. Actuellement, le site de Limerzel constitue la seule preuve actuelle d'une exploitation protohistorique sur le massif. Ainsi, une couche charbonneuse contenant des scories d'étain (fig. 4 et 5) y a été repérée (données non publiées C. Le Carlier) et la datation radiocarbone a permis de proposer une période comprise entre 92 avant et 20 après J.-C.

Il a été proposé comme hypothèse que les gisements alluvionnaires ont été surexploités aux périodes protohistoriques et que ce n'est qu'avec la conquête romaine et les techniques apportées par les Romains que l'exploitation avait pu repartir de manière intensive, avec des mines sur filons. Le point de départ de cette réflexion était la présence des dépôts de haches à douille de type armoricain retrouvés en très grand nombre sur l'ensemble du territoire. La particularité de ces haches datées du Hallstatt D1-D2 est leur teneur en plomb qui peut être très importante. La pénurie en étain avait été proposée pour expliquer la présence du plomb dans l'alliage. Or, les prospections alluvionnaires systématiques (fig. 6) effectuées par le B.R.G.M. (Guigues *et al*., 1969) montrent clairement que les réserves alluvionnaires sont encore très importantes sur l'ensemble du massif, et qu'à aucun moment la région n'a pu voir sa production baisser du fait du manque de cette matière première. Les analyses chimiques des objets eux-mêmes montrent que le plomb ne remplace pas seulement l'étain, mais le mélange cuivre-étain, c'est-à-dire le bronze. Les données sont

actuellement insuffisantes pour discuter de possibles difficultés dans l'approvisionnement en cuivre. Le recensement des restes de creusets sur les habitats de l'âge du Fer montre un travail du bronze sur l'ensemble du territoire. Il est cependant, impossible de dire si le travail effectué correspondait à la fabrication de nouveaux alliages à partir des matières premières, ou s'il s'agissait principalement de travaux de recyclage.

La figure 6 indique la présence extrêmement importante de gisements alluvionnaires dans le nord-ouest du Finistère reliés essentiellement aux granites de Saint-Renan et de l'Aber Ildut (29), mais aussi tout au long du cisaillement sud-armoricain autour des derniers granites s'étant mis en place à la fin de l'orogénèse hercynienne. Du côté de Fougères (35) et de Mayenne (53) deux concentrations sont également visibles, liées à la mise en place de granites plus anciens. Sur nombre de ces pointements, des indices d'exploitation ancienne sont visibles, que ce soit par la présence de scories dans les couches alluvionnaires (Saint-Renan (29) ou Mayenne (53)) ou l'existence de minières à l'emplacement des filons (Langonnet (56), La Villeder (56), Montbelleux (35), etc.). Cependant, en l'absence de fouille archéologique ou de sondage, il est actuellement impossible de dater ces travaux anciens. Mais il est probable que les exploitations alluvionnaires aient perduré pendant plusieurs siècles : à la Chênaie près d'Abbaretz (44), des bois trouvés au milieu d'une exploitation ont été datés de la période mérovingienne (Giot 1970).

En ce qui concerne la mine d'Abbaretz-Nozay (44) dont l'exploitation se situe durant la période antique d'après les travaux de Cl. Champaud (1957), les observations faites lors de la ré-exploitation moderne de la zone indiquent un abatage par le feu mais également par utilisation de coins en bois gorgés d'eau. Le quartz riche en cassitérite était ensuite concassé et le minerai probablement séparé par densité. Il s'agit de minières à ciel ouvert. La profondeur n'a pas dû être suffisante, par rapport à la nappe phréatique, pour nécessiter de mettre en place des systèmes de pompage. Il s'agit donc de méthodes d'exploitation rudimentaires, mais possibles seulement par l'utilisation de marteaux en fer, retrouvés en plusieurs exemplaires, du fait de la nature de la roche filonienne qui présente des passées extrêmement résistantes. La particularité de cette mine consiste en sa longueur. En effet, le réseau filonien court sur une très longue distance, et les travaux de surface ont pu être suivis sur près de 10 km (fig. 7), avec des tranchées de faible profondeur quand le filon est appauvri et de grandes minières lorsque la zone est riche en minerai.

Ainsi, la production d'étain sur le Massif armoricain a débuté à l'âge du Bronze d'après l'exemple de l'atelier de la région de Saint-Renan (29) (Mahé-Le Carlier *et al.* 2001) et a continué à l'âge du Fer, sans que l'on connaisse l'ampleur de la production pour ces deux périodes. Elle s'est probablement amplifiée à l'époque antique et a pu perdurer jusqu'au Moyen–Age. D'après les données, actuellement, c'est à partir du bas Moyen-Age que les traces d'exploitation de l'étain disparaissent de la région. Ce n'est qu'à la toute fin du XVIII^{e} siècle, que cette matière première est redécouverte.

5. Métallurgie du plomb

Les gisements plombo-zincifères sont nombreux dans le Massif armoricain (Chauris et Guigues, 1969 ; Demanges, 1973). Les trois grands ensembles géotectoniques, les domaines sud-armoricain, médio-armoricain et nord-armoricain sont recoupés par de nombreuses fractures subméridiennes, postérieures à l'induration du bâti hercynien. Cependant, les gisements les plus importants sont concentrés dans une bande étroite de 30 à 50 km en relation avec la zone centre-armoricaine. Ce sont les gisements de Carnoët

(29), Plusquellec (29), Plélauff (22), Châtelaudren (22), La Ville-Alhen (22), Trémuson (22), La Touche (35), Huelgoat-Poullaouen (29), Pontpéan (29), bien que dans les autres zones, des filons de moindre importance soient présents et aient pu conduire à la production de minerai de plomb avec une production plus restreinte (fig. 8).

Les gisements sont de type couches, amas et filons associés, et sont encaissés dans des séries orogéniques *pro-parte* volcano-sédimentaires. Dans le Massif armoricain, ce sont essentiellement les formations du Dévonien inférieur qui sont minéralisées. Mais on trouve également des gisements dans l'Ordovicien et même dans le Cambrien et le Briovérien. Ces minéralisations sont constituées principalement de sulfures de fer, avec zinc-plomb et accessoirement cuivre, relativement associés. Ce sont les gisements de Trémuson ou de Rouez (72). Les gisements les plus communs sont néanmoins des gisements uniquement filoniens qui correspondent aux secteurs Plélauff, Huelgoat, Poullaouen, La Touche, Pontpéan. Le minerai principal de plomb correspond à la galène, un sulfure de formule PbS, généralement inclus dans une gangue de quartz et présentant un aspect métallique blanc. C'est un minéral qui se désagrège assez rapidement lorsqu'il est libéré de sa gangue, au cours des processus d'altération des filons. Cependant, les campagnes de prospections alluvionnaires sont extrêmement intéressantes pour le plomb, car la galène est, du fait de sa fragilité, un minéral peu fréquent dans les alluvions où il apparaît en petits cubes légèrement altérés. Sa présence indique la proximité immédiate d'une occurrence en place. C'est ainsi qu'en consultant la carte de prospection alluvionnaire nous voyons des concentrations nettes : l'une se situe sur le massif du Huelgoat, et une autre immédiatement au Nord-Est. Un autre ensemble de plus faible ampleur est visible dans la région de Saint-Brieuc (22). Enfin, à l'Est, une concentration est repérable dans la partie orientale du bassin rennais (35) et une autre légèrement au sud de Fougères (35). Cependant, des points isolés sont également visibles sur la carte et ceux-ci peuvent correspondre à des filons, probablement d'ampleur limitée, mais importants en termes de gisements anciens. Pour illustrer ce type de cas, nous nous intéresserons ci-dessous à la mine de Plélauff.

Les alluvions étant peu chargées en galène, les exploitations alluvionnaires ont dû être rares, voire inexistantes. Il est plus probable que les premières exploitations aient concerné la partie supérieure des filons qui devaient affleurer dans le paysage : la gangue quartzeuse étant plus dure que l'encaissant, sa moindre altération les font se positionner en haut des collines. Les éluvions ont dû être exploitées sous forme de minières à ciel ouvert. Quand des profondeurs importantes étaient atteintes, l'exploitation devenait probablement souterraine. Le problème que nous rencontrons, réside dans le fait que ces secteurs riches ont été « repris » aux XVIII^{e}, XIX^{ème} et XX^{e} siècles avec des moyens beaucoup plus conséquents. Les traces de travaux anciens ont alors été totalement détruites. Nous n'en avons connaissance que grâce à quelques notes d'exploitants et d'érudits locaux qui ont observé la progression des travaux miniers. C'est ainsi, qu'à la mine de Huelgoat, au dessus des filons, dont le principal, reconnu sur 1100 m, existait un chapeau de fer très développé. Cette zone appelée « les Terres Rouges » a permis la concentration au fil des millénaires de l'argent dans les oxydes de fer, au point même que de l'argent natif y était présent. La reprise des travaux miniers du XVIII^{e} siècle dans cette zone s'est faite à l'emplacement d'une galerie ancienne, sans qu'aucune datation ne puisse être avancée. On remarquera cependant la proximité de l'oppidum du Camp d'Artus (29) de cette zone minière, ce qui peut laisser penser à un début d'exploitation remontant à la période protohistorique.

L'histoire de Plélauff (22) est différente. Il s'agit d'un secteur anciennement exploité non repris à l'époque moderne. Ce n'est qu'au cours de travaux de creusement d'un puits de sondage par le BRGM dans les années 1960, que les travaux anciens ont été découverts. Le gisement, d'orientation globalement NO-SE, est

situé sur la bordure sud du bassin carbonifère de Châteaulin, dans le massif granitique de Rostrenen, au contact de ce même massif avec les grès, schistes et quartzites du Dévonien et du Silurien dans lesquels il est intrusif. La structure minéralisée, bien mise en évidence par les travaux de surface, mesure trois kilomètres d'extension dans le granite et se perd au Nord et au Sud dans les schistes encaissants (BRGM 1977). Il s'agit d'une caisse filonienne très altérée dans laquelle sont présentes des boules de galène de taille plus ou moins importantes. Ceci implique qu'il a été très facile de creuser cette mine. En corollaire, l'ensemble minier est très fragile et menace à tout instant de s'effondrer sur lui-même. Les travaux du BRGM (un puits et des traçages) ont reconnu la structure minéralisée sur 500 m d'extension et 150 m de profondeur. Ils ont mis en évidence une colonne minéralisée plus ou moins complexe à plongement nord. La puissance du filon est encore de 3,5 m à 80 m de profondeur (fig. 9). La mine aurait produit par la passé 3000 tonnes de plomb (BRGM 1977). Elle n'a jamais été exploitée suite aux travaux du BRGM. Nous avons la chance de disposer de relevés effectués par les géologues de l'époque, qui avaient un certain intérêt pour les travaux de leurs prédécesseurs. Ainsi le développement de cette mine a pu être approché : elle possédait trois puits d'accès verticaux entièrement boisés situés à l'emplacement du filon. De ces puits, partaient trois niveaux de galeries, également entièrement boisées : l'un à 32 m, le suivant à 42 m et le dernier à 60 m de profondeur (fig. 9). Le boisage des galeries était réalisé par accolement les uns aux autres, de cadres de bois dont le montage était assuré par un système de tenons et mortaises. Malheureusement, face à l'écroulement avancé de ces cavités, les mineurs du BRGM n'y ont pas véritablement pénétrés. Ils ont sorti les bois accessibles afin de les faire sécher puis de les brûler pour leurs douches. Seul un cadre a survécu. Une étude dendrochronologique de celui-ci, doublée d'une datation ^{14}C, confirme une exploitation à l'âge du Fer, aux alentours de 170 avant J.C (données inédites, laboratoire Archéosciences, V. Bernard et C. Le Carlier). D'après les géologues du BRGM, tous les bois présentaient le même système d'emboitement, ce qui peut laisser penser à une exploitation sur une même période pour l'ensemble de la mine. Mais il est impossible de savoir actuellement quand cette exploitation a pu démarrer. De plus, aucune donnée ne permet d'estimer la vitesse d'exploitation de cette mine à cette époque ancienne. Les géologues du BRGM ont également repéré trois concentrations de scories vitreuses noires et lourdes dans les terrains environnants du secteur minier (fig. 10). L'analyse de deux fragments retrouvés ces dernières années confirment qu'il s'agit bien de résidus de réduction du minerai en plomb métallique. Sur ce secteur, il semble donc qu'il y ait eu activité de mine et de transformation en métal avec probablement des coulées en lingots. Quelle est la forme de ces lingots ? Quelle était leur destination ? Nous n'avons aucune information pour répondre à cela. Il semblerait également que l'exploitation de cette mine ait cessé avec la Conquête, ou avant, pourquoi pas !

Le plomb a été utilisé dans la fabrication d'objets en bronze sur le sol armoricain depuis l'âge du Bronze, et notamment depuis le Bronze moyen I. L'étude du dépôt de Tréboul montre bien un ajout volontaire de ce métal dans les alliages (Briard *et al*., 1996). Après une disparition de son utilisation durant le Bronze moyen II et le Bronze final atlantique I (horizon de Rosnoën), il réapparait dans les alliages au Bronze final atlantique II (horizon de Saint-Brieuc-des-Iffs). La quantité employée augmente ensuite doucement au Bronze final III (horizon de l'épée en langue de carpe), quoique certains objets présentent déjà de fortes proportions de plomb. C'est surtout avec les haches à douille de type armoricain, datées du Hallstatt D1-D2 (Gomez de Soto *et al.* 2009, Aranda *et al*. 2013), que l'usage du plomb dans les alliages va augmenter considérablement jusqu'à des taux « délirants ». Certaines haches ne sont faites que de plomb, ce qui en interdit totalement tout usage. De plus, la douille très profonde et le non ébarbage d'une majorité de ces haches, montrent clairement que la plupart de ces haches n'était pas destinée à un usage fonctionnel. Il s'agit ici d'une production pour des actes rituels. Il est étonnant de constater que les dépôts contenant des haches en plomb se situent tous dans la partie méridionale de la péninsule. Peut-être étaient-ils plus proches des

mines ? Actuellement, cette hypothèse ne peut pas être vérifiée. Comme il est toujours impossible de savoir si la mine de Plélauff était suffisamment précoce pour fournir ce plomb. Seul un grand programme d'analyses isotopique de plomb sur minerais, scories et objets pourrait nous donner des indices pour résoudre cette problématique. Ce qui est sûr, c'est que ce plomb n'a pas été exploité pour l'argent qu'il renferme. Les teneurs en argent de ces haches à douille montrent nettement que ce dernier métal n'a pas été séparé du plomb.

L'usage de l'argent est surtout évident dans les monnaies. Ce métal apparait en Gaule dès la seconde moitié du VI^{e} siècle avant J.-C. avec des monnaies émises par la cité grecque de Massalia. Les monnaies d'argent semblent apparaitre au moins à la fin du II^{e} siècle avant J.-C. chez les Arvernes. C'est au même moment que les Namnètes, Riedones et Osismes créent leur propre monnaie. Dans le nord-ouest de la Gaule, le système monétaire est fondé sur deux métaux : l'or et le billon qui est un mélange de cuivre majoritaire et d'argent (Nieto-Pelletier 2013). Il semble donc, de par cette production monétaire locale, qu'il y ait eu production d'argent dans la péninsule. Cependant, jusqu'à maintenant, aucune trace de cette activité n'a été repérée. Si la mine de Plélauff existe bien et est daté de Tène moyenne, aucun spécimen de litharge, déchet lié à la séparation de l'argent et du plomb n'a encore été recensé à cet endroit. Si bien qu'il est, pour le moment, impossible de dater les débuts de la métallurgie de l'argent dans le nord-ouest de la France.

Il est difficile de dire si l'activité minière concernant le plomb dans le Massif armoricain a cessé avec la conquête romaine. En effet, des observations anciennes tendent à montrer que dans les Côtes-d'Armor l'exploitation minière a pu être réalisée à la période antique : « *à la Boissière en Plérin (Côtes-du-Nord), on signale au siècle passé la découverte d'une certaine quantité de monnaies de bronze dans les galeries encore ouvertes, et la trouvaille d'environ 30 monnaies de Titus à Commode dans le ruisseau qui coule au pied de la mine* » (Geslin de Bourgogne, 1852). Cependant, cette découverte peut également correspondre à une cachette dans une mine plus ancienne, datant de l'âge du Fer par exemple. Cependant, les lingots de plomb trouvés dans l'épave de Ploumanac'h laissent penser aussi que du plomb en provenance des îles Britanniques ont transité en quantité dans la région (L'Hour, 1987). Tant qu'une mine de plomb ne sera pas réellement datée, cette question ne sera pas résolue.

6. Métallurgie du fer

Le fer est le quatrième élément chimique le plus abondant dans la croûte terrestre. On estime sa teneur à environ 7 %. C'est pourquoi les minerais de fer sont des roches communes dans le sous-sol. Les gisements sont présents en très grand nombre dans le Massif armoricain. Cette province est considérée comme la seconde plus grande réserve en France, après la Lorraine. Les réserves potentielles en fer sont encore estimées à 750 millions de tonnes de fer métal. Cependant, le taux de fracturation et de cloisonnement des gisements font que ceux-ci sont actuellement non rentables, face aux exploitations immenses des pays étrangers, l'Australie en particulier. Cela n'a pas toujours été le cas, et les divers gisements du massif ont été intensivement exploités durant toutes les périodes protohistoriques et historiques.

Sans l'Ouest, nombre de gisements, situés par exemple sur les communes de Crozon (29), Dinéault (29) ou Châteaulin (29), se sont mis en place en relation avec le volcanisme ordovicien ou dinantien (fig. 10). Cependant, la majeure partie des gisements armoricains est d'origine sédimentaire, d'âge ordovicien pour les gisements situés à l'est de la péninsule (gisements de Normandie ou d'Anjou), et d'âge dévonien pour ceux situés à l'Ouest (Gouarec (22) ou Hermitage-Lorge (22)). Une autre partie importante des gisements est

composée de minerais de fer superficiels qui vont correspondre à la partie supérieure et altérée de ces premiers gisements. L'altération due au climat tropical à l'époque tertiaire a entrainé la formation d'argiles surmontées de fer latéritique. Cependant, d'autres gisements de surface sont le résultat de l'altération des filons basiques, dolérites ou gabbros, ou même de schistes. Ces derniers correspondent à des minerais rognogneux dont les gisements ne sont même pas mentionnés sur la carte géologique, par exemple, ceux du nord de l'Ille-et-Vilaine. Ce sont essentiellement des oxydes et des hydroxydes de fer de type hématite et goethite qui composent ces minerais. Ils peuvent être associés à des argiles ou plus simplement à du quartz.

Ainsi, de nombreux gisements se situent en surface ou en sub-surface, ne nécessitant pas de travaux souterrains importants. L'exploitation s'est donc effectuée sous forme de minières à ciel ouvert de taille plus ou moins importante, ou sous forme de petites minières se développant à quelques mètres sous terre, en général aux environs de 4 à 5 m. Cette dernière forme d'exploitation se rencontre plutôt dans les couches sédimentaires du Bassin parisien, telles les mines fouillées par l'INRAP aux alentours du Mans, sur les travaux de l'A28 et dernièrement sur le tracé de la LGV (Chevet *et al*., 2013). Ce sont de véritables champs de minières que l'on rencontre dans ce secteur. Certains minerais d'altération se retrouvent également en abondance dans les sols pédologiques, le ramassage de surface a donc pu être une méthode efficace pour récupérer la matière première. Le souci dans la datation de ces travaux miniers assez rudimentaires vient de ce que ces techniques ont perduré pendant de nombreux siècles, probablement jusqu'à la fin du bas Moyen-Âge. Ce n'est qu'avec l'apparition des hauts fourneaux que les mines, pour beaucoup encore à ciel ouvert, atteignent des tailles telles qu'elles sont différenciables. Par leur nature oxydée, ces minerais sont facilement traitables dans les périodes anciennes pour en extraire le métal. Cependant, pour faciliter le passage des gaz réducteurs issus de la combustion des charbons de bois au sein de la matière, il est nécessaire de griller les fragments de minerais pour les rendre plus poreux et plus perméables. Cette étape de transformation de la matière, quasi-indispensable pour un bon déroulement de l'étape de la réduction (production du métal), est rarement observée sur les sites de réduction fouillés. Il faut noter que les vestiges de cette opération sont ténus et difficiles à identifier.

Il est plus facile d'identifier les ateliers de production de l'âge du Fer, essentiellement à cause de la forme des scories produites. En effet, au cours des opérations de réduction en bas fourneau, le métal est produit à l'état solide sous la forme d'une grosse masse métallique qu'il est encore nécessaire d'épurer par la suite pour homogénéiser le métal et pour ôter les restes de scories et de charbons qui peuvent y être encore emprisonnés. Dans le fourneau, il se forme également de la scorie qui va s'écouler vers le bas du four et être évacuée soit dans une fosse sous celui-ci formant une scorie dite « piégée », soit à l'extérieur grâce à l'aménagement d'une « porte » au niveau de la base avant du fourneau. La nature, la taille et la forme des scories ont évolué dans le temps en relation avec les techniques employées et la forme des fours qui a, elle aussi, changé. Ainsi, en réalisant une bonne étude descriptive et typologique de ces déchets, il est possible *in fine* de reconnaître globalement les périodes de production. Les ateliers les plus anciens remonteraient à la période hallstattienne à proximité d'une petite mine souterraine en forêt de Paimpont (Vivet 2007). Les scories correspondent à de grosses masses très compactes d'un diamètre d'environ 50 cm (fig. 11). Ce sont des scories piégées en fond de four. Par la suite, les scories piégées montrent que le diamètre des fours augmente jusqu'à 80 cm environ. Les scories sont moins compactes, plus poreuses et se cassent plus facilement en fragments plus petits. À partir de La Tène moyenne, le diamètre des fours devient très important avec des valeurs oscillant entre 1 m et 1,30 m (Vivet 2007). L'aspect des scories est alors variable selon les régions. Elles peuvent être très poreuses et très chargées en charbon, et se casser alors en plus petits fragments (fig. 12). Dans d'autres cas, elles se cassent en quelques gros fragments de plusieurs

dizaines de kg chacun. Enfin, elles peuvent être complètes et compactes. Le poids de ce dernier type de scorie est variable, allant d'environ 200 kg à plus de 500 kg (fig. 13). Cette différence dans l'aspect des scories d'une même époque se fait régionalement, au sein de districts miniers qui présentent de mêmes caractéristiques. S'il s'agit toujours de la même technologie de réduction, des différences sont perceptibles et des recettes de production sont mises au point et transmises localement. A La Tène finale, les fours à scories piégées sont toujours utilisés, mais une porte au niveau de la fosse permet leur évacuation. Ainsi, ces fours peuvent-ils être réemployés plusieurs fois, au contraire des fours des périodes précédentes.

A la toute fin de l'âge du Fer, un changement technologique survient. Les scories ne sont plus piégées dans une fosse sous le four, mais écoulées à l'extérieur par une porte aménagée à l'avant. Les fours sont ainsi facilement réutilisables après réparation du chemisage interne. Les ateliers commencent alors à présenter une certaine pérennité, et une organisation interne de ceux-ci peut être observée : fours disposés en batterie face à une pente, zones de stockage du minerai, du charbon, rejet des scories dans la pente en-dessous des fours. On remarquera que ce changement technologique s'est effectué avant la conquête romaine. En ce qui concerne l'organisation générale, il semble qu'à toutes les époques de l'âge du Fer, les ateliers de production se situaient en dehors des habitats mais probablement à une distance suffisamment proche pour que l'on n'ait jamais trouvé trace d'habitat à proximité des fours. Pendant presque la totalité de l'âge du Fer, ils correspondent à des ateliers temporaires ne servant peut-être que pour une seule opération. A la fin de celle-ci, le site peut être abandonné pour qu'un autre atelier soit rebâti ailleurs. Ces ateliers se situent cependant dans la même zone géographique, et surtout ils se situent sur les terrains géologiquement intéressants, ou tout du moins à une distance très proche de ceux-ci. Ainsi, c'est donc la proximité du minerai qui est privilégiée. Actuellement, aucune trace de post-réduction n'a été détectée sur ces ateliers de production. Les masses brutes de métal, ou peut-être légèrement martelées, devaient donc être amenées vers une zone d'habitat pour y être traitées. En revanche, la nature de ces demi-produits n'est pas connue : lingots bipyramidaux ? Barres à douilles ? *Currency bars* ? Des lingots bipyramidaux ont été trouvés dans la péninsule, ils sont indatables pour le moment. Cependant, des recherches en cours pourraient permettre à l'avenir de les dater grâce au carbone emprisonné dans certaines zones très carburées. Ils ont certainement été produits à l'âge du Fer, mais à quelle période précisément ? Pour l'instant nous n'avons pas la réponse.

Plusieurs zones productrices sont actuellement identifiées dans le Grand Ouest (fig. 1). En première approximation, la prospection de ce type d'atelier est difficile, car les scories, après extinction des fours, restent dans les fosses, enfoncées dans le sol. De ce fait, aucune trace n'est visible en surface pour repérer ces ateliers. Dans le Finistère, une bande de terrain allant de la commune de Landévennec à Edern concentre une quantité extrêmement importante de sites (Prospection C. Le Carlier et l'équipe du CFRA* emmenée par A. Flageul). Il est difficile de dénombrer ces ateliers mais il serait possible d'en imaginer plus de 100, voire peut être entre 200 et 300, peut être plus. Nombre de ces ateliers sont maintenant totalement détruits par les labours et les scories sont, au mieux, retrouvées dans les talus, quand elles ne sont pas totalement évacuées. Ces scories sont très grosses et il est possible d'envisager la production de masses de fer de près de 100 kg. Une autre province extrêmement prometteuse se situe dans le Morbihan dans un secteur centré sur les communes de Locminé et Moréac (prospection de S. Daré et Y. Dufay du CERAM*). Ici, ce sont des fragments de scories piégées qui sont retrouvés en très grand nombre dans les champs. Il est possible d'envisager également la présence de plusieurs centaines d'ateliers. Une troisième zone qui montre également la présence de ce type de scories, avec plusieurs dizaines d'ateliers, concerne le Sud-Finistère, centrée sur les communes de Tourch, Elliant et Scaer (prospection de D. Duvollet). Dans tous les cas, ces secteurs ne n'apparaissent pas sur la carte géologique comme des gisements d'intérêt économique. Les minerais se présentent soit en gros rognons dans des « poches », soit totalement dispersés dans les champs,

en rognons de taille un peu moins importante. Des prospections antérieures ont montré la présence en très grand nombre de scories piégées dans la forêt de Paimpont (plusieurs centaines d'ateliers) et dans le nord de l'Ille et Vilaine et l'est des Côtes-d'Armor (prospection du CERAA* dont J.B. Vivet). Des scories piégées ont également été observées ponctuellement dans l'est de l'Ille-et-Vilaine et en Mayenne (prospection Michel Hubert). Pour l'instant, aucune concentration n'a été détectée, mais ce n'est peut être qu'une question de temps et de prospections à venir. Pour le reste de la péninsule, le manque de prospection ne nous permet pas de dire combien de districts supplémentaires pourraient être découverts, mais le potentiel minier est là, et il est probable que d'autres secteurs seront révélés prochainement.

A l'époque gallo-romaine, dans de nombreuses régions, la technique employée reste la même que celle de la fin de l'âge du Fer, à savoir la réduction dans des bas fourneaux à scories s'écoulant à l'extérieur du four. La différence vient de l'augmentation impressionnante de la production (Domergue *et al.* 1999) visible à travers la démesure des amas de scories, qui peuvent avoir plusieurs centaines de mètres de long ou plusieurs dizaines de mètres de haut. Cependant, dans d'autres régions, le rendement des fours a été nettement amélioré soit par des températures de chauffe plus importantes impliquant donc probablement une amélioration de la soufflerie (Piétack *et al*. 2012), soit par l'utilisation d'ajouts, le fer passant moins dans la scorie est donc récupéré en plus grand quantité sous forme métal (Mahé-Le Carlier *et al.* 1998). Dans aucun cas, l'énergie hydraulique n'est utilisée pour la mise en mouvement des soufflets. Néanmoins, certains sites d'ampleur plus modeste peuvent correspondre également à une production d'époque gallo-romaine. Il faut alors faire très attention, car ceux-ci n'ont été reconnus que lors de prospections. La datation s'est effectuée grâce à la présence de *tegulae*. Or nous avons pu constater que ces tuiles peuvent être réemployées comme chemisage interne des fours durant l'Antiquité tardive et jusqu'à une période avancée du haut Moyen-Age. Pour dater avec certitude ces sites, il faut donc observer la présence non seulement des *tegulae*, mais aussi de fragments de céramique. La meilleure solution étant de réaliser une date ^{14}C sur un fragment de charbon pouvant encore être emprisonné dans une scorie. Il faut noter toutefois que ces ateliers ne se situent pas dans les mêmes aires géographiques que les grandes zones de production de l'âge du Fer. La forêt de Paimpont est l'exemple même : autant la métallurgie protohistorique est particulièrement présente, autant celle datant de la période antique est quasi-inexistante.

Ainsi, si la métallurgie du fer semble se poursuivre après la fin de l'âge du Fer dans la péninsule, il semblerait que l'organisation générale de la production soit totalement bouleversée avec l'arrêt des productions sur les grands districts protohistoriques et un transfert de la majeure partie de la production sur d'autres secteurs, situés plus à l'Est, en Sarthe (Sarreste 2008), Mayenne et Loire-Atlantique.

7. Synthèse – Conclusion - Perspectives

La synthèse des minéralisations connues sur le Massif armoricain montre que cette région est extrêmement riche pour plusieurs métaux dont l'or, l'étain, le plomb et l'argent associé, et le fer. Il faut noter la présence très faible du cuivre qui a peut être permis une exploitation très précoce, mais probablement pas au-delà de la période du Bronze moyen. Les prospections de ces dernières années montrent une exploitation intense d'un grand nombre de ces filons et zones minéralisées. Cependant, face à des travaux miniers majoritairement superficiels et présentant des techniques d'exploitation sensiblement identiques (mais les observations reposent essentiellement sur les prospections) il est difficile actuellement d'attribuer une période d'exploitation pour une majorité d'entre eux. Il est donc nécessaire de réaliser des datations lorsque du matériel organique peut être retrouvé sur les sites. Néanmoins, les quelques dates obtenues jusqu'à

maintenant montrent que l'exploitation de l'or, de l'étain, du plomb et du fer, à l'âge du Fer est une activité réelle, et certainement fort développée. Il est aussi fort probable que ces extractions remontent à des périodes plus anciennes s'ancrant dans l'âge du Bronze. En ce qui concerne la nature géologique des ressources, le peu de données actuellement disponibles ne permet pas de connaître avec précision le type de mine développé. Il est probable que les gisements alluvionnaires d'or et d'étain ont été exploités de manière privilégiée, cependant il est aussi fort probable que des mines en roche aient également été engagées. Pour le plomb, du fait de la forte altérabilité du minerai, des mines en roche ont dû correspondre la forme d'extraction quasi-unique. Enfin, en ce qui concerne le fer, l'exploitation a sans doute dû être réalisée de manière superficielle, par ramassage de surface ou par le développement de minières de petite ampleur, mais cependant sur des surfaces d'emprise pouvant être au final très imposantes.

Se pose alors la question de connaître le devenir de ces métaux : s'agissait d'une quantité juste suffisante pour une utilisation locale ? Ou doit-on envisager un développement de la production, à partir d'une certaine période, afin d'alimenter un commerce à plus longue distance, pour les autres territoires de la Gaule, voire au-delà comme cela peut l'être envisagé pour l'étain ? Dans cette seconde hypothèse, le nord-ouest de la France apparaitrait alors comme une province fortement impliquée et insérée dans le monde économique de l'époque, en ce qui concerne, pour le moins, l'Europe de l'Ouest. La réponse à ce questionnement passe alors par un développement des campagnes de prospection associées à des datations systématiques des mines et ateliers métallurgiques. Ce travail est à peine commencé, sachant que de vastes zones du territoire n'ont toujours pas été abordées. Il devra être associé également à un échantillonnage systématique afin de réaliser des analyses chimiques et isotopiques, afin de tenter, via les études archéométriques, de relier les zones de production avec les objets produits.

CReAAH : Centre de Recherches en Archéologie, Archéoscience et Histoire

CFRA : Centre de Formation et de Recherches en Archéologie

CERAM : Centre d'Etudes et de Recherches archéologiques du Morbihan

CEERA : Centre Régional d'Archéologie d'Alet

Bibliographie

ABRAHAM P. (2011) – Extraction et métallurgie de l'étain en Viadène (Nord Aveyron). *In* GRUAT P., PAILLER J. M., SCHAAD D. éds. *Les Rutènes, Du peuple à la cité, de l'indépendance à l'installation dans le cadre romain (150 aC-100pC)*. Actes du colloque de Rodez et Millau (Aveyron), 15-17 novembre 2007. Éditions de la Fédération Aquitania, suppl. 25, p. 229-244.

ARANDA B., LE CARLIER DE VESLUD C., MARCIGNY C., LE BANNIER J.C. (2013) - Le dépôt de haches à douille de type armoricain du Hallstatt moyen/final 1 de Trelly (Manche) : interprétations à partir des analyses chimiques élémentaires, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 110, 1, p. 105-119

BIZEUL L.J.M. (1846) – Voie romaine de Blain vers Angers. *Annales de la Société royale académique de Nantes et du département de la Loire-Inférieure*, 18, p. 8-52.

BRGM (1977) - *Ressources minières françaises*, *tome 2 : les gisements de Pb-Zn français*. Rapport BRGM, 278 p.

GIOT P.R., BRIARD J., PAPE L. (1979) - *Protohistoire de la Bretagne*. Rennes, éd. Ouest France, 437 p.

BRIARD J., BOURHIS J.R., VIVET J.B. (1996) – Une nouvelle série d'analyses spectrographiques sur les bronzes armoricains : Tréboul et haches à douille, *in* C. Mordant, M. Pernot, V. Rychner (dir) *L'atelier du bronzier en Europe du XXe au VIIIe siècle avant notre ère*, actes du Colloques Bronze 96 de Neuchâtel et Dijon, volume 1, p. 91-100.

CAUUET B. (2004) – *L'or des Celtes du limousin*. Limoges, éd. Culture et patrimoine en Limousin, 123 p.

CAUUET B., TAMAS C.G., GUILLAUMET J.P., PETIT C., MONNA F. (2006) – Les exploitations minières en pays éduens, *Dossiers de l'Archéologie*, ~~n°~~ 316, p. 20-27.

CHAMPAUD Cl. (1957) - L'exploitation ancienne de cassitérite d'Abbaretz-Nozay (Loire-Inférieure). Contribution aux problèmes de l'étain antique, *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, p. 46-96.

CHAURIS L. (1981) - Une province stannifère : le Massif armoricain (France). *Chronique de la recherche minière*, 462, p. 5-42.

CHAURIS L., GUIGUES J. (1969) – *Gîtes minéraux de la France*, *vol. I, Massif armoricain*, Mémoires BRGM, n° 74, 96 p.

CHEVET P., GHICHETEAU A., GALLIEN V., HINGUANT S., LANGLOIS J.Y., LE ROUX F., MARE E., NILLESSE O., PEAN E., SERIS D., VALAIS A., ZAOUR N. (2013) - "LGV Bretagne – Pays de la Loire : contournement en sous-sol", *Maine Découvertes* n° 75, p. 34 – 47

DALMONT M.A. (2013) – *L'exploitation de l'or dans les Pays de la Loire et en Ille et Vilaine aux périodes protohistorique et gallo-romaine*, mémoire de master 2 « Archéologie et Histoire », université de Nantes, 278 p.

DAVY L. (1880) – *Notice géologique sur l'arrondissement de Segré (Maine et Loire)*. Saint-Etienne, Théolier Frères, 101 p.

DEMANGES M. (1973) – Contribution à l'étude des gisements plombo-zincifères français. *Bulletin du BRGM*, 2ème série, sect. II, n° 1, p. 1-30.

DOMERGUE C., JARRIER C., TOLLON F. (1999) - La métallurgie extractive du fer dans la Montagne Noire (France) à l'époque romaine. Nouveaux documents, *Revue archéologique de Narbonnaise*, tome 32, p. 147-156.

ELUERE C. (1977) – Les premiers ors en France, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 74, 1, p. 390-419.

GESLIN de BOURGOGNE M.J. (1852) – rapport sur le monument gallo-romain de Port-Aurel en Plérin. *Mémoires de la Société archéologique et historique des Côtes du Nord*, p. 285-307.

GIOT P.R. (1970) - Chronique des datations radiocarbone. *Annales de Bretagne*, LXXVII, 1, p. 155-160.

GIOT P.R., LULZAC Y. (1998) – Datation à l'âge du Bronze d'une exploitation de cassitérite dans le Finistère, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 95, 4, p 589-601.

GOMEZ DE SOTO J., BOURHIS J.-R., MARCIGNY C., MENEZ Y., RIVALLAIN J., VERRON G. (2009) – Pour en finir avec le Bronze final ? Les haches à douille de type armoricain en France, *in De l'âge du Bronze à l'âge du Fer en France et en Europe occidentale (Xe-VIIe siècle av. J.-C.),* actes du XXXe colloque de l'AFEAF, co-organisé avec l'APRAB (Saint-Romain-en-Gal, 2006), Dijon, Revue archéologique de l'Est (Supplément à la *Revue archéologique de l'Est*, 27), p. 507-512.

GUIGUES J., DEVISMES P. (1969) - *La prospection minière à la bâtée dans le massif armoricain*. Paris, éditions du BRGM, 172p.

GRUEL K., MORIN E. (1999) – *Les monnaies celtes du Musée de Bretagne*, ed. Maison Florange, Paris, 206p.

KERFORNE F. (1926) – Les gisements d'or, d'étain et de cuivre du massif armoricain et la Préhistoire. *Extrait du Bulletin et mémoires de l'institut finistérien d'études préhistoriques,* 14p.

KERVILER R. (1882) – La grande ligne des mardelles gauloises de la Loire Inférieure. *Bulletin archéologique de l'Association bretonne*, 3ème série, 2, p. 39-75.

LISLE du DENEUC P. de (1880) – Dictionnaire archéologique de la Loire Inférieure (époques celtique, gauloise et gallo-romaine). Arrondissement de Châteaubriand. *Bulletin de la Société archéologique de Nantes et du département de la Loire Inférieure*, 19, p. 117-182.

L'HOUR M. (1987) – Un site sous-marin sur la côte de l'Armorique. L'épave antique de Ploumanac'h, *Revue Archéologique de l'Ouest*, n°4, p. 113-132.

MAHÉ-LE CARLIER C., DIEUDONNÉ-GLAD N., PLOQUIN A. (1998) - Un laitier obtenu dans un bas fourneau ? Étude chimique et minéralogique des scories de Oulches (Indre), *Revue d'Archéométrie*, 22, p. 91-101.

MAHE-LE-CARLIER C., LULZAC Y., GIOT P.-R. (2001) - Etude des déchets de réduction provenant de deux sites d'exploitation d'étain armoricain (Age du Bronze et Moyen Age), *Revue Archéologique de l'Ouest*, 18, p. 45-56.

MAITRE L. (1886) – *Les villes disparues de la Loire Inférieure*. Nantes, éd. Vincent Forest et Emile Grimaud, vol. 1, 552 p.

MENEZ Y. (2008) – *Le camp de Saint-Symphorien à Paule (Côtes-d'Armor) et les résidences de l'aristocratie du second âge du Fer en France septentrionale*, thèse de doctorat, Paris I, 2 volumes, 559 et 573 p.

MILCENT P.-Y., (1993) - L'Age du Fer en Armorique à travers les ensembles funéraires (IXe-IIIe siècles avant J.-C.), *Antiquités nationales*, 25, p. 17-50.

MORIN E. (2010) – *Emergence. Archéologie et histoire du Choletais*. Catalogue d'exposition, Cholet, musée d'Art et d'Histoire, 84 p.

MULOT B. (1982) – *Histoire et archéologie au service de la recherche minière*. Non publié. Extraits consultables au SRA des Pays de la Loire.

MULOT B. (1984) – *Histoire et archéologie au service de la recherche minière*. Non publié. Extraits consultables au SRA des Pays de la Loire.

NIETO-PELLETIER S. (2013) - Les monnaies gauloises, trois siècles de production et d'usage. Dossiers d'Archéologie, n°360, p. 2-7.

PIETAK J.P., LEROY M., LE CARLIER C., MERLUZZO P. (2012) - Nouvelles données sur l'importance des vestiges de sidérurgie ancienne en Puisaye, *Revue Archéologique de l'Est*, t. 61, p. 117-131.

POILANE A. (1913) – *L'or des Mauges, les Mauges d'or : de la découverte à l'exploitation des mines de Saint-Pierre-Montlimart*. Brissac-Quincé, éditions du Petit Pavé (réédition 2004, 209 p.).

POILANE A. (1936) – Pro Segora. *Bulletin de la société des Sciences, Lettres et Beaux Arts de Cholet et de l'arrondissement*, 55, p. 33-87.

SARRESTE F. (2008) - *La sidérurgie ancienne dans le Bas Maine (VIIIe s. av. J.-C. – XVe s. ap. J.-C.)*, thèse de doctorat, Université de Tours, 843 p.

VIVET J.B. (2007) - La production du fer protohistorique en Haute Bretagne d'après les résultats des prospections, des fouilles d'ateliers et des analyses archéométriques. In, MILCENT P.Y. (dir) *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal.* Actes du XXVIIIe colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004, suppl. 14 /2, Aquitania, p 63-84.

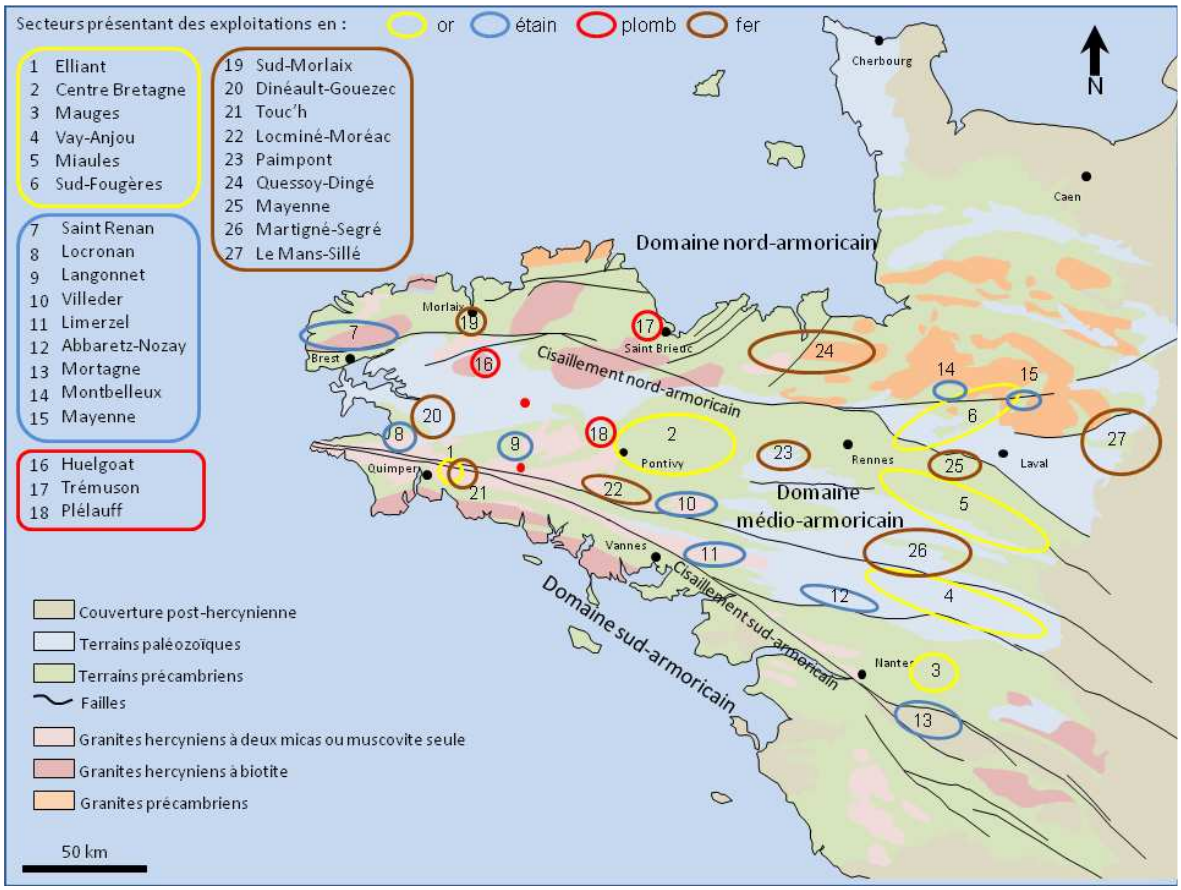


Figure 1 : Carte géologique simplifiée du Massif armoricain (DAO C. Le Carlier)

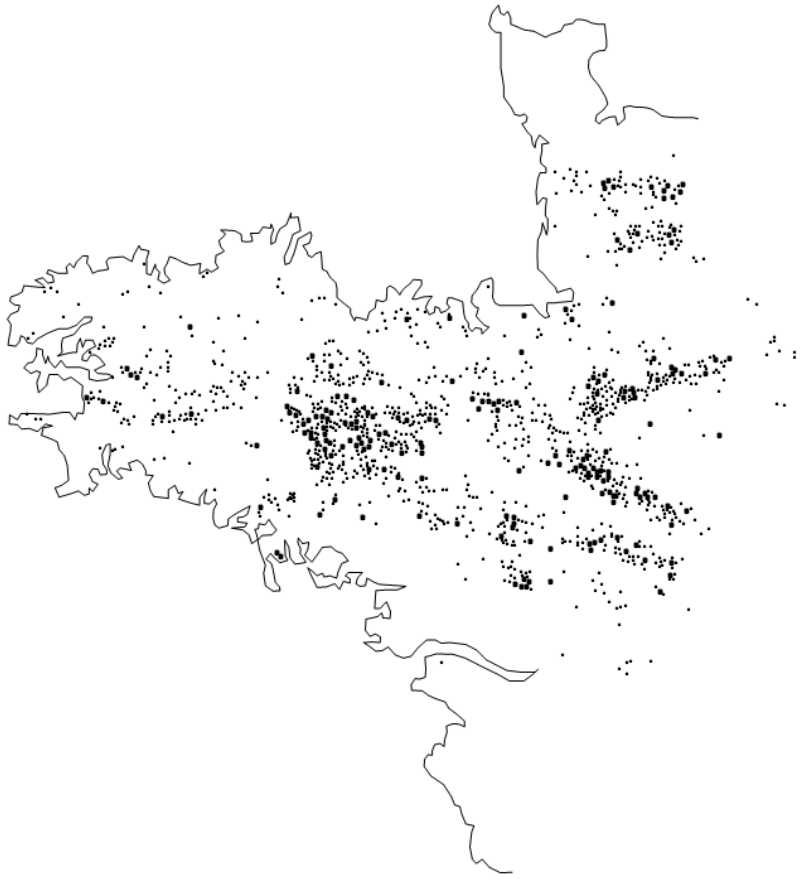


Figure 2 : Carte de répartition des alluvions aurifères dans le Massif armoricain (d'après Guigues et Devismes 1969)



Figure 3 : Mine d'or de Kerambars (Sud-Finistère) datée du début de la période gallo-romaine



Figure 4 : Couche charbonneuse contenant les scories, déchets de l'activité métallurgique de production de l'étain (vallon de Kerdoret, Limerzel)



Figure 5 : Scories provenant du site alluvionnaire de Limerzel

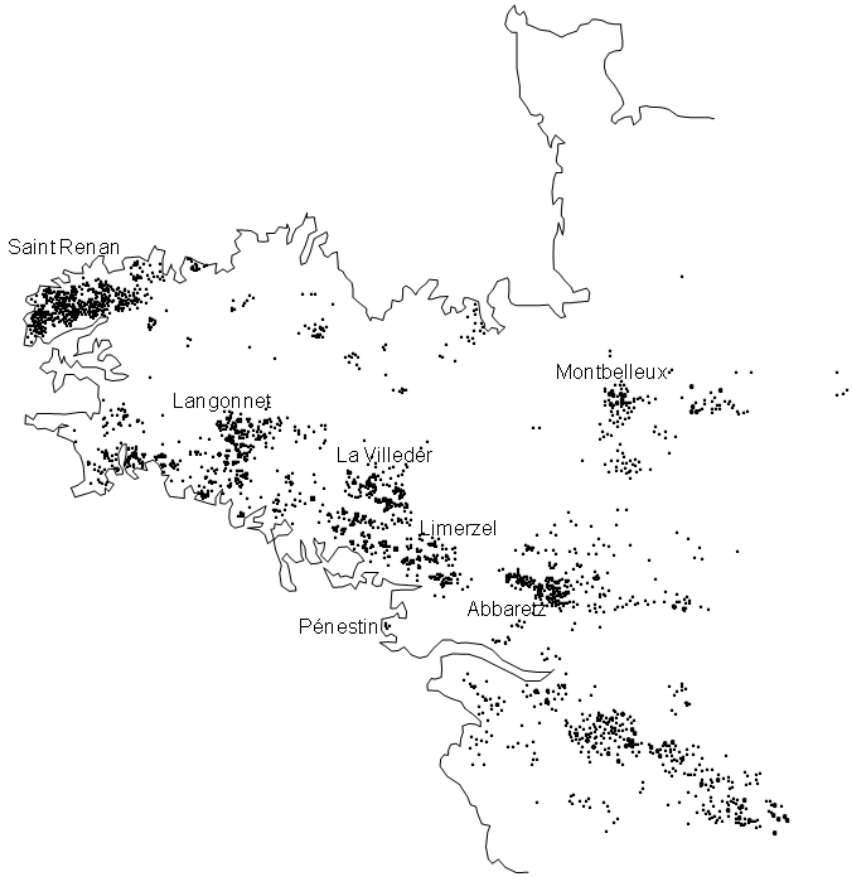


Figure 6 : Carte de répartition des alluvions stannifères dans le Massif armoricain (d'après Guigues et Devismes 1969)

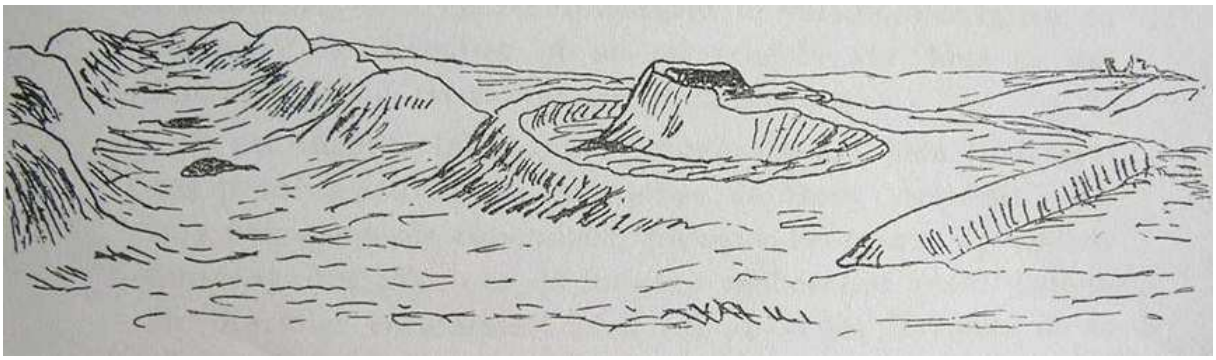


Figure 7 : Croquis de la ligne minière d'Abbaretz-Nozay telle que l'a observé Pitre de Lisle du Dreneuc en 1880

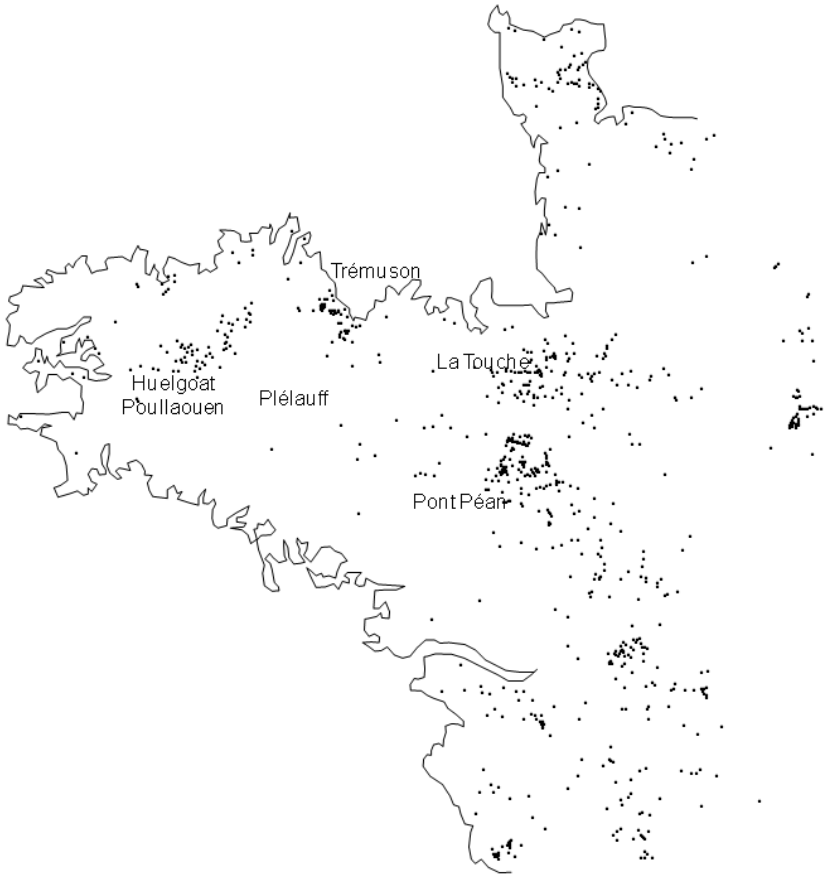


Figure 8 : Carte de répartition des alluvions plombifères dans le Massif armoricain (Guigues et Devismes 1969)

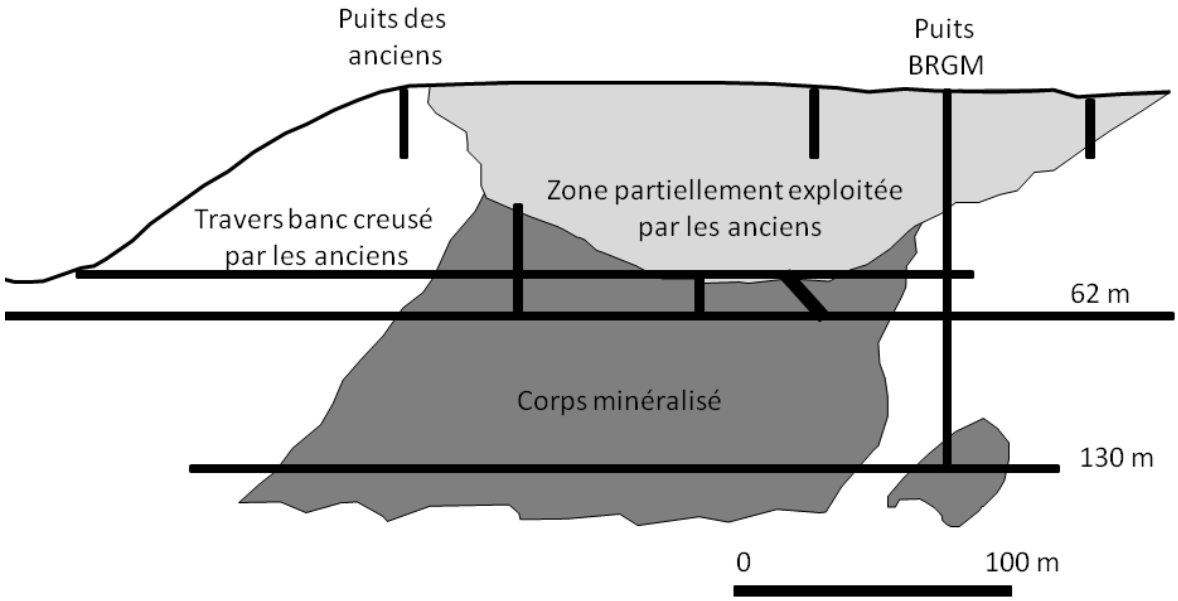


Figure 9 : Coupe de la mine de Plélauff réalisée suite aux travaux du BRGM dans les années 60 (d'après Mulot 1982)

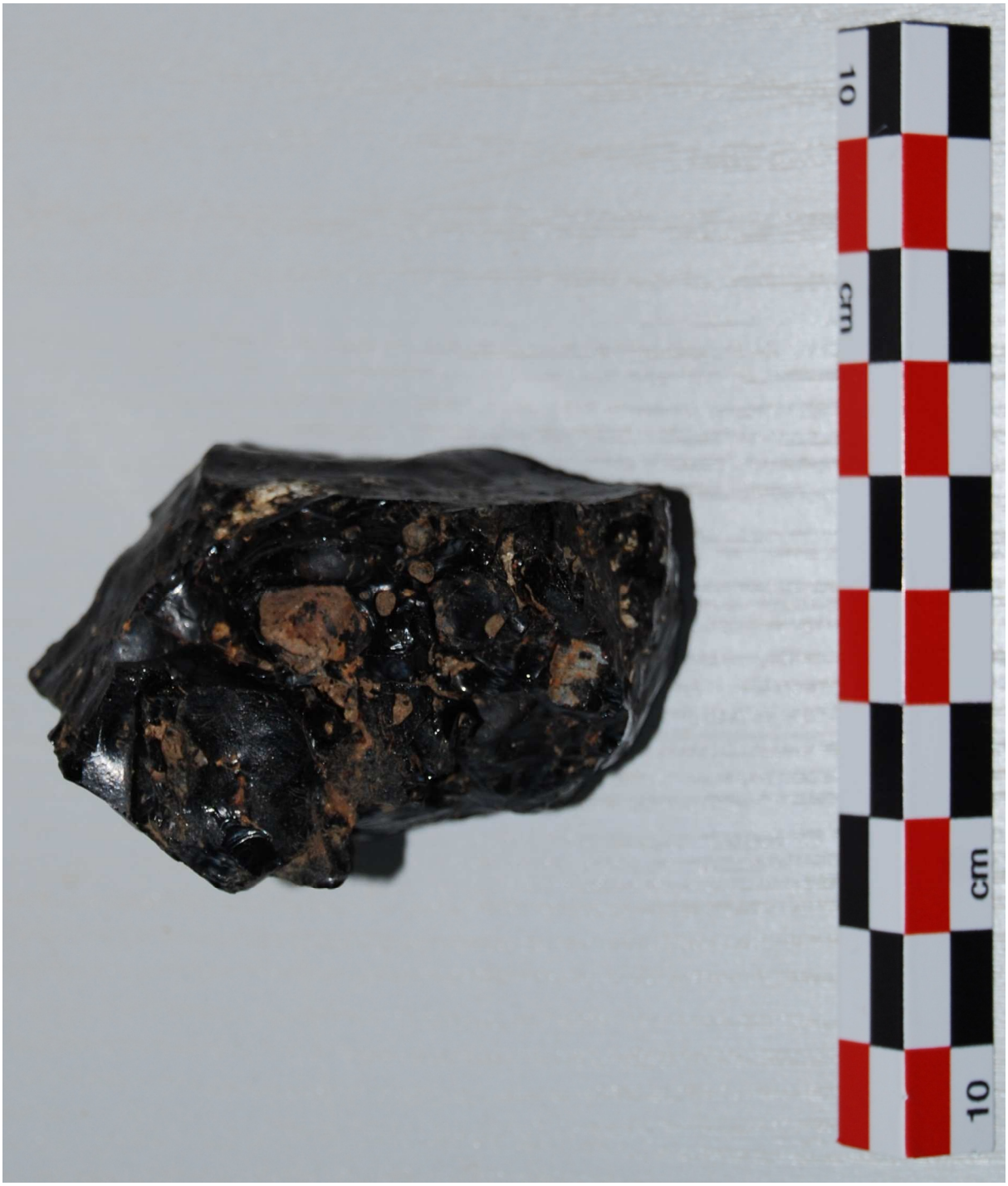


Figure 10 : Scorie vitreuse issue de la réduction de la galène en plomb, trouvée dans l'environnement proche de la mine de Plélauff



Figure 11 : Scorie piégée de la forêt de Paimpont, probablement de la période hallstattienne



Figure 12 : Fragment de scorie piégée (site de la Fonderie, Trégarvans)



Figure 13 : Scorie piégée entière (site de Kerrikars, Dinéault)