



**Revue archéologique de l'Est**

**Tome 68 | 2019  
n° 191**

---

## Indices d'exploitation minière protohistorique dans les Vosges du Sud :

les outils miniers de la mine de la Grande Montagne (Haut-du-Them /  
Château-Lambert)

**Denis Morin, Serge Delpech, Jean Sainty, Hélène Morin-Hamon, Michel  
Caltagirone et Mikaël Atton**



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rae/12186>  
ISSN : 1760-7264

### Éditeur

Société archéologique de l'Est

### Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2019  
Pagination : 59-71  
ISSN : 1266-7706

### Référence électronique

Denis Morin, Serge Delpech, Jean Sainty, Hélène Morin-Hamon, Michel Caltagirone et Mikaël Atton,  
« Indices d'exploitation minière protohistorique dans les Vosges du Sud : », *Revue archéologique de l'Est*  
[En ligne], Tome 68 | 2019, mis en ligne le 11 décembre 2020, consulté le 25 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/rae/12186>

# INDICES D'EXPLOITATION MINIÈRE PROTOHISTORIQUE DANS LES VOSGES DU SUD :

## les outils miniers de la mine de la Grande Montagne (Haut-du-Them / Château-Lambert)

Denis MORIN<sup>\*</sup>, Serge DELPECH<sup>\*\*</sup>, Jean SAINTY<sup>\*\*\*</sup>, Hélène MORIN-HAMON<sup>\*\*\*\*</sup>,  
Michel CALTAGIRONE<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Mikaël ATTON<sup>\*\*\*\*\*</sup>

---

**Mots-clés** *Château-Lambert, Vosges, mine, cuivre, outils de mineurs, Âge du Bronze.*

**Keywords** *Château-Lambert, Vosges, mine, copper, mining tools, Bronze Age.*

**Schlagwörter** *Château-Lambert, Vogesen, Bergwerk, Kupfer, Arbeitsgeräte von Bergleuten, Bronzezeit.*

**Résumé** *Les recherches récentes menées dans les anciennes mines de cuivre moderne du massif alpin (Val Grigna) au nord du Pays de Galles (Pary's Mountain) au Royaume-Uni, ou encore en Grèce (mine de Thorikos, dans le district du Laurion), ont apporté de nouveaux indices d'exploitations minières antérieures à l'Âge du Fer. En France, dans le massif vosgien, les recherches se sont concentrées sur la mine de cuivre de la Grande Montagne de Château-Lambert. Plusieurs outils de mineurs macrolithiques ont été découverts dans les parties les plus anciennes de la mine. Ces outils, typiques de l'Âge du Bronze, ont été conçus à partir de galets locaux en granite ou en grauwacke. Cette découverte élargit les connaissances sur les premières mines de cuivre dans cette partie du massif vosgien. Elle pose aussi de nouveaux jalons pour une approche méthodologique multiscalaire des premières exploitations métalliques en Europe (5<sup>e</sup> au 1<sup>er</sup> millénaire BC).*

**Abstract** *Recent research exploring ancient modern copper mines in the Alps mountains (Valle Camonica), North Wales (Pary's mountain), United Kingdom, and Greece (Thorikos mine, Laurion district), provides new evidence of Bronze Age mining. In the Vosges Massif in France, the research focused on one of the largest copper mines in the area: the Château Lambert Great Mountain Mine. On top of the lode, the assemblage of finds from the survey consists of eight macrolithic mining tools found in the oldest part of the mine. These typical Bronze Age mining tools were made using local granite or grauwacke pebbles found in fluvial or glacial sediments. This discovery greatly expands our knowledge of the first copper mining in this part of Europe. It also sets new standards for a multiscale methodological approach to the first metal mines in Europe (5<sup>th</sup> to 1<sup>st</sup> millennium BC).*

**Zusammenfassung** *Die neueren Untersuchungen in alten Kupferminen in Val Grigna in den Alpen, in Pary's Mountain im Norden von Wales in Großbritannien und in Thorikos im Distrikt von Laurion in Griechenland haben neue Informationen zu den voreisenzeitlichen Bergwerken geliefert. In Frankreich konzentrierten sich die Recherchen auf die Kupfermine von la Grande Montagne in Château-Lambert in den Vogesen. In den ältesten Sektoren des Bergwerks wurden mehrere makrolithische Werkzeuge für den Kupferabbau entdeckt. Die typisch bronzzeitlichen Geräte waren aus lokalem Granit oder Grauwacke gefertigt. Diese Entdeckung bereichert unsere Kenntnis der ersten Kupferminen in diesem Teil der Vogesen. Sie setzt auch neue Maßstäbe für eine methodische, auf mehreren Ebenen basierende Betrachtung der ersten Metallgewinnung in Europa (5. bis 1. Jt. v. Chr.).*

---

---

\* EA 1132, Université de Lorraine. denis.morin@univ-lorraine.fr

\*\* ERMINA, Équipe Interdisciplinaire d'Études et de Recherches archéologiques sur les Mines Anciennes et le Patrimoine Industriel. serge.delpech@sfr.fr

\*\*\* Centre de Recherche en Archéologie expérimentale de l'Est. ERMINA. saintyjean@gmail.com

\*\*\*\* UMR CNRS 5608 – TRACES. whitheleen@hotmail.fr

\*\*\*\*\* EA 1132, Université de Lorraine. michel.caltagirone@univ-lorraine.fr

\*\*\*\*\* ERMINA, Équipe Interdisciplinaire d'Études et de Recherches archéologiques sur les Mines Anciennes et le Patrimoine Industriel. attonmikael@gmail.com

Les recherches récentes menées dans le cadre d'une coopération internationale (Projet international de Coopération scientifique PICS CNRS; MORIN, 2008) sur l'origine de l'extraction minière en Europe (étain, cuivre, galène) ont permis de décaler l'âge de certaines exploitations au Moyen Âge, voire à des époques beaucoup plus reculées (Protohistoire).

Ces données mettent en évidence des techniques d'extraction particulièrement novatrices dès la Protohistoire; c'est le cas des mines de Pary's Mountain, North Wales, au Royaume-Uni (TIMBERLAKE, 1990; JENKINS, 1995), des mines de Thorikos, Attique, Grèce (MORIN, DELPECH, 2017), ou encore des mines du Val Grigna en Italie du Nord (MORIN, TIZZONI, 2009), en particulier dans le domaine des techniques d'abattage et des modes d'exploitation. Ce programme pluridisciplinaire a permis de préciser la chronologie de certains districts miniers et parfois de reculer les dates des premières exploitations.

Récemment, en France, les recherches se sont concentrées dans le massif vosgien, sur la mine de la Grande Montagne (commune de Haut-du-Them/Château-Lambert). Notre étude présente la découverte d'un outillage minier inédit en roche métamorphique dans les parties les plus anciennes de ce gisement de cuivre.

## 1. LA MINE DE LA GRANDE MONTAGNE

La mine de la Grande Montagne est située dans les Vosges du Sud (France), en tête de la vallée de l'Ognon (fig. 1). Le site s'étend sur plus de 1,2 km sur le flanc sud-ouest de la montagne, à proximité de la limite administrative des communes de Haut-du-Them / Château-Lambert (département de Haute-Saône, région Bourgogne - Franche-Comté) et du Thillot (département des Vosges, région Grand-Est).

Les travaux miniers s'échelonnent sur une dénivelée de 155 m, entre les affleurements de la crête (vers la cote 840) et le niveau 0, niveau du travers-banc de 445 m (travers-banc Saint-Jean, cote 685). Ils comportent un niveau intermédiaire principal: le niveau 70, relié directement au jour par un travers-banc supérieur long de 200 m (travers-banc Saint-Georges).

Au niveau 0, qui a reconnu cinq lentilles principales, il existe une voie de base longue de 300 m qui présente de petits décrochements le long des failles; en contrebas, dans la première lentille du quartier NW, se trouvent une descenderie de 20 m et plusieurs amorces de traçage à -7 m, dans une minéralisation de molybdène qui se rétrécit et se redresse (à cet endroit le pendage atteint 80°). Une descenderie ancienne, longue de 15 m, avec de petits dépilages contigus, se rencontre dans le quartier sud-est. Ces deux ouvrages sont les seuls existant en aval-pendage du niveau 0, direction dans laquelle la minéralisation, pauvre en cuivre, se poursuit jusqu'à une profondeur inconnue.

La limite ouest du gisement est formée par le faisceau d'accidents de la grande faille, au-delà de laquelle le prolongement de la formation n'a pu être retrouvé, tandis que, vers l'est, les travaux sont bloqués dans une zone où le filon ne présente plus que des amas de pegmatites reliés par de minces filets.

Le volume des roches accumulées dans les halles est estimé à près de 50 000 tonnes à 0,6% Cu et 0,2% Mo (0,33% Mo S<sub>2</sub>) (ADD<sup>1</sup> 4U 24/104). Visibles au-dessus du village de Château-Lambert, elles témoignent de l'importance de l'exploitation qui a affecté le massif.

## 2. MINÉRALOGIE

Le gisement est constitué par un ensemble de minéralisations pegmatitiques et quartzes constituant de pseudo-filons et parfois des zones diffuses à contours flous. Ces pseudo-filons sont grossièrement parallèles, orientés NW-SE avec un pendage SW variant entre 40° et 60°. L'élément principal est le filon de Château-Lambert, situé au toit, sur le flanc sud de la Tête du Midi qui surplombe le village.

Le filon principal est encaissé dans un massif de syénodiorite, qui affleure sur plusieurs kilomètres carrés. Il est principalement formé de pegmatite variant jusqu'à la veine de quartz. Cette gangue renferme des minéraux tels que le molybdène (MoS<sub>2</sub>), la chalcopryrite (CuFeS<sub>2</sub>) et la pyrite (FeS<sub>2</sub>) (FLUCK, WEILL, 1975; GRANDMANGE, 1978; KARPINSKY, 1931). La puissance de la formation varie de 0,30 m à 1,20 m.

Les autres filons sont situés sur le flanc nord; les plus importants sont le filon de la Mairielle et le filon de la Section des Mines. La puissance des pseudo-filons peut passer de quelques centimètres à un ou deux mètres, exceptionnellement quatre ou cinq mètres, voire six, avec généralement des inclusions dioritiques. Ces pseudo-filons présentent une morphologie de chapelets de petits amas allongés suivant le pendage. Les renflements constituent les parties les plus riches et certaines lentilles présentent parfois des ramifications. Au voisinage des pseudo-filons, une minéralisation annexe peut intégrer des nodules de pegmatite, en placages dans des fissures ou disséminés dans la roche encaissante. Malgré leur irrégularité, il existe par place des panneaux réguliers de puissance métrique. Ce champ filonien particulièrement dense est recoupé par un système de failles orientées ENE-WSW avec un pendage de 70° Nord, dont la plus occidentale connue, «la grande faille», constitue la limite ouest des travaux de Château-Lambert. Ces failles transversales s'accompagnent parfois de cristallisations de calcite, barytine, quartz et fluorine. La molybdénite y présente plusieurs épisodes de cristallisation.

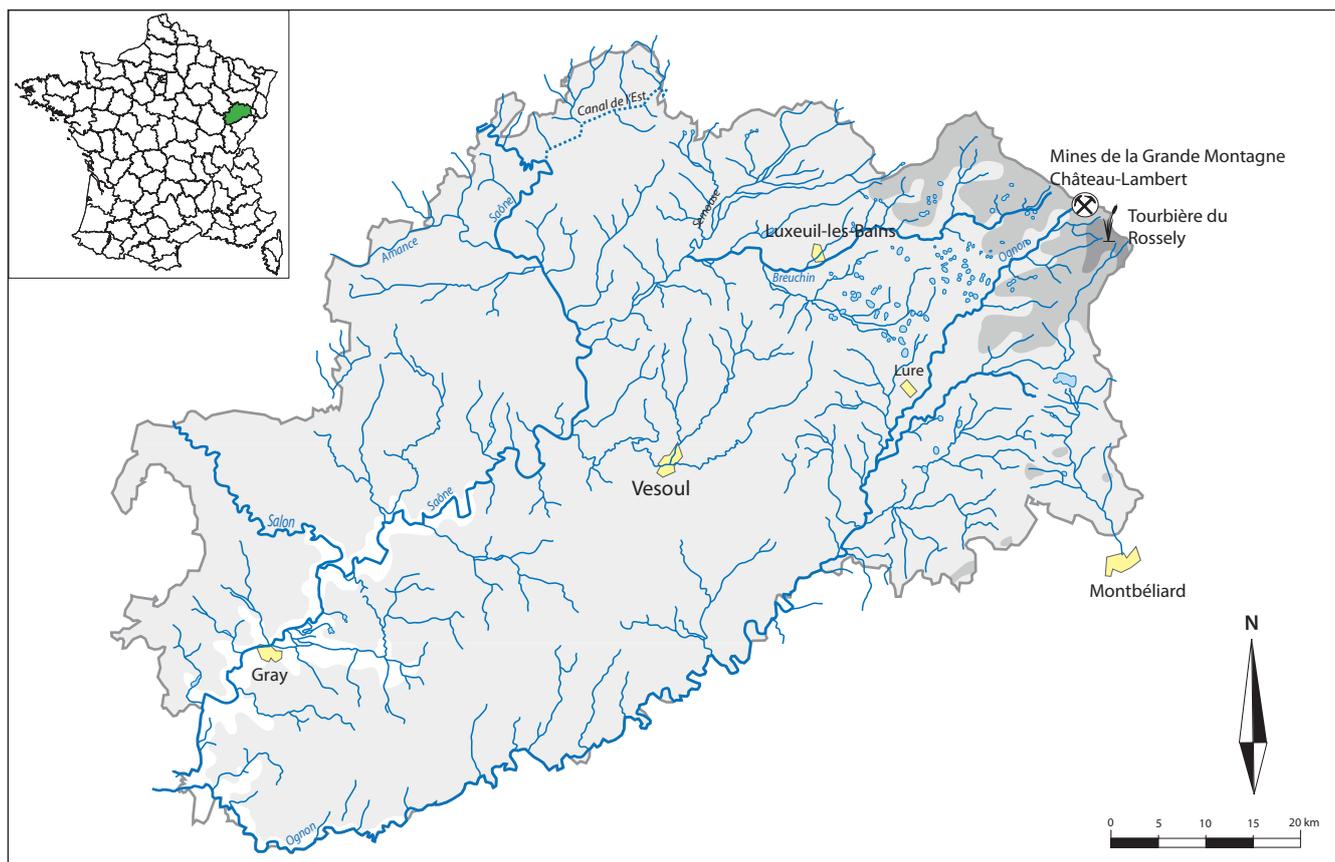
## 3. MÉTHODOLOGIE

Les différentes phases d'exploitations qui se sont succédé ont généré sur les crêtes des volumes considérables de stériles, de l'ordre de plusieurs milliers de tonnes. Une exploitation partielle de ces amoncellements de déblais a été entreprise au début du XX<sup>e</sup> siècle pour en extraire du molybdène (ADD 4U24/104). Ces dépôts recouvrent selon toute hypothèse les vestiges des premières périodes d'extraction.

L'objectif des opérations menées dans le cadre de la recherche a été de contourner les investigations de surface pour atteindre les travaux les plus anciens par l'intermédiaire des réseaux souterrains encore pénétrables, autrement dit de remonter les dépilages souterrains à la recherche de traces d'exploitations plus anciennes. Les prospections souterraines ont donc été privilégiées dans la mesure où les différentes incursions réalisées dans la mine ont démontré qu'il était possible de rejoindre certaines zones parmi les plus élevées du filon, là où se situe l'origine de l'exploitation, c'est-à-dire à l'affleurement. Pour atteindre ces points extrêmes, il a été nécessaire d'équiper plusieurs voies au moyen de dispositifs spéléologiques et de remonter les dépilages à partir du niveau de base encore accessible, le travers-banc Saint-Jean de 445 m, dont l'ouverture se situe sous l'église du hameau de Château-Lambert.

Des vestiges des premières exploitations ont été localisés dans les parties les plus proches de la surface et du sommet de la montagne (altitude + 840 m en tête de filon), soit à une altitude de 150 m au-dessus de ce niveau (fig. 2).

1. ADD, Archives Départementales du Doubs.



**Fig. 1.** Haut-du-Them/Château-Lambert (département de la Haute-Saône). Localisation des mines de la Grande Montagne et de la tourbière du Rossely. DAO : H. Morin-Hamon.



**Fig. 2.** Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur. **A.** Anciens travaux antérieurs à l'usage de la pointerolle (hauteur de la mire = 30 cm) ; **B.** pièce 05 in situ dans les éboulis. Photographies : D. Morin.

#### 4. HISTORIQUE DE LA MINE

D'après les sources anciennes, le gisement aurait été exploité pour l'argent et l'or dès l'Antiquité (GOBET, 1779). Des analyses effectuées en 1913 par Thiebault montrent effectivement la présence d'occurrences aurifères (THIEBAULT, 1913). Attesté au début du XIV<sup>e</sup> siècle (LAMBERT, LAVIER, 1991 ; LAVIER, LAMBERT, 1996), il s'agit du gisement de cuivre le plus important des Vosges du Sud. Les mines étaient en pleine activité sous Philippe II, roi d'Espagne, au début du XVII<sup>e</sup> siècle. Les minerais de cuivre étaient traités dans deux fonderies, l'une située près de Saint-Maurice-sur-Moselle (Vosges), l'autre sur le territoire de la commune de Haut-du-Them. La production atteignait à cette époque 70 tonnes par

an (MORIN *et alii*, 1994)<sup>2</sup>. La procédure consistait à évider le filon depuis le sommet à partir de l'affleurement où se situent les plus anciennes exploitations.

2. Les nombreux textes qui nous sont parvenus concernent l'exploitation minière à l'origine de controverse avec les ducs de Lorraine, qui prétendaient que les mines étaient en partie sur leurs terres, ce qui était partiellement exact puisque les veines s'étendaient jusqu'au Thillot. Dans ce contexte, les enchères et la nécessité de sécuriser les concessions ont conduit Philippe II à permettre aux mineurs de s'y installer avec de nombreux privilèges. Ces conditions avantageuses et la prospérité de la mine ont attiré de nombreux travailleurs de la vallée de Giromagny, de l'Allemagne et du Tyrol. Les filons ont été exploités pour le cuivre jusqu'à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle.

À Château-Lambert, le filon, incliné à 40-60°, posait de sérieux problèmes techniques aux mineurs. À l'origine, les filons subverticaux étaient exploités à l'affleurement : les mineurs ouvraient des excavations en creusant à la verticale des puits ou *pingen*. Mais au fur et à mesure du creusement, l'eau, omniprésente, envahissait les galeries. Il fallut donc trouver rapidement des solutions pour évacuer les eaux d'infiltration et les eaux météoriques.

Deux techniques de drainage ont été mises en œuvre dans la Grande Montagne. La première était le creusement de travers-bancs d'exhaure destinés à évacuer l'eau sur le versant. Cette technique, fort coûteuse, nécessitait des investissements conséquents et des mineurs expérimentés pour anticiper le tracé de ces galeries.

L'une de ces galeries d'exhaure, taillée au feu, a fait l'objet d'une fouille archéologique au Mont-de-Vanne près de Melisey (MORIN, BOHLY, 2004) qui a mis en évidence des techniques d'abatage au *sitzort*<sup>3</sup> particulièrement originales (MORIN, PY, 1984; PY, 1990).

La deuxième technique utilisée était celle du pompage. Une telle opération nécessitait des infrastructures conséquentes et une source d'énergie facile à maîtriser. L'énergie hydraulique a d'abord été utilisée pour actionner des pompes destinées à remonter les eaux d'exhaure des chantiers profonds. Deux roues à augets monumentales ont été ainsi installées à l'intérieur de la mine afin d'actionner des pompes qui tiraient l'eau des galeries inférieures (ADD 1B 583, folio 209). Ces roues, d'un diamètre de 9 à 10 m, étaient elles-mêmes entraînées par l'eau de plusieurs étangs aménagés sur les crêtes. Cette énergie était véhiculée par le biais de canalisations en bois et par des gouttières taillées dans la roche (MORIN, BOHLY, 1998).

Il faudra attendre 1748 pour que le minéralogiste A. de Gensanne (GENSANNE, 1756) termine le long travers-banc d'exhaure de Saint-Jean, d'une longueur de 445 m, sous la colline qui porte l'église de Château-Lambert. Désormais, l'ensemble de la mine pouvait être mis hors d'eau sur près de 200 m de dénivelée.

L'exploitation a cessé vers 1758. Elle reprendra au début du XX<sup>e</sup> siècle, avec l'extraction du molybdène. Les travaux d'exploitation contemporains ont eu lieu dans le quartier NW entre les niveaux 0 et + 35 m, d'une part, les anciens travaux et la zone de brouillage d'autre part ; ils ont permis de produire environ 5 400 tonnes à 0,4-0,5 % de MoS<sub>2</sub>, pour une surface dépilée de 2000 m<sup>2</sup>. Un petit tonnage accessoire a été fourni par les travaux de recherche dans la descenderie de 20 m (en aval du niveau 0) (DURUY, 1938; ADD 4U 24/104).

La production de cuivre n'est pas connue, en raison de son ancienneté. Toutefois, si l'on en juge par l'importance des travaux souterrains et des haldes, la réputation de productivité de la mine au début du XVII<sup>e</sup> siècle et le chiffre de 70 tonnes annuelles, on peut admettre raisonnablement qu'elle aurait pu atteindre un millier de tonnes. Quant à la production récente de molybdène, en 1939 et 1942-1944, elle a été de 6 063 t à 0,37 % Mo (ou 0,6 % MoS<sub>2</sub>) (SAINFELD, 1956, 1963; LOUGNON, 1985; ADD 4U 24/104).

3. La technique du «sitzort» était la suivante: deux mineurs travaillent au front de taille. Le premier est assis et creuse à la pointerolle une petite galerie d'un mètre de hauteur environ en pratiquant une série de gradins; le deuxième est situé à une vingtaine de mètres en arrière; il élargit la galerie à la sole, sur les parois et au toit et lui confère ainsi son profil définitif «ogival-tronqué», un profil caractéristique de ce type de galerie au XVI<sup>e</sup> siècle. La dureté de l'encaissant contraint les mineurs à utiliser la technique du feu pour fragiliser la roche. L'observation des traces présentes sur les parois a permis de restituer la présence d'un faux plafond en bois destiné à provoquer un retour d'air et par conséquent à évacuer les fumées.

Au total, les travaux se sont développés sur une extension de 300 m. Le filon a été extrait du point + 685 m (niveau 0) à 840 m où il affleure sur les crêtes. Le réseau souterrain atteint un développement total actuel de 8 240 m (ANCEL, 2004).

## 5. LE MOBILIER MINIER DE SAINT-NICOLAS EST

En 2015, huit outils macrolithiques massifs en roches métamorphiques ont été découverts au cours d'une exploration dans un réseau exigü proche de la surface. La zone où ces blocs ont été découverts, gisants sur le sol, se trouve quasiment au sommet du filon, à quelques mètres de l'affleurement. Ce sont des outils sur galets en roche métamorphique dure et dense, une morphologie qui tranche nettement avec le contexte sédimentologique homogène des éboulis, constitués d'éclats ou de blocs de roches anguleux décimétriques (fig. 3) détachés lors des opérations d'abatage. Leur présence à cet endroit est manifestement intentionnelle.

L'ensemble se compose de six galets arrondis et de deux blocs de formes oblongues dont les caractéristiques ne permettent pas de déterminer la nature fonctionnelle.

Les indices de Cailleux (CALLEUX, 1951) calculés pour les supports en galets (IA: Indices d'aplatissement) correspondent aux valeurs 1,0-2,0, ce qui les associe à un transport de type fluvio-glaciaire, en opposition à d'autres indices qui correspondent à un transport fluvial (2,5-3,5) ou à un matériel de type morainique (1,6-1,8). Du point de vue pétrographique, les galets sont en granite (six exemplaires), ou en grauwacke (deux exemplaires). Leurs masses s'échelonnent entre 0,580 kg et 4,040 kg.



Fig. 3. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur, anciens travaux. A. Percuteur en granite [2016\_GMCL\_01] in situ dans un contexte d'éboulis composés de débris anguleux; B. le même (avec la flèche) accompagné des artefacts [2016\_GMCL\_01/02/03]. Photographies : D. Morin.

Trois des outils en granite sont de nature et de morphologie sensiblement similaire (fig. 4). Le premier [2016\_GMCL\_01] est un galet allongé de section trapézoïdale. Des traces de percussion sont visibles sur les extrémités et le pourtour de la pièce. Longueur: 182 mm, largeur: 124 mm, épaisseur: 86 mm, poids: 3,350 kg, IA: 1,06.

Le second [2016\_GMCL\_02] est un bloc de granite roulé de section trapézoïdale. La partie distale possède un biseau obtenu à partir de plusieurs enlèvements bifaciaux. Il présente également des traces de percussion. Longueur: 145 mm, largeur: 114 mm, épaisseur: 61 mm, poids: 1,600 kg, IA: 1,19.

Le troisième [2016\_GMCL\_03] est un bloc roulé, avec un biseau distal naturel et une base arrondie et épaisse. Il présente des traces d'écrasement sur le périmètre de la pièce. Longueur: 140 mm, largeur: 115 mm, épaisseur: 71 mm, poids: 1.660 kg, IA: 1,0.

Deux blocs sont en grauwacke (fig. 5):

- des traces d'écrasement sont présentes sur les parties saillantes et arrondies de ce bloc massif roulé [2016\_GMCL\_04]. Longueur: 192 mm, largeur: 117 mm, épaisseur: 103 mm, poids: 4,040 kg, IA: 0,93;

- [2016\_GMCL\_05] est un bloc de section triangulaire, allongé, irrégulier et laminé. Ce bloc présente des traces de percussion et d'écrasement ainsi qu'une plage polie avec de fines incisions. Longueur: 178 mm, largeur: 130 mm, épaisseur: 90 mm, poids: 2,600 kg, IA: 0,99.

Trois autres objets sont de morphologies diverses:

- [2016\_GMCL\_06] est un galet allongé de section trapézoïdale avec traces de percussion (fig. 6). Longueur: 145 mm, largeur: 53 mm, épaisseur: 46 mm, poids: 0,580 kg, IA: 1,58.

- [2016\_GMCL\_07] est un bloc allongé de section prismatique. Des enlèvements et des marques de percussion sont visibles sur la partie distale. Longueur: 148 mm, largeur: 83 mm, épaisseur: 66 mm, poids: 1,170 kg, IA: 1,12 (fig. 7);

- [2016\_GMCL\_08] est un galet granitique massif de section trapézoïdale, aux angles arrondis. Des traces de percussion (enlèvements bifaciaux) sont présentes sur la partie distale. Longueur: 115 mm, largeur: 85 mm, épaisseur: 73 mm, poids: 0,926 kg, IA: 0,79.

## 6. TRACES ET FONCTIONNALITÉ DES OBJETS : UN CONTEXTE MINIER ANTÉRIEUR À L'UTILISATION D'UN OUTILLAGE D'ABATTAGE MÉTALLIQUE

Les premiers mineurs de la Grande Montagne ont sélectionné des roches métamorphiques résistantes et de composition isotrope. De tels supports se rapprochent, du point de vue morphologique ou métrique, des outils sollicités. Une solide résistance mécanique, une structure exempte de fissures après avoir été soumise à un processus de roulement, caractérisent les principaux facteurs lithologiques (RISCH, 1995, p. 333 et suivantes). Les propriétés physiques de ces outils, manifestement utilisés pour l'abattage par percussion directe, sont étroitement liées à leur masse et à leurs proportions métriques (fig. 8). Les blocs ont été choisis en raison d'une morphologie offrant une préhension optimale.

Du point de vue macroscopique et mésoscopique, des traces abrasives sont visibles sur un des galets (2016\_GMCL\_05). Le polissage est accompagné de stries d'abrasement (fig. 9). Ces blocs roulés ont donc été choisis initialement pour leurs caractéristiques spécifiques. Ils ne présentent aucune trace prouvant l'existence d'un emmanchement; des traces de façonnage y sont parfois associées.

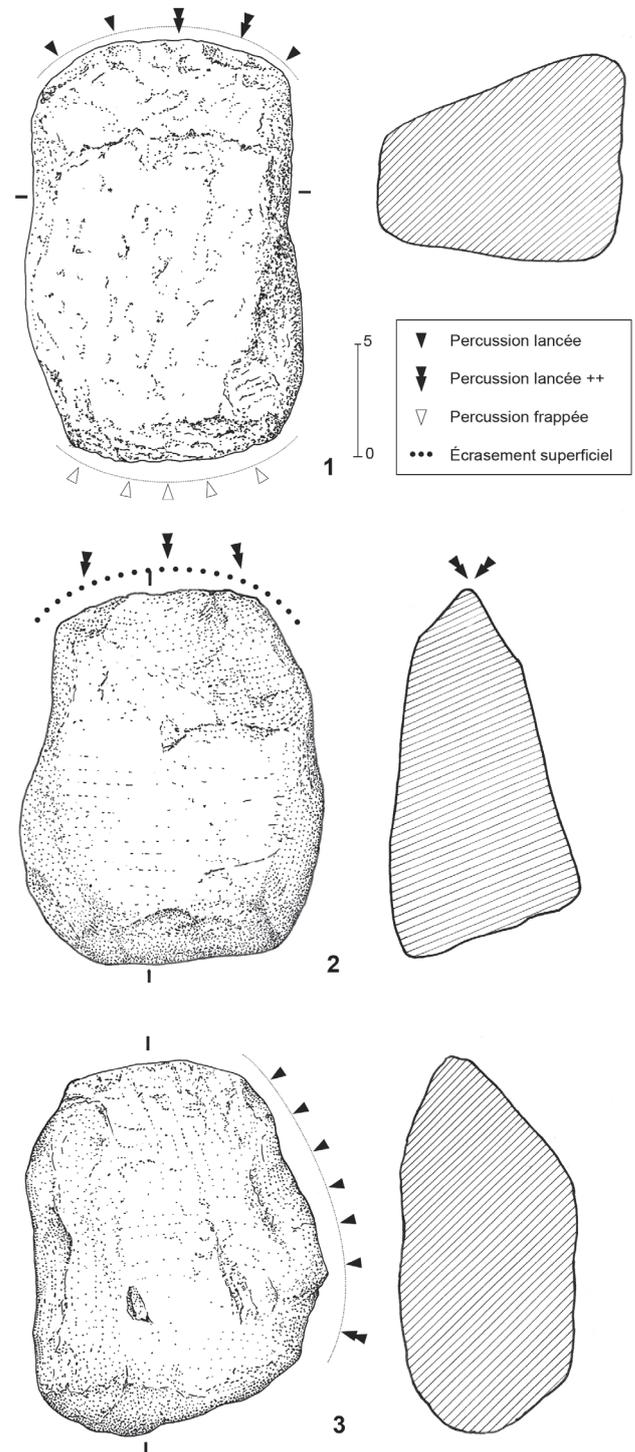
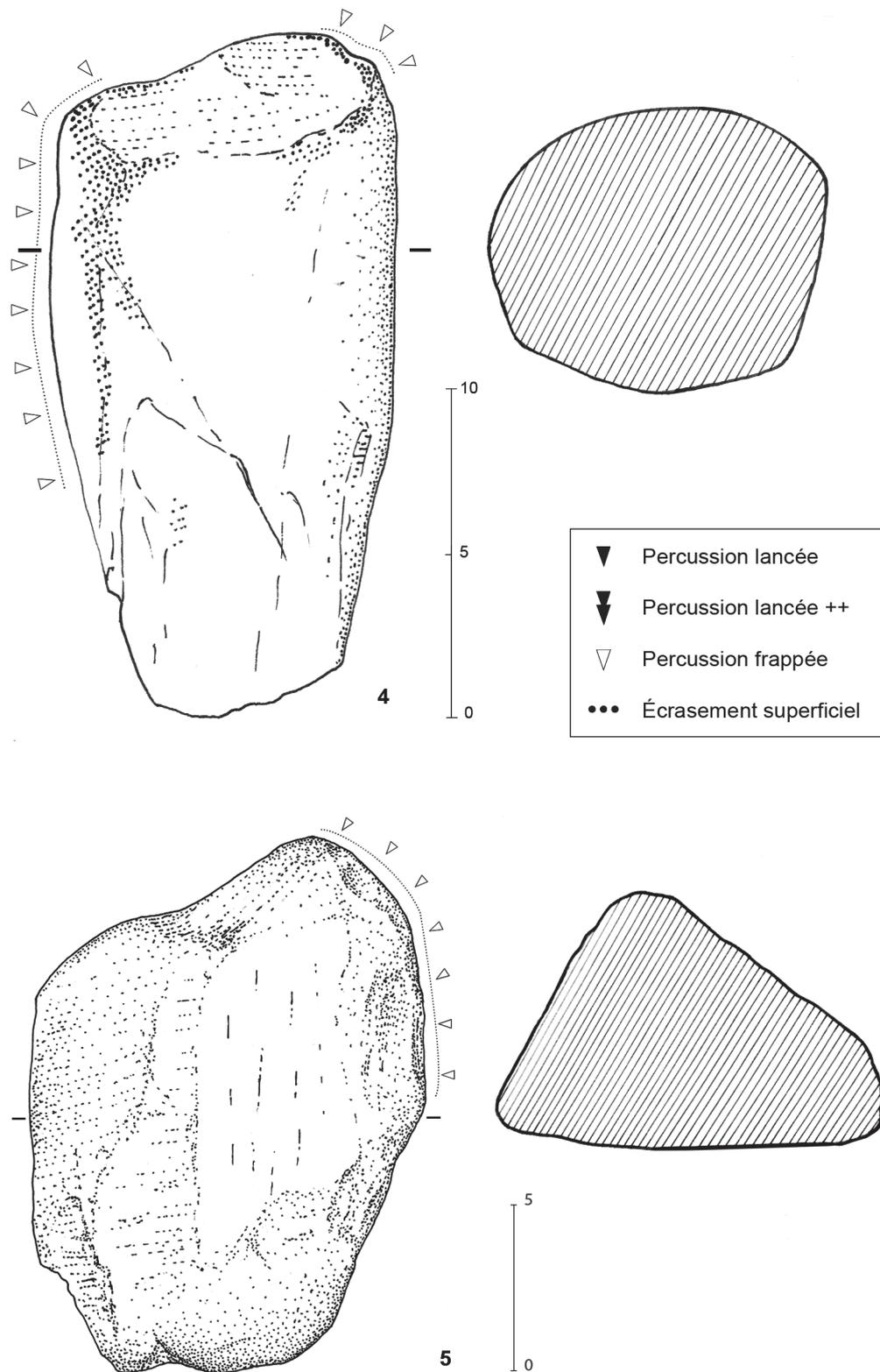
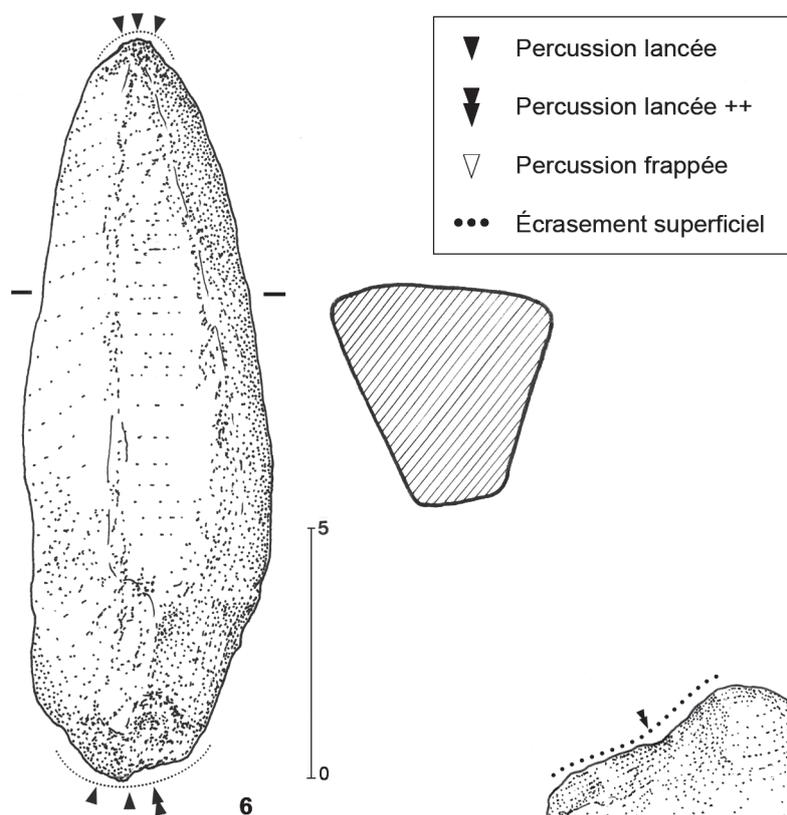


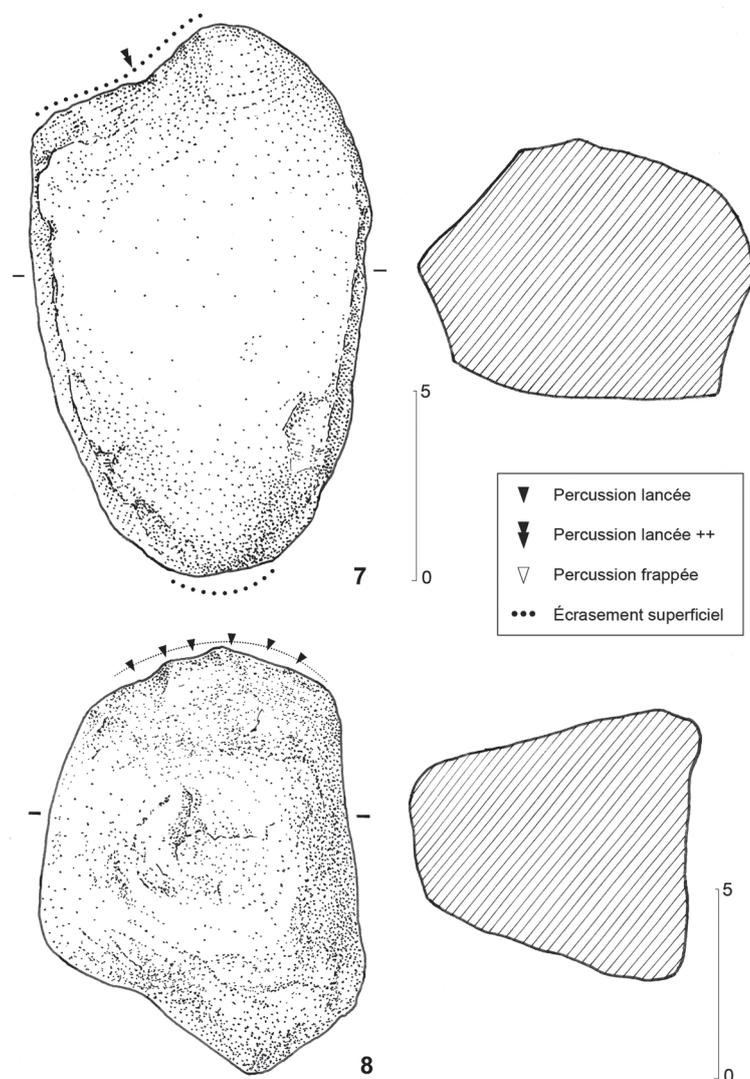
Fig. 4. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne. Percuteurs en granite: 1. Galet en granite [2016\_GMCL\_01] avec traces de percussion; 2. bloc de granite [2016\_GMCL\_02] avec traces de percussion; 3. bloc de granite roulé [2016\_GMCL\_03] avec traces d'écrasement. Dessin: J. Sainty.



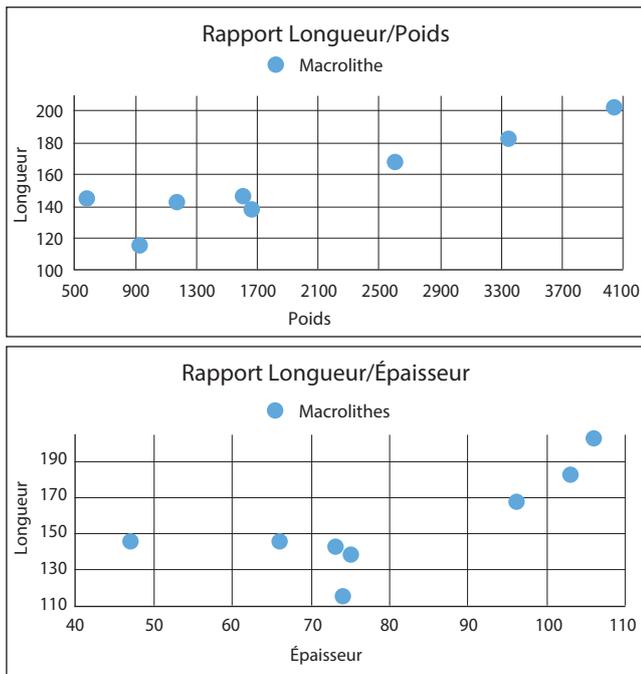
**Fig. 5.** Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne.  
 4-5. Artefacts macrolithiques en grauwacke [2016\_GMCL\_04] et [2016\_GMCL\_05]. Dessin : J. Sainty.



**Fig. 6.** Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne. **6.** Pic en granite [2016\_GMCL\_06]. Dessin : J. Sainty.



**Fig. 7.** Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne. Percuteurs en granite : **7.** Bloc [2016\_GMCL\_07] avec enlèvements bifaciaux et traces de percussion ; **8.** galet en granite [2016\_GMCL\_08] et traces de percussion (enlèvements bifaciaux). Dessin : J. Sainty.



Sur la plupart d'entre eux, des traces de percussion ou de boucharde sont visibles. Ces galets ont donc été utilisés de manière manuelle par percussion ou martelage sur paroi (WÆLKENS, 1990; MORIN, à paraître). Dans les galeries où ces blocs ont été découverts, le contexte rocheux offre une texture particulièrement friable, ce qui permettait une fracturation et un détachement relativement facile par percussion directe, si l'on compare avec d'autres secteurs de la mine où la roche est nettement plus compacte. À cet endroit en effet, les parois des galeries ne présentent aucune trace de pointerolle, à l'exception de quelques zones où les mineurs modernes ont élargi le passage. Les galeries sillonnent à la fois le filon ou sa gangue, ce qui contraste avec les dépilages modernes où une partie de l'encaissant était systématiquement abattu pour faciliter la circulation des hommes et des matériaux.

La plupart des surfaces actives intervenant dans l'utilisation de ces galets comme percuteurs sont situées aux extrémités (fig. 10). Il s'agit d'une caractéristique commune aux outils 1, 2, 3, 6, 7 et 8 de l'ensemble étudié. Les outils 4 et 5 ont manifestement été utilisés pour des fonctions de polissage.

Les outils ont été trouvés en position secondaire – autrement dit, ils ont été déplacés de leur lieu de dépôt initial – au-dessus du quartier Saint-Nicolas Supérieur, au niveau + 147 m (fig. 11). Ce quartier se développe sous les affleurements de Saint-Nicolas Est (niveau + 161 m) jusqu'au niveau + 90 m. Il suit une lentille minéralisée inclinée vers l'ouest, large d'une trentaine de mètres. À ce niveau, les travaux sommitaux (fig. 11, point [89]) sont obstrués par des éboulements à 10 m environ de la surface (fig. 12); au nord-ouest, ils sont creusés sur une branche du mur inclinée à 30°. Il s'agit de galeries et plans inclinés étroits, de section circulaire ou subcirculaire, en partie remblayés. Ces galeries relictuelles correspondent au dépilage strict du volume minéralisé. Elles sont particulièrement exigües et d'un gabarit moyen de 30 à 50 cm. Elles correspondent à des travaux miniers antérieurs aux exploitations modernes travaillées à la pointerolle. Les traces d'outils d'abattage métalliques y sont inexistantes; l'abattage a été réalisé par percussion directe lancée (PICKIN, 1990; WÆLKENS, 1990; TIMBERLAKE, 2013; MORIN, à paraître) (fig. 13).

À la base de ces travaux, deux larges recoupes communiquent avec la branche principale du toit (fig. 11, point [90]). Du côté

◄ Fig. 8. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur. Rapports Longueur/Poids et Longueur/Épaisseur des outils en pierre. DAO: H. Morin-Hamon.

▼ Fig. 9. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur. Bloc en grauwacke roulé [2016\_GMCL\_04/05] avec surface de polissage et stries d'abrasion (détails). Photographie: H. Morin-Hamon.



sud s'ouvre une salle éboulée et en partie murillée sous l'un des accès à la surface.

Certains de ces outils en pierre ont été découverts dans un muraillement de la galerie des pompes de Saint-Nicolas Supérieur. De toute évidence, leur emplacement est lié aux différentes reprises qui ont affecté cette partie de la mine, notamment au cours du XVII<sup>e</sup> siècle, comme l'atteste une datation au <sup>14</sup>C réalisée sur les fragments de bois qui jonchent le sol des galeries<sup>4</sup>.

Sous la cote + 144, les travaux modernes s'étendent sur la branche principale du filon, inclinée à 20°, au toit de la précédente. Un chantier se développe sur 25 m de largeur, ouvert à l'origine à la pointerolle et repris ultérieurement à la poudre (XVII<sup>e</sup> s.). Il est remblayé en son centre. Le bord sud-est (fig. 11, point [91]) s'enfonce en plan incliné. Il est envahi par des éboulis provenant de la salle supérieure. Cet espace large de 5 à 6 m constituait la voie de circulation principale de ce dépilage.

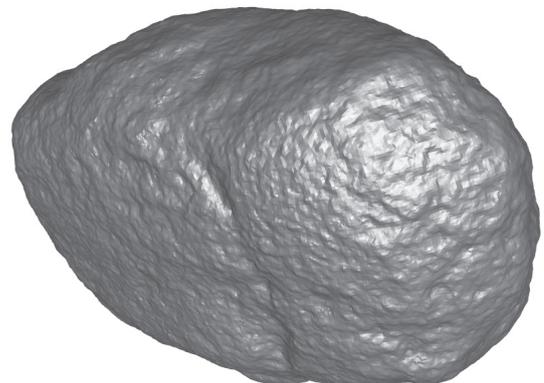


Fig. 10. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne. Maillage au scanner 3D: extrémité distale du percuteur [2016\_GMCL\_01] avec traces de percussion. DAO: M. Caltagirone.

4. C-14 dating Poznań Radiocarbon Laboratory  
 CHLB-2015-4 Poz-74935 255 ± 30 BP  
 CHLB-2015-6 Poz-74936 305 ± 30 BP

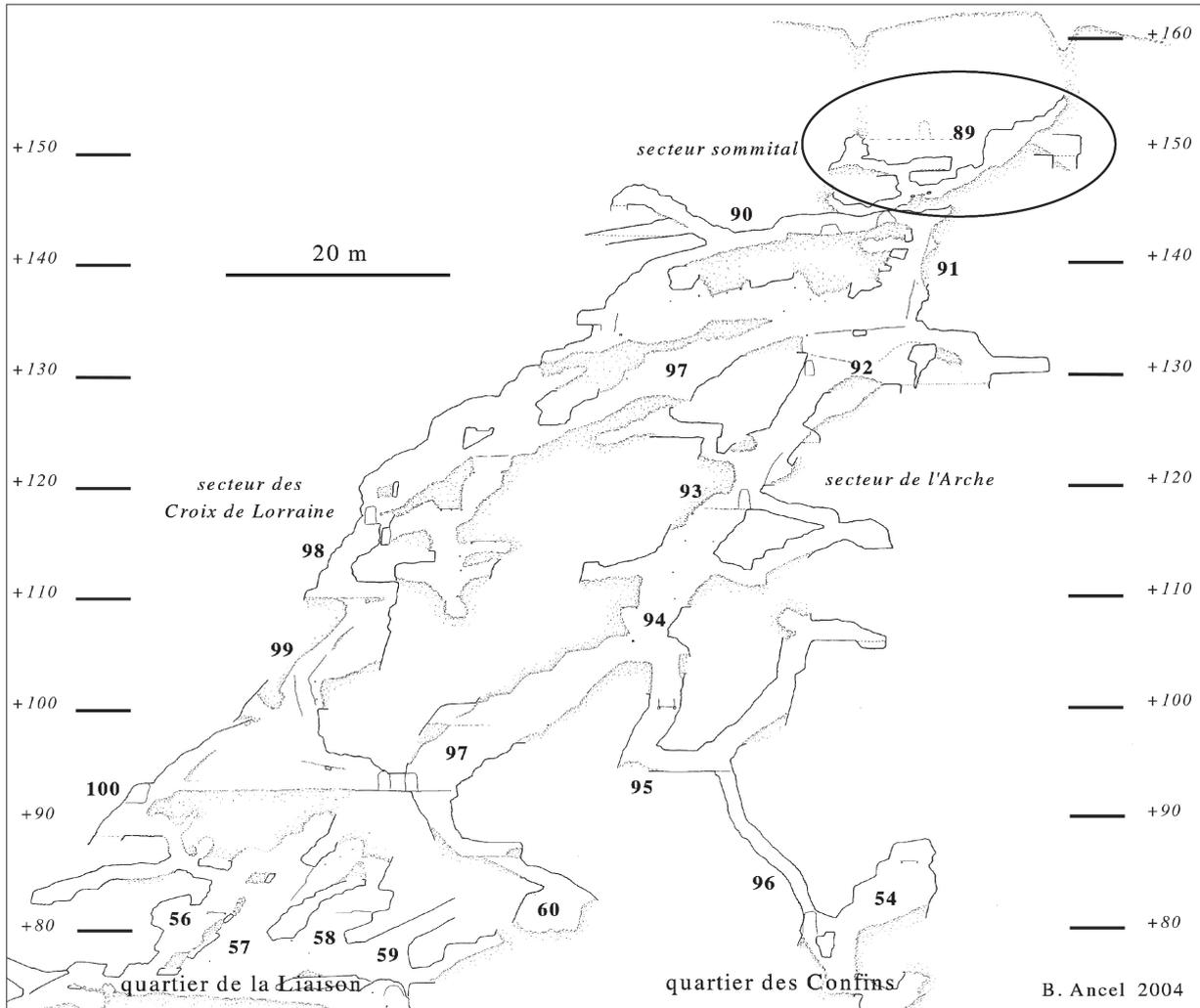


Fig. 11. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne. Coupe à travers le Quartier Saint-Nicolas Supérieur - zone d'exploitation proche de la surface (B. Ancel, 1984). L'emplacement des découvertes est situé au sommet du réseau à proximité de la surface entre les niveaux + 145 m - + 155 m (souligné en ovale).

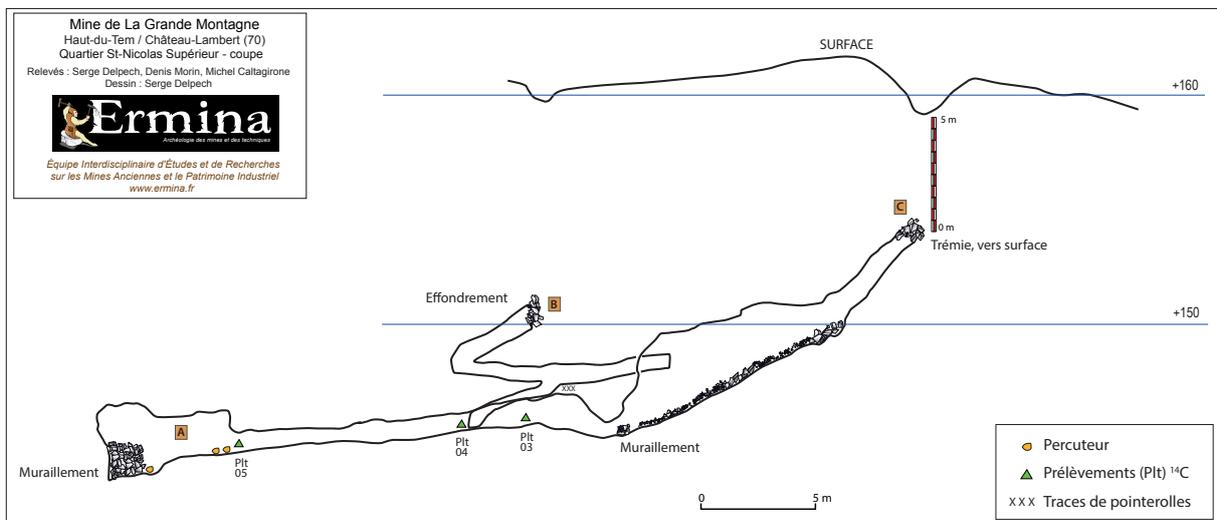


Fig. 12. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur, coupe développée. Détail de la zone d'exploitation proche de la surface où ont été trouvés les outils en pierre. Topographie et dessin : S. Delpech.

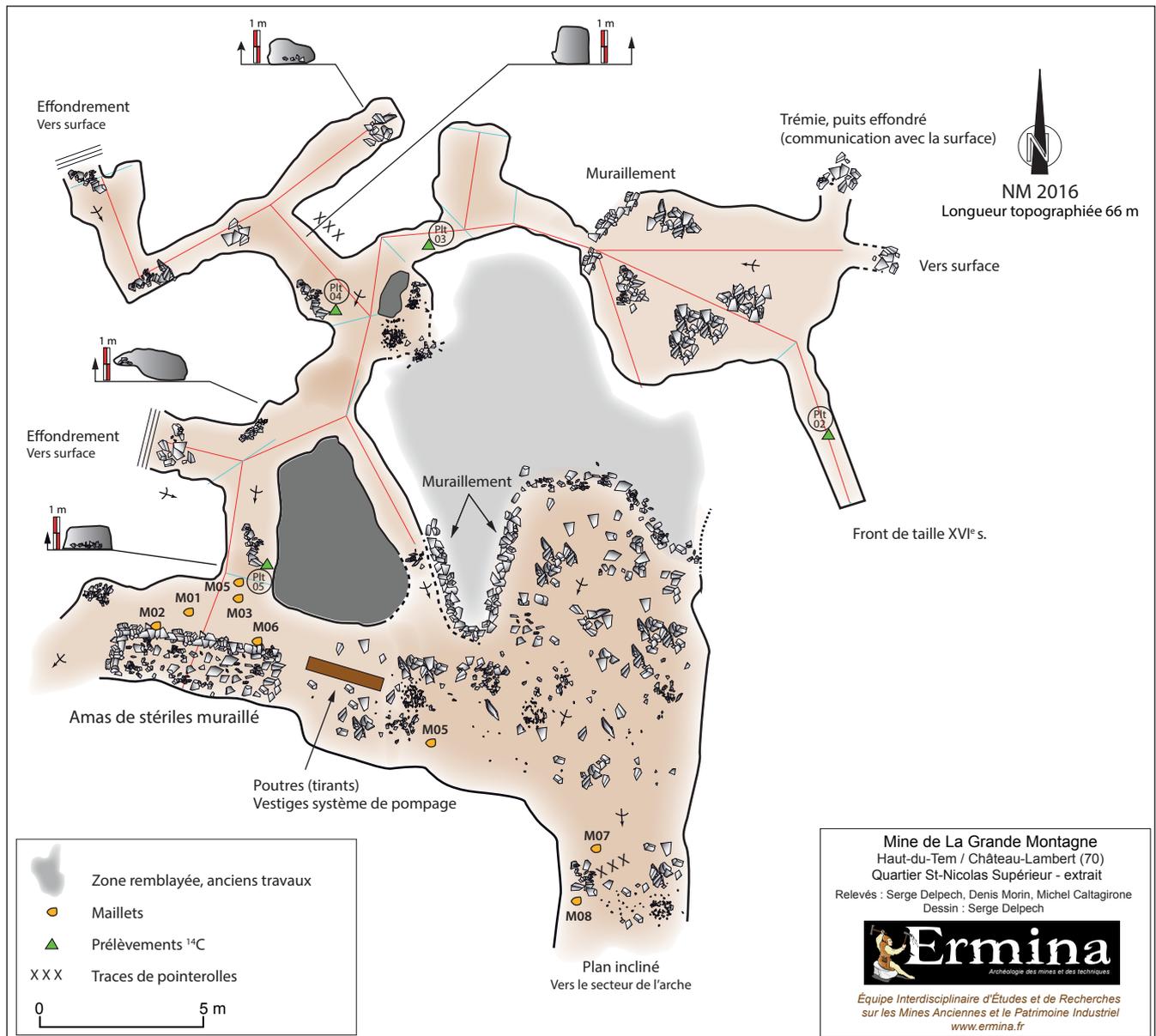


Fig. 13. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur. Plan de détail de la zone d'exploitation proche de la surface et localisation des artefacts (en jaune). Topographie souterraine - report topographique : S. Delpech.

## 7. ATTRIBUTION CHRONOLOGIQUE - DISCUSSION

Des recherches récentes, réalisées à partir de l'exploration souterraine des mines de cuivre modernes, notamment au Royaume-Uni et dans les Alpes, ont permis de découvrir les traces d'exploitations antiques et préhistoriques ; c'est le cas dans les mines de Parys Mountain (Mynydd Parys) à Anglesey, au nord du Pays de Galles (JENKINS, 1995 ; JENKINS, à paraître), à Saint-Véran (BARGE, 2016) ou encore dans les mines du Laurion en Grèce (MORIN, à paraître). Ces découvertes réactualisent d'un point de vue méthodologique les enjeux d'une prospection archéologique privilégiant l'exploration et l'étude des réseaux souterrains encore accessibles des mines modernes et contemporaines. À chaque fois, l'exploration des réseaux souterrains aura permis de redécouvrir les traces d'exploitations anciennes.

D'autres indices d'activité métallurgique protohistorique ont été également mis en évidence à partir de forages dans une

tourbière proche. Une séquence de tourbe a été échantillonnée à proximité des principaux districts miniers des Vosges méridionales. Des compositions isotopiques du plomb et des excès de flux de plomb ont été calculés pour chacune de ces séquences radiocarbones. Les dépôts de la tourbière de Rossely<sup>5</sup>, localisés à 5 km à vol d'oiseau de la mine de la Grande Montagne, ont révélé ainsi une anomalie discrète, mais évidente, datée du Bronze ancien/début du Bronze moyen (FOREL *et alii*, 2010). De 2 000 à 1 500 BC, des anomalies géochimiques significatives avec des flux de Pb excédentaires atteignant 0,2 mg m<sup>-2</sup> y -1 sont notées dans cette séquence du Rossely. Cette variation pourrait être attribuée à une exploitation minière locale. Selon les auteurs, ce scénario est compatible avec les compositions isotopiques du plomb d'un

5. Coordonnées de la tourbière du Grand Rossely: 06° 48'01" E - 47° 49'01" N, altitude 920 m.



Fig. 14. Haut-du-Them/Château-Lambert. Mine de la Grande Montagne, quartier Saint-Nicolas Supérieur. Vestiges d'anciens travaux : zone de défilage avec piliers résiduels. Photographie : D. Morin.

groupe de galène extrait des gisements de minerai proches, qui présentent des rapports  $206\text{Pb} / 207\text{Pb} \sim 1,15-1,16$ . Dans les galeries de la mine de la Grande Montagne, la présence de galène est attestée à différents endroits dans la composition minéralogique des roches. Cette hypothèse pourrait confirmer la présence d'exploitations à l'Âge du Bronze (FOREL *et alii*, 2010) dans le secteur des mines du Mont-de-Vannes, de Plancher-les-Mines et du district Auxelles / Giromagny / Lepuix-Gy.

Dans le nord du massif vosgien, des prospections récentes tendent à prouver l'existence d'exploitations minières protohistoriques. La mise au jour, au cours de travaux forestiers, de fragments de céramiques datés de la fin de l'Âge du Bronze et du début de l'Âge du Fer (Hallstatt C) dans la région du Warndt lorrain, au niveau des haldes des mines de cuivre de la Grande et de la Petite Saule à Falck (Moselle), réactualise cette problématique<sup>6</sup>.

Dans les Vosges du Sud, la découverte de perceurs en roches métamorphiques à l'intérieur des travaux les plus anciens de la mine de la Grande Montagne à Château-Lambert constitue la preuve d'une exploitation antérieure à l'usage de la pointerolle, qui s'est généralisée aux époques médiévales et modernes. Pour autant, nous ne disposons pas encore de données chronologiques sur la zone étudiée; le mobilier qui a été récolté dans les éboulis n'a pu bénéficier d'un diagnostic approprié au regard des bouleversements et des remaniements qui ont affecté les lieux à l'époque

moderne. Outre les arguments tracéologiques et morphologiques, le contexte dans lequel cet ensemble a été recueilli permet de confirmer l'utilisation de ces outils dans les processus d'extraction du minerai de cuivre (fig. 14) par percussion directe (BREGLIA *et alii*, 2016; WÄELKENS, 1990).

## CONCLUSION

L'exploitation minière est un processus destructif irréversible. Pour autant, le milieu souterrain est un conservatoire où sont intimement préservées les traces de l'activité minière : traces d'outils liées à l'abattage, traces de suie liées à l'éclairage, traces relatives au cheminement des mineurs et de leurs fardeaux au sol des galeries ou encore traces de vie quotidienne. Ces traces couvrent les parois dans un espace tridimensionnel, au sol, sur les parois comme au toit des ouvrages (MORIN *et alii*, 2013). Marques d'outils, indices de procédés spécifiques ou empreintes fugaces abandonnées sur le sol, ces traces imprimées dans la roche ou les stériles abattus, parfois figées par des néoformations, renferment une somme d'informations relatives aux techniques d'abattage, à la gestuelle ou à la progression des mineurs. Selon l'angle d'observation ou l'intensité de l'éclairage, ces traces sont visibles à l'œil nu. Il en est d'autres, plus ténues, dont la pertinence demande une certaine acuité.

Les déchets de taille qui jonchent le sol des galeries sont eux-mêmes porteurs d'informations souvent inédites sur les techniques d'abattage utilisées. L'identification de ces traces, leur analyse, l'élaboration d'hypothèses et la recherche d'indices et de preuves, sont ici au cœur de l'investigation archéologique. Nombre d'entre

6. Prospections de surface en cours réalisées par les membres de l'équipe ERMINA. Publication en cours.

elles ont été pour partie effacées, détruites par les travaux récents ; c'est le cas lorsque les exploitations modernes à la poudre ont élargi les galeries et foudroyé certaines zones excavées. Pourtant les vestiges d'exploitations anciennes restent encore nombreux et identifiables (MORIN, à paraître).

Avant l'utilisation généralisée de l'explosif, d'autres techniques d'abattage se sont développées dans le contexte géologique de roches dures :

- abattage au rocher avec un percuteur en roche (percussion lancée) ;
- abattage au pic et au coin en utilisant le bois dur ou un andouiller à partir des joints de faiblesse de la roche (percussion posée ; levier de force) ;
- abattage au feu.

Chaque procédé a laissé ses empreintes, sa signature ; selon les types de percussions utilisées : percussion lancée et percussion posée, le paysage souterrain en sera plus ou moins modifié.

Il existe aujourd'hui, en Europe occidentale, des mines de minerais cuivreux plus ou moins bien conservées pour les périodes préhistoriques. Datés du 5<sup>e</sup> au 1<sup>er</sup> millénaire BC, la plupart de ces gîtes ont fait l'objet de recherches ou d'exploitations systématiques ultérieures, ce qui a conduit à recouvrir ou à détruire les vestiges antérieurs. Pour autant, une exploration minutieuse des réseaux souterrains historiques permet de retrouver des indices et des traces suffisamment probants pour confirmer leur ancienneté protohistorique.

La nécessité de croiser les sources d'informations, comme l'enregistrement des traces de paléo-pollution dans la tourbière de Rossely, permet de fournir des indices forts et calés dans le

temps ; ces indices n'interdisent néanmoins pas de penser que d'autres phases d'exploitation, antérieures ou postérieures, aient pu exister. Ces découvertes permettent d'affirmer que l'exploitation de certaines mines de cuivre pendant la Protohistoire est une réalité démontrable. Les mineurs de l'Âge du Bronze connaissaient parfaitement les principaux gisements de cuivre, qu'ils ont commencé à exploiter à ciel ouvert à l'affleurement, puis en souterrain (MORIN, TIZZONI, 2009) y compris dans des zones montagneuses souvent difficiles d'accès.

La découverte de ces outils apporte de nouvelles connaissances sur les premières exploitations minières métalliques dans le Nord-Est de la France durant la Protohistoire. Elle pose aussi de nouveaux jalons pour une approche méthodologique multi-scalaire des premières exploitations métalliques en Europe (5<sup>e</sup> au 1<sup>er</sup> millénaire BC).

#### Remerciements

Les recherches ont bénéficié du soutien du Service régional de l'Archéologie/Direction régionale des Affaires culturelles de Bourgogne - Franche-Comté au titre du programme national P.25. Elles ont été menées dans le cadre d'un programme de recherche intitulé *Ressources minérales et territoires de la Préhistoire au Moyen Âge* (EA 1132) avec l'appui de l'Université de Lorraine et de la Métropole du Grand Nancy.

Nous remercions les membres de l'*Équipe interdisciplinaire d'Études et de Recherches archéologiques sur les Mines anciennes et le patrimoine industriel* (ERMINA), en particulier Jacques Klosset, Catherine Lavier, Monique Bôle et Michel Cottet.

## BIBLIOGRAPHIE

### Sources/Archives départementales du Doubs

(ADD) 1B 583 folio 209 : «Visite de la montagne de Château-Lambert ensemble des engins, ouvrages, bâtiments et autres parties servant à la direction de mines selon qu'elle estoit au mois de mars 1648».

(ADD) 4U 24/104 : DURUY M., 1938, *Demande en permis d'exploitation des mines de molybdène et métaux connexes dans la région du Thillot – Château-Lambert. Société des mines de Faucogney et M. Galniche pétitionnaires*. Rapport de l'Ingénieur en chef des Mines (inédit). Nancy, 21 p.

### Bibliographie

ANCEL B., 2004, *Relevés topographiques et archéologiques des mines de cuivre et molybdène de Château-Lambert (Haute-Saône)*, Document final de synthèse (inédit) - juillet 2004, 57 p., plans et annexes.

BARGE H., 2016, *La mine de cuivre de Saint-Véran (Hautes-Alpes, France) : exploitation et métallurgie de l'Âge du Bronze et au XX<sup>e</sup> siècle : recherches sur l'exploitation du cuivre dans le Sud-Est de la France (1995-2015)*, DVD éd. Actilia-Multimédia ; ISBN 978-2-915097-33-7.

BREGLIA F., CARICOLA I., LARocca F., 2016, «Macrolithic tools for mining and primary processing of metal ores from the site of Grotta della Monaca (Calabria, Italy)», *Journal of Lithic Studies*, vol. 3, 20 p. URL : <http://journals.ed.ac.uk/lithicstudies>.

CAILLEUX A., 1951, «Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paleoklimatologie», *Geologische Rundschau*, 40, p. 5-13.

FLUCK P., WEIL R., 1975, *Géologie des gîtes minéraux des Vosges et des régions limitrophes (Vosges s.s., Fossé rhénan, Lorraine)*, Paris, éd. du BRGM, 190 p. (*Mémoires du BRGM*, 87).

FOREL B., MONNA F., PETIT C., BRUGUIER O., LOSNO R., FLUCK P., BEGEOT C., RICHARD H., BICHET V., CHATEAU C., 2010, «Historical mining and smelting in the Vosges Mountains (France) recorded in two ombrotrophic peat bogs», *Journal of Geochemical Exploration*, 107, p. 9-20.

GENSANNE A. de, 1756, «Mémoire sur l'exploitation des mines d'Alsace et du Comté de Bourgogne», in : GOBET N., 1903, *Les anciens minéralogistes du Royaume de France*, Montbéliard. Reprint de l'éd. de 1779.

GRANDEMANGE J., 1978, «Cuivre-molybdène du district de Château-Lambert», *Minéraux et Fossiles*, 43/44, p. 71-83.

JENKINS D.A., 1995, «Mydnydd Parys copper mines, Anglesey, Wales», *Archaeology in Wales*, 35, p. 35-37.

JENKINS D.A., à paraître, «Some preliminary observations on stone hammers from Mydnydd Parys copper mines, Anglesey, Wales», *Archaeology in Wales*.

KARPINSKY R.W., 1931, *Contribution à l'étude métallogénique des Vosges méridionales : vallées du Rabin, de l'Oignon, du Breuchin, du Raddon*, Nancy, Soc. d'Impressions typographiques, viii-142 p.

LAMBERT G., LAVIER C., 1991, «Étude dendrochronologique d'outils en orme des mines de Château-Lambert (70)», in : C.U.E.R. éd., *Les Vosges comtoises : cantons de Faucogney, Melisey et Champagny : étude d'un pays comtois*, Besançon, Centre universitaire d'Études régionales, p. 301-306 (*Publ. du C.U.E.R.*, 8).

LAVIER C., LAMBERT G., 1996, «Dendrochronologie et mines : l'exemple de Château-Lambert, commune le Haut-du-Them

- (70)», in: *L'eau et la mine, avec un complément au catalogue des espèces minérales*, Strasbourg, Féd. Patrimoine minier, p. 120-125 (Pierres et Terre, 36).
- LOUGNON J., 1985, *Contribution à la connaissance de la géologie de la région Vosges-Alsace-Moselle après 14 années de prospection de la part du BRGM*, Rapport BRGM (inédit), 85 DAM 038 004.
- MORIN D., 2008, *Projet International de Coopération Scientifique PICS CNRS, Annual reports*. Inédit
- MORIN D., à paraître, «Early silver mining technologies under Velatouri Mount: hand picking and firesetting technologies: a comprehensive approach between traces and technogenesis», *Thorikos 1963-2013, 50 Years of Belgian Excavations: evaluation and perspectives, Babesh Supplements*, Leuven, Peeters Publishers.
- MORIN D., BOHLY B., 1998, «Exhaure et traitement du minerai de cuivre à Château-Lambert: l'hydraulique associée à la mine», in: BECK P. dir., *L'innovation technique au Moyen Âge, Actes du VI<sup>e</sup> congrès international d'archéologie médiévale, 1-5 oct. 1996, Dijon, Mont-Beuvray, Le Creusot, Montbard*, Paris, éd. Errance, p. 114-117.
- MORIN D., BOHLY B., 2004 «Les mines de plomb argentifère du mont de Vannes (Saint-Barthélémy, Haute-Saône): de l'exploitation médiévale à la reprise de la Renaissance», in: DELSALLE P., DELOBETTE L. éd., *La Franche-Comté à la charnière du Moyen Âge et de la Renaissance, 1450-1550, Actes du colloque de Besançon, 10-11 oct. 2002*, Besançon, PUFC, p. 357-372 (*Annales litt. de l'Univ. de Franche-Comté*, 759 - *Cahiers d'Études comtoises et jurassiennes*, 67).
- MORIN D., DELPECH S., 2017, *Thorikos - Laurion Mining District (Greece) Mine N° 3: underground mining exploration and survey of the Theater Mine - Thorikos - Greece. Underground Mining Exploration and Survey report*, 12 p. Inédit.
- MORIN D., MORIN-HAMON H. et alii, 1994, *Les mines polymétalliques et de fer sédimentaire de Franche-Comté: opération de prospection thématique des sites extractifs de Franche-Comté: mines polymétalliques et mines de fer*, Conseil supérieur de la Recherche archéologique (CSRA) et du CNRS, Opération triennale, Programme H-03 «Mines et Métallurgie dans la France de l'Est de l'Antiquité à l'Époque moderne», DRAC-SRA de Franche-Comté. Document final de Synthèse inédit, 3 vol., 300 p.
- MORIN D., PY M., 1984, *Étude d'un complexe minier du XVI<sup>e</sup> siècle: le Mont-de-Vannes (Saint-Barthélémy - 70)*, Fouille de sauvetage d'un travers-bancs d'exhaure du XVI<sup>e</sup> siècle, fouilles et prospections programmées du Conseil supérieur de la Recherche archéologique (CSRA) et du CNRS, Programme H-27 «Mines et Minières de Franche-Comté de l'Antiquité à l'Époque moderne», DRAC-SRA de Franche-Comté, Document final de Synthèse, 40 p., plans et annexes.
- MORIN D., TIZZONI M., 2009, «Aux origines des techniques minières dans le massif alpin: l'exploitation d'un gisement filonien au Premier âge du Fer: les mines protohistoriques de Silter Di Campolungo et de Baita Cludona Di Fondo (Val Camonica – Alpes Lombardes – Italie)», *Bull. de la Société préhistorique française*, 106, n° 1, 32 p.
- MORIN D., ROSENTHAL P., HERBACH R., JACQUEMOT D., 2013, «Les techniques minières de l'Antiquité grecque: approche tracéologique: les mines du Laurion (Grèce)», in: JANOT F., GIULIATO G., MORIN D. dir., *Indices et traces: la mémoire des gestes, Actes du colloque international, 16-18 juin 2011*, Nancy, Presses univ. de Nancy, p. 157-169.
- PICKIN J., 1990, «Stone tools and early metal mining in England and Wales», in: CREW P., CREW S. éd., *Early Mining in the British Isles, Proceedings of the Early Mining Workshop at Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre, 17-19 Nov. 1989*, Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre, p. 39-42 (*Plas Tan y Bwlch Occasional Paper*, 1).
- PY M., 1990, «Fouille d'un travers-banc du XVI<sup>e</sup> siècle à Saint-Barthélémy (Haute-Saône)», in: JACOB J.-P., MANGIN M. dir., *De la mine à la forge en Franche-Comté des origines au XIX<sup>e</sup> siècle: approche archéologique et historique*, Paris, Les Belles Lettres, p. 159-188, 11 fig. (*Annales litt. de l'Univ. de Besançon*, 410 - *Série Archéologie*, 37)
- RISCH R., 1995, *Recursos naturales y sistemas de produccion en el Sudeste de la Peninsula Iberica entre 3000 y 1000 ANE*, Thèse de doctorat, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 794 p. <<http://hdl.handle.net/10803/5524>>
- SAINFELD P., 1956, *Note sur le molybdène dans les Vosges, 13 juillet 1956*, Rapport BRGM A 991, inédit.
- SAINFELD P., 1963, *Reconnaissance du secteur à molybdène du massif du ballon d'Alsace, 29-12-1956*, Rapport BRGM A 1063, inédit.
- THIEBAUT L., 1913, «Note sur les gisements miniers de Château-Lambert et du Thillot», *Bull. de la Soc. d'Histoire naturelle d'Autun*, p. 148-153.
- TIMBERLAKE S., 1990, «Excavations at Parys Mountain and Nantyreira», in: CREW P., CREW S. éd., *Early Mining in the British Isles, Proceedings of the Early Mining Workshop at Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre, 17-19 Nov. 1989*, Plas Tan y Bwlch, Snowdonia National Park Study Centre, p. 15-21 (*Plas Tan y Bwlch Occasional Paper*, 1).
- TIMBERLAKE S., 2013, «The prospection and extraction of copper ores during the British Bronze Age: archaeological, geological and metallurgical considerations», in: JANOT F., GIULIATO G., MORIN D. dir., *Indices et traces: la mémoire des gestes, Actes du colloque international, 16-18 juin 2011*, Nancy, Presses univ. de Nancy, p. 105-146.
- TIMBERLAKE S., CRADDOCK B., 2013, «Prehistoric metal mining in Britain: the study of cobble stone mining tools based on artefact study, ethnography and experimentation», *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, 45, n° 1, p. 33-59.
- WÆLKENS M., 1990, «Tool marks and mining techniques in Mine Nr 3», in: MUSSCHE H.F., BINGEN J., JONES J.E., WÆLKENS M. éd., *Thorikos, IX, 1977/1982: rapport préliminaire sur les 13<sup>ème</sup>, 14<sup>ème</sup>, 15<sup>ème</sup> et 16<sup>ème</sup> campagnes des fouilles*, Ghent, p. 114-143.