

Une production d'argent sur l'oppidum de Bibracte

De la mine à la monnaie

Béatrice Cauuet, Katherine Gruel,
Calin Gabriel Tamas, Stanislas Sizaret, Éric Marcoux

Introduction

Des informations acquises ces dernières années ont attesté de la présence de minéralisations argentifères sur le Mont-Beuvray. Elles ont permis de s'interroger sur les débouchés potentiels d'une production d'argent avérée sur le territoire éduen et en particulier à l'emplacement de l'oppidum de Bibracte (Cauuet, Tamas *et al.* 2016, 2017 et 2018). L'étude des monnayages éduens et la découverte d'au moins deux coins monétaires sur le site ont montré qu'un atelier monétaire a dû fonctionner et des monnaies vraisemblablement produites sur le site même de Bibracte dont des deniers d'argent (Gruel, Popovitch 2007, 25). Dans cette optique, une étude archéométrique en traçabilité du métal a été lancée pour comparer les compositions isotopiques du plomb de plusieurs échantillons de minerai du Mont-Beuvray et celles d'un lot de monnaies gauloises en argent découvertes sur différents chantiers de fouilles de l'oppidum.

Des minières sur le Mont-Beuvray

Dans le sud du Morvan (nord-est du Massif Central), la masse du Mont-Beuvray se dresse comme une montagne d'altitude moyenne, atteignant 809 m. Ce massif ancien, d'origine hercynienne, présente une surface arasée qui a favorisé l'installation de l'oppidum de Bibracte, la capitale des Éduens. Dans son sous-sol à dominante gneissique, rhyolitique et pour partie micro-granitique, des bancs de rhyolite parcourus de petites veines de quartz minéralisées affleurent (Chantraine *et al.* 2003). Ce socle ancien présente en différents points du massif d'anciennes excavations, exploitées en tranchées, a priori, minières en raison de leur topographie caractéristique : des excavations longues et étroites, parfois encore bordées de déblais (fig. 1).

À la suite des prospections menées par J.-P. Guillaumet (Guillaumet 2001, 35-37) sur le mont Beuvray, près d'une dizaine de longues tranchées, très comblées, ont été repérées sur l'ensemble du massif. Certains de ces ravins se trouvent inclus

dans l'enceinte de l'oppidum. Ils avaient déjà été remarqués par J.-G. Bulliot (Bulliot 1899), notamment près de la Côme Chaudron, sans que leur véritable nature n'ait été bien cernée. Taillées dans un substrat peu propice à l'extraction de la pierre, un gneiss altéré lardé de bancs de rhyolite, elles pouvaient par contre correspondre à d'anciennes minières.

Une tranchée minière à la Pâturage des Grangerands

Afin de vérifier si ces tranchées localisées au sein de l'oppidum de Bibracte correspondaient bien à des ouvrages creusés et très colmatés au relief peu marqué, le versant situé au sud-est de la Côme Chaudron a fait l'objet d'une fouille programmée à partir de 2005. Le vallon situé au lieu-dit la Pâturage des Grangerands, à quelques mètres en contrebas du quartier artisanal de la Côme Chaudron, était marqué de trois creusements artificiels, ouverts dans le sens de la pente. Le creusement situé du côté de la Porte du Rebout a été choisi pour implanter une fouille partielle de cette excavation (fig. 1).

En cinq campagnes de fouille (2005-2008 et 2010), la surface totale dégagée a couvert près de 600 m² (18,30 x 32,40 m) et a révélé une longue exploitation creusée dans la pente du versant (Cauuet *et al.* 2005 à 2008, Cauuet, Tamas 2020). Une grande coupe stratigraphique taillée en gradins a été dressée, côté amont du versant, à 4 m en arrière d'une tranchée exploratoire menée en 2002 pour permettre de rencontrer des terrains stables encore en place. Ouverte dans la largeur de la dépression, la fouille a pu s'enfoncer profondément dans le sol et révéler un remplissage anthropique, riche en rejets de mobilier antique, notamment en rejets métalliques issus des ateliers de bronziers et de forgerons localisés en haut de la pente. La fouille partielle de la tranchée a été conduite sur plus de 30 m de longueur et jusqu'au substrat rocheux, atteignant 8 m de profondeur dans la partie centrale de la minière (fig. 2).

À l'ouverture, la tranchée est large de 11,25 m, plus bas sa largeur se resserre à 6,25 m et l'ouvrage se réduit à 4,12 m au fond et à 8 m de profondeur totale. La fouille a permis de dégager au final un front de taille inférieur compartimenté, avec côté amont,

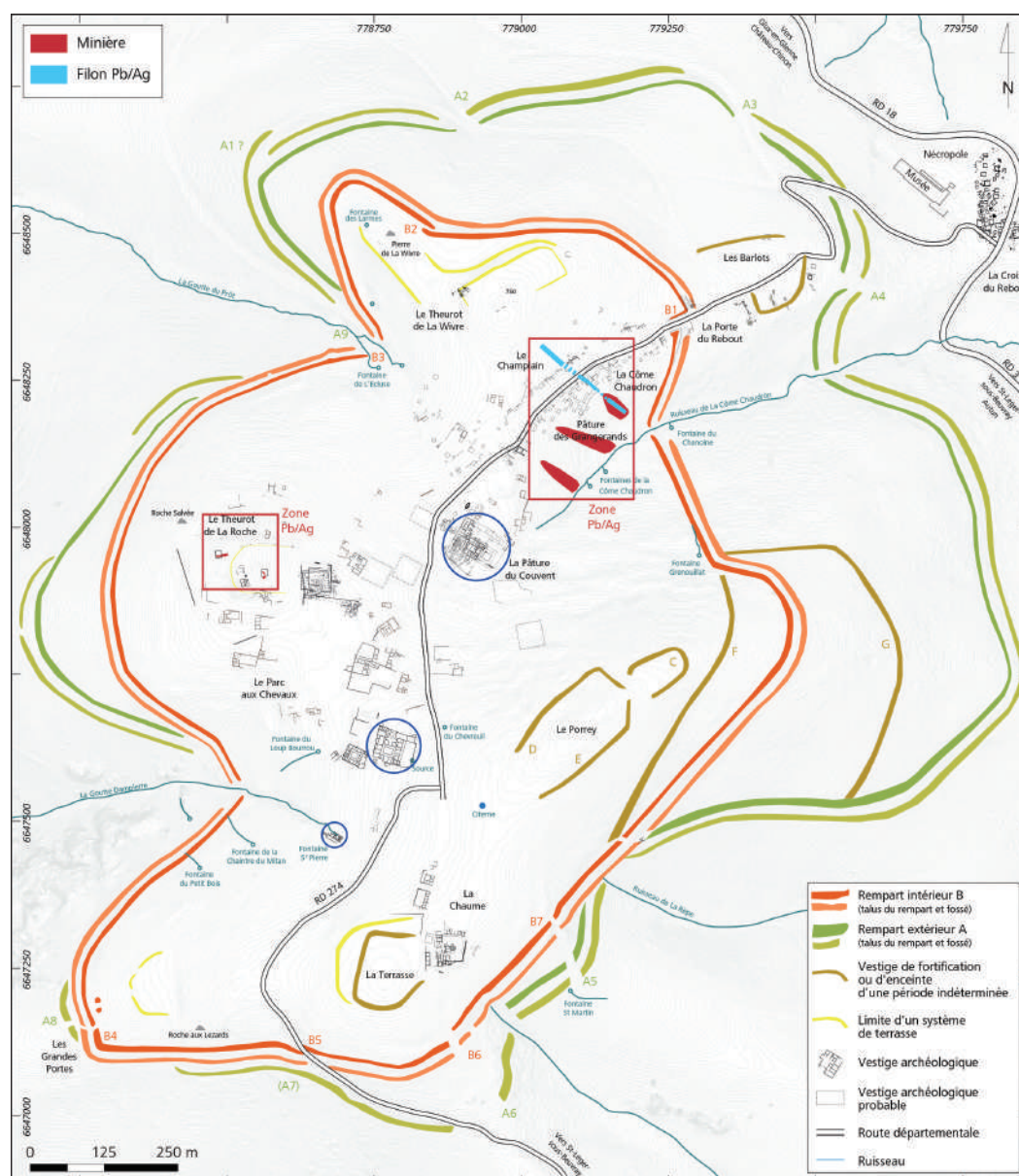


Fig. 1. BibRACTE, Mont-Beuvray. Localisation des minières (zones à Pb/Ag) et des lieux de provenance des deniers sélectionnés pour analyses isotopiques du plomb (fond carte oppidum BibRACTE tiré du Lidar de BibRACTE ; Cauuet, Tamas 2020).

un petit gradin de 0,80 m de haut, et côté aval, les fonds de deux excavations allongées et parallèles. Celle côté ouest étant plus profonde de 3,50 m par rapport au bas du gradin que l'autre (2,50 m de profondeur), est apparue comme un élargissement et un approfondissement de la première et donc un prolongement plus récent de l'exploitation principale (fig. 3).

L'analyse de l'encaissant, de la rhyolite différemment altérée, a montré que des sulfures, pyrite et chalcopryrite, imprégnaient également cet encaissant. Il apparaît maintenant clairement qu'une minéralisation de type hydrothermal (filons de quartz) s'était mise en place dans un dyke de rhyolite en cours d'altération et d'imprégnation par des sulfures. La position à l'affleurement de cette formation paraît avoir généré, de plus, une altération de type chapeau de fer. Les analyses de roche pratiquées ont révélé une anomalie importante à zinc, à plomb et à argent.

La fouille du comblement de l'excavation a porté sur seulement 18 m de longueur, 7 m de largeur en moyenne et sur 8 m de profondeur maximum. La présence de reliquats de halles côté sud-ouest et côté nord-est, est venue conforter la présence d'une mine tout en posant une question du fait de la rareté des halles (déblais miniers). Il est très probable que les déblais amassés le long des côtés de l'excavation aient été ultérieurement réutilisés et déplacés ailleurs sur l'oppidum. Les halles constituent en effet un matériau idéal pour aménager des terrasses ou faire des comblements divers lors de reconstructions. La tranchée correspond à une mine à ciel ouvert, creusée en gradins dans la pente du versant et qui a décaissé une structure métallifère hydrothermale, de type filonien (quartz), étroite et linéaire. Une fois abandonnée, cette tranchée a été convertie en

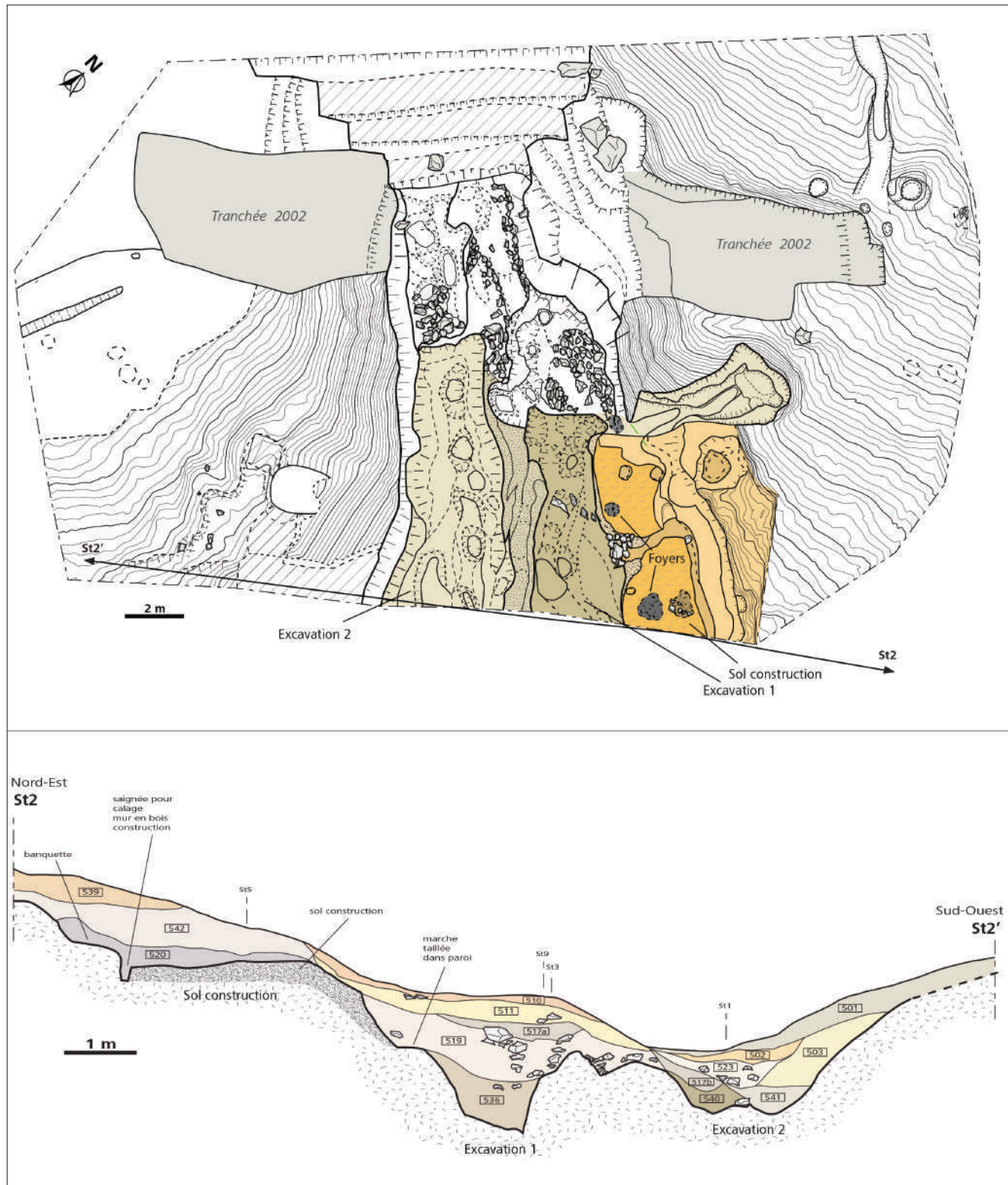


Fig. 2. Plan des fouilles 2010 dans la mine de la Pâturage des Grangerands à Bibracte (Cauuet *et al.* 2010).



Fig. 3. Vue du Sud-Est de la minière à la Pâturage des Grangerands en fin de fouille, Bibracte (Cauuet *et al.* 2010).

fosse/dépotoir et progressivement comblée par les déchets des occupants de l'oppidum de Bibracte.

Sous le niveau du sol forestier, les couches se succèdent avec une alternance de niveaux terreux, caillouteux et de niveaux charbonneux, riches en cendres et en mobilier, rebut des ateliers de la Côte Chaudron. La stratigraphie a révélé un total de 21 couches (UF) dans la partie centrale du comblement. Leur répartition montre une accumulation de remblais issus des curages de sol d'ateliers, du côté nord-est de l'excavation où le rejet des déchets de l'artisanat du bronze (alliages en base cuivre) et du fer s'était fait de manière préférentielle. Le flanc sud-ouest a principalement été alimenté par des remblais issus des bords de la minière et correspondant vraisemblablement au ravinement d'un cavalier de déblais miniers stériles.

Fin de l'activité minière et comblement des travaux

Le fond de l'excavation la plus ancienne apparaît plus de 3 m en contrebas du sol d'une construction en terre et en bois, à usage domestique, installée sur le comblement en cours de cette première excavation abandonnée. Des coupes stratigraphiques dressées dans ces trois structures ont permis d'illustrer la succession des deux excavations, une première excavation, puis un élargissement dans le flanc ouest et approfondissement de la première, et enfin sur le comblement en cours de la première

minière, l'aménagement d'une construction en terre et en bois dont le niveau de sol nous est parvenu sur 26 m².

Cette première excavation a été creusée en saignée étroite, de 1 m à 0,60 m de large, dans le dernier mètre de profondeur. Par sa forme étroite et continue elle a décaissé vraisemblablement un corps de minerai plus linéaire, de type filon. Son comblement comprend principalement deux couches. La plus profonde correspond au démarrage du comblement de la minière, il a livré des mobiliers qui se datent entre -100 et -80 (LT D1) avec des tessons de céramique peinte A et B et des amphores Dressel 1 dont un bord ancien et un tesson d'amphore grecque (identification Sylvie Barrier et Fabienne Olmer). Ce démarrage de la sédimentation de la minière est la date la plus haute observée en cohérence dans une même couche de remblais. On peut en déduire que cette excavation a été exploitée avant -80.

Concernant le mobilier trouvé dans l'approfondissement ouest de la minière, on constate que la fourchette chronologique proposée démarre à la fin de LT D2a et concerne principalement LT D2b, soit entre -80 et -30, le reste du comblement se constituant ensuite de l'époque augustéenne à des époques plus récentes pour les niveaux les plus hauts dans le remplissage de la minière. La dynamique d'exploitation dans la minière paraît se faire d'est en ouest, en ouvrant des tranches de décaissements linéaires, successifs et les uns à côté des autres.

Côté sud-est de la minière, la construction bâtie sur poteaux porteurs en bois a été conservée sur 45 m² (L.: 7 m; l.: 6,5 m) avec un sol bâti sur deux niveaux en matériaux sableux et argileux, compactés ayant conservé deux trous de poteau côté nord-ouest. Il s'appuie et entaille le flanc sud-est de l'excavation la plus ancienne qui était pour partie comblée lors de cette construction. Plusieurs bases de foyers ont été trouvées sur les deux niveaux de sol sans trace d'une activité d'artisanat. Le mobilier trouvé dans les premiers niveaux de comblement détermine une fourchette chronologique démarrant à la fin de LT D2a et concerne principalement LT D2b, soit entre -70 et -30.

L'étude des mobiliers céramiques et des amphores commence à montrer un séquençage chronologique dans le creusement de la minière qui s'est fait en deux temps pour la partie aval dégagée : première phase (Excavation 1 – côté Est) avant -100/-80; deuxième phase (Excavation 2 – côté Ouest) avant -80/-60. Par la suite, et alors que l'Excavation 1 était déjà comblée, installation d'une construction entre -70 et -50 avec un niveau de vie domestique et non artisanale.

Des minières dans le versant Est du Theurot de la Roche

Plusieurs minières comblées, certaines entièrement masquées sous des aménagements urbains postérieurs, entaillent les reliefs du Mont-Beuvray. Lors du programme de fouille conduit au Theurot de la Roche par l'équipe suisse dirigée par T. Luginbühl, une nouvelle minière comblée a été retrouvée en 2014. Cette première fosse, en partie arasée, a été découverte au centre de la structure bâtie PS19, un édifice quadrangulaire, non couvert, partie prenante d'un programme urbain dans cette partie de l'oppidum (Luginbühl *et al.* 2014 et 2015). Suite aux fouilles entreprises de 2015 à 2017 sur ce secteur par notre équipe de Toulouse (laboratoire TRACES), deux petites fosses, partiellement arasées ont été finalement retrouvées sous la construction quadrangulaire située en contrebas du Theurot de la Roche (Cauuet *et al.* 2015 à 2017 et Cauuet, Tamas 2017). Il s'agit de deux fosses-puits, les structures [2396], première fosse fouillée côté nord, et [2474] ouverte à quelques 2 m de la première, côté sud (fig. 4). Cette deuxième fosse, après recoupe et comblement, avait été traversée dans sa partie haute par le mur sud de l'édifice quadrangulaire. Pour en faire la fouille complète, la partie du mur en chevauchement sur la minière a été démontée (fig. 5).

La fosse-puits 2396

La fosse-puits 2396 se présente comme une tranchée orientée nord-ouest/sud-est (2,10 x 6,60 m) et au fond taillée en deux gradins. Elle est terminée à son extrémité nord-ouest par un puits de section quadrangulaire à ovale (1,90 x 2,10 m). La minière étant approfondie d'un côté par un puits, ce type d'ouvrage est appelé fosse-puits. La tranchée constitue une rampe d'accès qui descend par une première petite marche (50 cm x 90 cm, haute de 50 cm), puis par deux larges gradins vers la tête du

puits. Quelques marches s'ouvrent également dans un angle des gradins.

Les deux gradins taillés dans le fond de la tranchée et aménagés en pente douce, l'un (1,50 m x 1,60 m) à 1,30 m de profondeur depuis le bord de la tranchée et l'autre de même dimension à 2,30 m du bord. Le puits a une section de 2 m de largeur à l'ouverture qui se resserre à 0,70 m au fond. Il se termine à 5,80 m de profondeur maximum depuis la surface. La sole du puits est taillée en deux marches, ce qui est le mode d'avancement des mineurs par une ouverture en gradins descendants.

La tranchée ouvrant sur le puits a été taillée en travers-banc et le puits a été ouvert sur une faille et un chevelu de petites fissures, certaines riches en quartz. Le bord sud du puits constitue un miroir de faille, le puits ayant été foncé directement sur la faille et les fissures qui paraissent avoir guidé le creusement. Le puits a été ouvert au toit de la faille directrice. L'ensemble a été creusé dans de la rhyolite massive, au niveau d'un jeu de fissures et de failles visibles dès la surface. Ces structures vraisemblablement minéralisées en sulfures d'argent sont orientées nord-est/sud-ouest, perpendiculairement à la rampe d'accès.

Dans le comblement de la mine, on trouve principalement des fragments d'amphores de type Dressel 1, ainsi que quelques tessons de céramique grise à pâte fine et de pots à pâte micacée, de type Bibracte (P19C) et Besançon (P24b). La stratigraphie révèle un comblement intentionnel et rapide par les haldes (déblais miniers) qui devaient avoir été stockées à proximité du chantier, à l'époque augustéenne, vers la fin du I^{er} s. av. n. è. Ce comblement est intervenu sous Auguste lors du décaissement de la plateforme qui devait recevoir le programme architectural du Theurot, comprenant l'enceinte quadrangulaire. Cette fosse correspond à un travail minier, de type petite exploitation et/ou recherche, arrêté en cours de fonçage. Il reste typique d'un ouvrage gaulois par descente vers le fond, en taille en gradins, qui est comparable aux minières et aux ouvrages souterrains du Limousin (Cauuet 2004).

La fosse-puits 2474

La fosse 2474 est orientée nord-est/sud-ouest, pour une largeur moyenne de 3,50 m et une longueur de 6,50 m. Comme dans la fosse 2396, la fosse 2474 présente une descente en gradin vers un puits, ici situé dans la partie sud-ouest de l'excavation. Un seul gradin a été dégagé côté nord-est, il est apparu à 1,30 m sous le niveau actuel de la plateforme de PS19 et offre des dimensions similaires aux deux gradins supérieurs de la fosse 2396, à savoir 1,40 x 1,50 m. Côté plateforme, ce gradin domine de près de 1,60 m le fond du puits. Le puits est de forme ovale à quadrangulaire et la largeur va en se resserrant vers la profondeur. D'une largeur moyenne de 2 m, il ne fait plus que 1,70 m au fond atteint par la fouille.

Les parois de l'excavation sont assez instables, notamment le parement ouest qui a dû être fortement purgé pour éviter des chutes de blocs. Du fait de l'aspect très fracturé des parois,

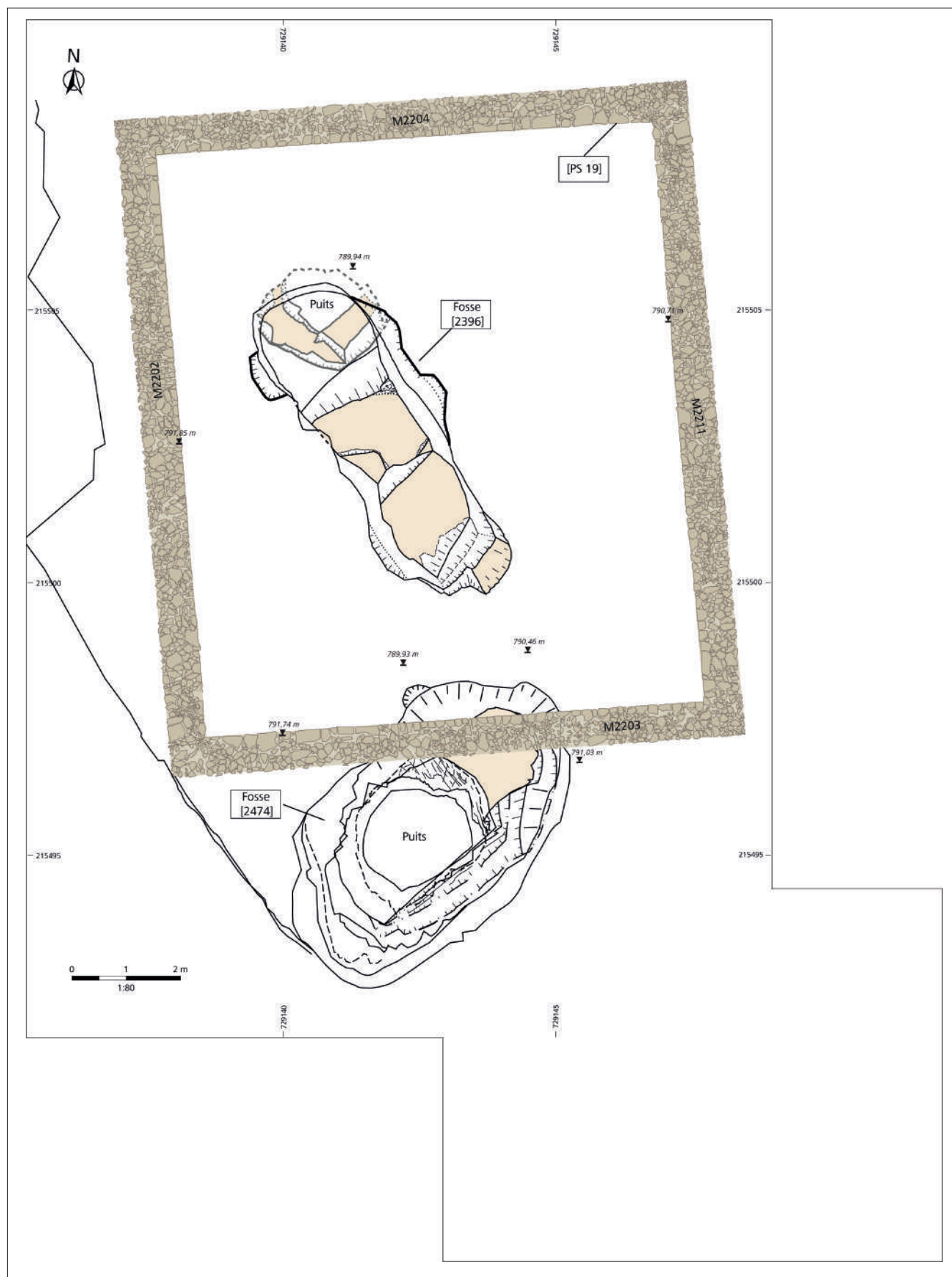


Fig. 4. Plan et vue aérienne des minières du versant Sud du Theuot de la Roche, Bibracte (Cauuet *et al.* 2017).

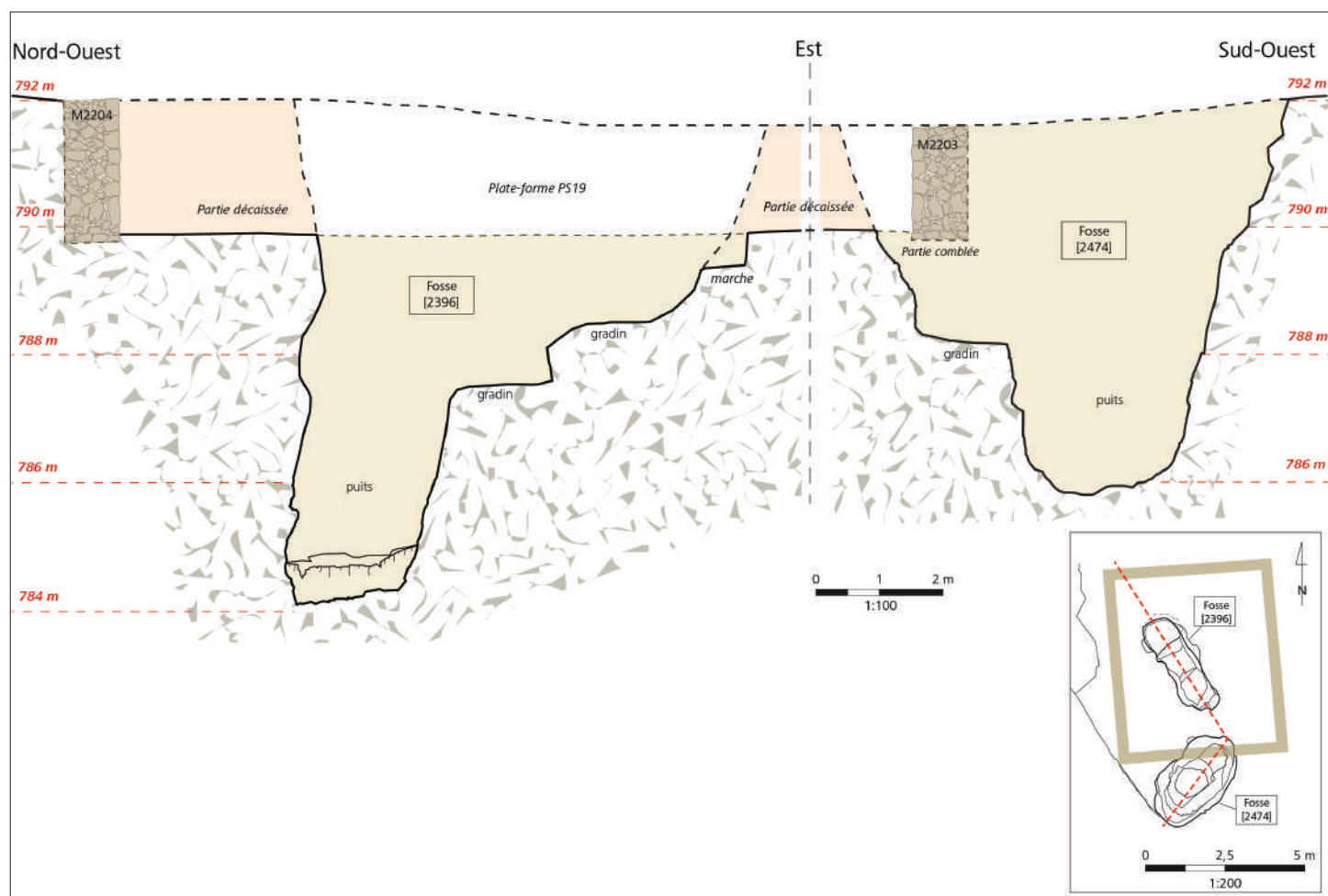


Fig. 5. Vue en coupe des minières du Theurot de la Roche, Bibracte (Cauuet *et al.* 2017).

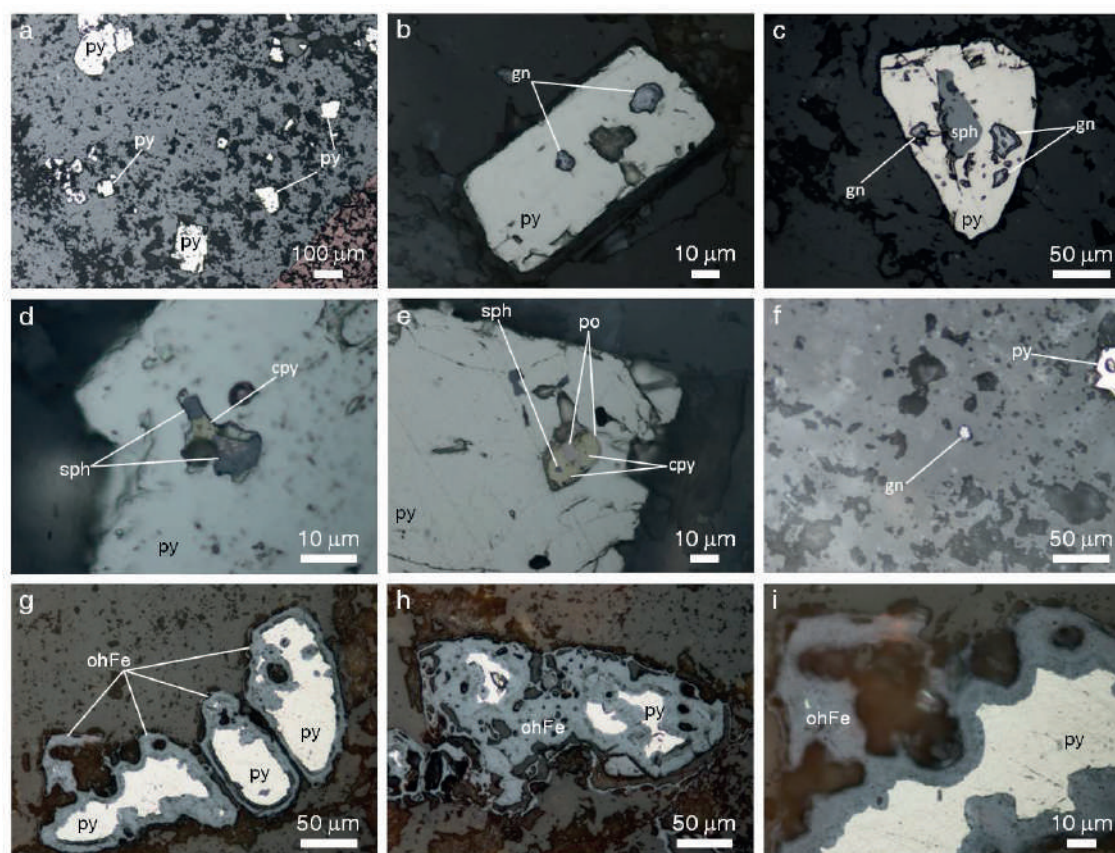
aucune trace d'outil conservée n'a pu être observée. L'ensemble des parements présentent très peu de minéralisations. Ce n'est que lors de l'effondrement provoqué d'un panneau instable d'une partie du parement ouest qu'une zone à stockwerk (type de minéralisation se présentant sous la forme d'un réseau très densifié de petits filons) est apparue permettant d'obtenir là un meilleur échantillonnage du minerai résiduel.

Après l'arasement de la plateforme pour l'installation de PS19, les fosses 2396 et 2474 se sont retrouvées à moins de 2 m de distance l'une de l'autre. Sachant que la partie nord de la fosse 2474 et l'ensemble de la fosse 2396 ont été arasés sur 1,50 à 2 m d'épaisseur dans leurs parties supérieures, on peut se demander si ces deux fosses ouvertes si proches l'une de l'autre ne constituaient pas en fait une même excavation creusée dans deux directions perpendiculaires et terminées chacune par un puits. Compte-tenu des mobiliers rencontrés dans le fond des comblements des deux fosses mitoyennes 2396 et 2474, nous supposons une phase d'activité minière à situer entre la fin du II^e et le début du I^{er} s. av. n. è., bien avant le programme architectural survenu à l'époque d'Auguste.

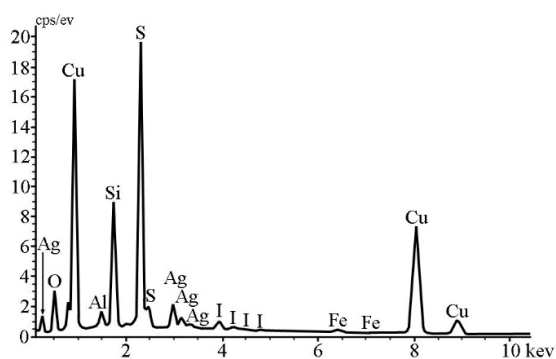
Minéralisation des minières du Theurot de la Roche

Bien que ces deux fosses soient de petit gabarit, elles sont cependant trop profondes et larges pour correspondre à de simples travaux d'explorations minières (recherches sans exploitation). Elles apparaissent plutôt comme des chantiers miniers d'extension limitée ayant permis d'exploiter des petits enrichissements en argent, localisés dans des secteurs de failles croisées. Deux fosses sont donc actuellement connues dans le versant Est du Theurot de la Roche et une troisième a été pour partie reconnue, côté Nord-Ouest, sous le bâtiment PS1 et appelée Structure excavée – n°1060 – 1609 lors des campagnes 2011 et 2012 (Barral, Joly 2011 et Barral, Nouvel 2012).

Le minerai exploité par les Anciens dans les deux excavations minières fouillées côté Est du Theurot de la Roche comprend une association minéralogique composée de pyrite, galène, sphalérite, chalcopryrite, pyrrhotite et au moins deux minéraux d'argent, acanthite et iodargyrite/hessite. La galène de cette association minéralogique possède un évident caractère argentifère avec une teneur de 1500 à 2700 ppm, équivalente à 1,5 à 2,7 kg Ag pour une tonne de galène (fig. 6).

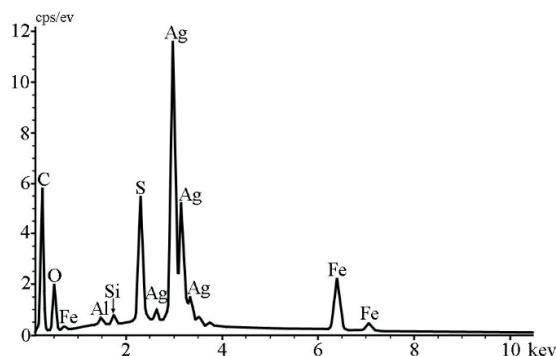


A



a.

B



b.

Fig. 6. Images et spectres MEB sur sections polies des minerais échantillonnés dans les minières du Theurot de la Roche. Les spectres A et B (MEB) indiquent la présence des minerais d'argent (A. Iodargyrite/hessite et B. Acanthite) dans les échantillons de minerais pris dans les minières (Cauuet *et al.* 2017). Légende des abréviations : cpy : chalcocyanite ; gn : galène ; ohFe : oxy/hydroxydes de fer ; py : pyrite ; sph : sphalérite.

La récupération de l'argent contenu dans le minerai exploité dans les deux excavations minières a pu se faire par deux opérations métallurgiques successives après concassage et lavage/concentration. La première devrait être une fusion réductrice du minerai et la production d'un plomb argentifère à partir de la galène argentifère et l'acanthite du minerai. La récupération de l'argent métal a été ensuite conditionnée par une deuxième opération métallurgique, la fusion oxydante du plomb argentifère (coupellation).

Les arasements faits lors des aménagements urbanistiques d'époque augustéenne ont affecté fortement les vestiges miniers et surtout les ateliers minéralurgiques (aires de traitement des minerais) et métallurgiques (production de l'argent), situés généralement aux abords des minières. Ils ont fait disparaître les halles minières, les sols d'ateliers potentiels et les déchets métallurgiques associés.

Chronologie et fin des travaux miniers sur l'oppidum de Bibracte

Les données de terrain et les analyses de laboratoire ont confirmé que les deux fosses du Theurot de la Roche ont suivi une minéralisation d'argent. La position spatiale des deux ouvrages miniers est étroitement liée aux particularités géologiques de cette minéralisation. Les zones exploitées correspondent aux zones d'intersection de trois structures tectoniques, plus précisément, pour la fosse 2396 le développement majeur de l'exploitation minière s'est concentré dans la zone d'intersection de ces structures située aux toits de chaque structure tectonique. Par ailleurs, un échantillon provenant de la Côte Chaudron, côté Est de l'oppidum et confié par Gilles Ham a révélé à l'analyse la présence importante de l'argent (échantillon n°4925 à 1,24 g/t Ag), ce qui indique une forte anomalie en argent également dans ce périmètre du Mont-Beuvray.

Les minéraux porteurs de l'argent sont la galène argentifère et l'acanthite. Ils sont associés à la pyrite qui représente le minéral métallique le plus fréquent. La présence dans le minerai de l'arsénopyrite, la bismuthinite, la scheelite, la molybdénite (MoS_2) et la chalcopryrite est confirmée par des analyses au microscope électronique, ainsi que la présence systématique de l'étain validée par des analyses de teneurs. Cette composition indique une minéralisation argentifère de type hydrothermale à haute température avec des traces d'or, de cuivre, d'étain, de plomb et de bismuth.

Les travaux miniers représentés par les fosses-puits 2396 et 2474 sont bien évidemment antérieurs aux aménagements urbains qui ont vu le creusement de la plateforme PS19, bien que la fin du comblement rapide de ces fosses se date de cette période augustéenne. L'activité minière du Theurot doit se caler entre la fin du II^e et le début du I^{er} s. av. n. è. compte tenu des observations faites sur les mobiliers céramiques, plus nombreux, trouvés en 2016 dans le fond du comblement de la fosse Sud 2474. De cela, il ressort une séquence d'occupation du versant Est du Theurot en quatre temps :

1. Entre la fin du II^e et le début du I^{er} s. av. n. è., première occupation sur le versant Est par une activité minière pour l'argent et sans doute de l'ensemble du plateau du Theurot de la Roche où d'autres structures excavées découvertes antérieurement seraient à réétudier et à requalifier en travaux miniers. Ces travaux miniers ont pris la forme de tranchées et de fosses-puits pour exploiter des petits corps de minerai (stockwerk, brèches) argentifères, sans doute peu développés en volume, mais porteurs de teneurs. Ils ont produit des ouvrages miniers trop importants en taille (6 m et plus de profondeur) pour être encore considérés comme de simples travaux de recherche minière.
2. Abandon de ces travaux miniers après épuisement des poches de minerai au début du I^{er} s. av. n. è. et début d'un comblement occasionnel entre -90 et -50.
3. Vers -30 (époque augustéenne), arasement sur près de 2 m de profondeur de la partie centrale du versant pour l'aménagement de la plateforme PS19 et comblement rapide de l'essentiel des fosses-puits Nord 2396 et Sud 2474 avec les matériaux rocheux produits.
4. À l'époque augustéenne, édification du quadrilatère et du mur (M2203) sur le dessus du comblement de la fosse-puits Sud 2474, puis dépôt de comblements de type domestique, riche en mobilier, à l'arrière de ce mur.

De l'existence d'un atelier monétaire à Bibracte

L'oppidum de Bibracte est connu pour ses quartiers artisanaux. Le témoignage du travail des forgerons, des émailleurs, des bronziers, retrouvé au cours des fouilles montre à la fois leur maîtrise technique, l'usage précoce de certaines techniques comme celle du laiton. Si des ateliers métallurgiques ont bien été mis en évidence, en revanche, aucune structure liée à la fabrication monétaire n'a été identifiée, il est d'ailleurs probable qu'elles étaient intégrées aux ateliers de bronziers. Une partie des outils utilisés dans ces ateliers (pinces, balance, creusets, maîtrise de la cire perdue...) sont les mêmes que pour la fabrication monétaire.

Particularités des deniers d'argent émis à Bibracte

En revanche, des indices particuliers attestent d'émissions monétaires effectuées sur le site. Tout d'abord, plusieurs coins monétaires à la tête casquée des Éduens ont été référencés, provenant des fouilles Bulliot-Déchelette, leur localisation précise sur le site reste inconnue. Le premier est un coin de droit (BA 2155) à la tête casquée à droite, visière longue, X pointé derrière la nuque (catalogue Bib 16,02, LT5252) (fig. 7C), le second (MAN 24196,14) est à l'origine de l'autre classe des deniers éduens à tête casquée à petite visière et sans hampe sortant du poitrail du cheval (catalogue Bib 16,1, LT5138) (Gruel, Popovitch 2007, 25 et 162-163). Un troisième coin a été trouvé mais il est trop abîmé pour être identifié.

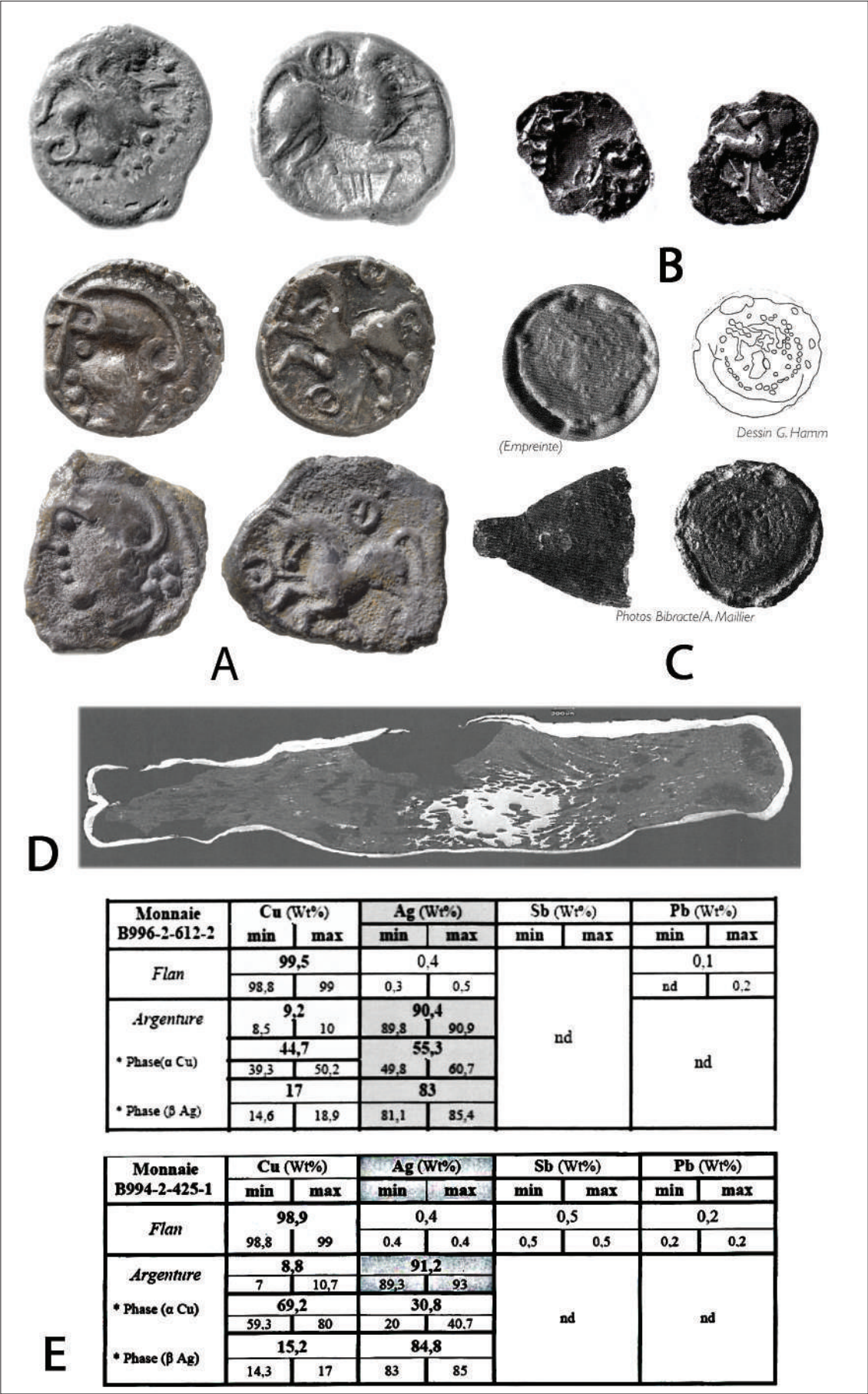


Fig. 7. Atelier monétaire de Bibracte : A. Deniers d'argent Éduens de Bibracte à la lyre et à la tête casquée ; B. Monnaie fourrée ; C. Coin de droit trouvé à Bibracte (BA 2155, série16,02). D. Coupe d'un denier éduen (996-2612-2) avec noyau de cuivre et couverture d'argent ; E. Analyses de deniers fourrés par spectrométrie de dispersion d'énergie des rayons X couplée à un MEB (EDS-MEB). (Carole Fraresso. In : Gruel *et al.* 2011).

Ces deniers en argent éduens à tête casquée (fig. 7A) sont les plus nombreux à avoir été découverts à Bibracte. Ils présentent plusieurs liaisons de coins entre les pièces, au droit comme au revers, ce qui reste assez rare en dehors des trésors (Gruel, Popovitch 2007, 29, série 16). Ceci est souvent le signe d'une faible dispersion des pièces après la fabrication. La série 16,01 compte 67 monnaies identifiées dans les fouilles, contre 71 pour la classe 16,02 et 8 pour la 16,04 (variante à visière triple de la 16,01). Les deux autres classes ne sont connues sur le site qu'à quelques unités. On a encore du mal à préciser la date des premières émissions de ces deniers gaulois à tête casquée, malgré leur présence dans des niveaux La Tène D1b de Bibracte. Leur frappe se poursuit jusqu'à la guerre des Gaules. Leur circulation abondante perdure jusqu'à la fin de La Tène D2b.

Les deniers éduens à la lyre (fig. 7A) constituent l'autre série en argent (Gruel, Popovitch 2007, 164, série 17) qui a probablement été aussi frappée à Bibracte. La série à la lyre dressée au revers est connue essentiellement à Bibracte par la classe 17,03 avec une rouelle au-dessus du cheval avec 50 exemplaires. Les classes à l'échassier en croupe (17,02) et à la double esse au-dessus du cheval (17,01) sont attestées que par quelques exemplaires. Cette série à la lyre dressée apparaît dans la circulation dès La Tène D1b. Donc son émission pourrait avoir bénéficié de l'argent des minières du Theurot de la Roche.

Sur ces deux séries en particulier, on a une proportion non négligeable de monnaies fourrées avec une technique très maîtrisée de frappe sur cire enrobant un noyau de cuivre (fig. 7B et 7D). Nous faisons l'hypothèse que cette technique a été utilisée sur place d'une part parce qu'on a identifié deux monnaies fourrées coulées en chapelets et encore soudées l'une à l'autre, d'autre part parce qu'on a trouvé quelques pièces fourrées avec un noyau de fer. L'expérimentation nous a montré que ces noyaux de fer et ceux en bronze ne permettent pas de fixer correctement la pellicule d'argent. Ces monnaies fourrées en fer pourraient être des essais avant la généralisation de l'usage de noyaux de cuivre.

La qualité de l'argent d'une épaisseur constante de 280 microns pourrait être de « l'argent frais ». Il serait donc intéressant de comparer cet argent de surface avec l'argent de minières de Bibracte et des environs. Ceci n'exclut pas des deniers d'argent non fourrés qui semblent eux aussi avoir été fabriqués sur place. On s'interroge régulièrement sur la légitimité de ces pièces fourrées, on les considère souvent comme des fausses monnaies. Mais en fait, quelle différence y a-t-il entre une monnaie alliée de bronze et une monnaie fourrée de même aloi en dehors du procédé de fabrication ? Dans le cas des frappes sur cire, le monnayeur use moins ses coins, il assure une couverture d'argent homogène sans problème de couleur, la corrosion est assez faible tant que la couche de surface n'est pas fendue.

Dernier point, comme sur tous les oppida, on a trouvé à Bibracte des moules à alvéoles autrefois systématiquement associés à la fabrication monétaire en raison du calibrage soigné des alvéoles et des traces des métaux trouvés à l'intérieur. Actuellement, on les considère comme des lingotières pour des alliages dosés, ceux de Bibracte ont des alvéoles carrées qui

excluent leur usage pour couler des flans (Chevalier *et al.* 1993, 75-88). Cependant, interviennent-ils plus tôt dans les opérations métallurgiques, mal connues, peut-être en lien avec la litharge ?

Quantification potentielle de la production d'argent au Theurot

Nos calculs de quantification ont permis de restituer un volume total de 318 t de matériaux extraits dans les deux fosses 2369 et 2474 du versant Est du Theurot de la Roche. Dans le cadre d'une estimation basse des teneurs en argent (à savoir 2,5 g/t minimum), effectuée à partir d'indices résiduels de la minéralisation, par ailleurs totalement exploitée par les Anciens, nous obtenons un poids d'argent minimum produit de près de 800 g. Cela ne permet pas de fabriquer de grands objets en argent, mais fournit de la matière précieuse pour de petits lots de monnaies d'argent.

Des deniers d'argent ont été produits à Bibracte même. Nous prenons comme estimation du poids moyen des deniers d'argent frappés à Bibracte, la valeur de 1,50 g, en fonction des poids des deniers catalogués comme provenant de Bibracte (Gruel, Popovitch 2007, 161-167). Avec 800 g d'argent, il serait possible de frapper au moins 533 deniers en argent pur, ce qui est pratiquement le cas pour une bonne part des deniers éduens (Barrandon, Gruel 2000, 402-408). Sachant que beaucoup des deniers d'argent de Bibracte sont des monnaies fourrées, on aurait pu en produire encore plus avec une même masse d'argent.

Mais ce que nous indique surtout la présence d'une troisième minière au nord-ouest du Theurot, c'est que sur et autour du Theurot de la Roche, peuvent exister d'autres minières du même type, toutes arasées et comblées lors des grands aménagements urbanistiques augustéens. En conséquence, il serait intéressant de reprendre la fouille de la fosse [1060-1609] et d'élargir dans ce secteur Nord-Ouest les explorations, via des campagnes de prospections géophysiques par exemple, sur l'ensemble du Theurot pour éventuellement révéler d'autres minières comblées. Le Theurot de la Roche pourrait alors apparaître comme un champ minier argentifère, exploité par des petits ensembles de fosses disséminées sur des zones à croisements de failles, plus riches en minéralisations. Cette petite production d'argent à situer chronologiquement vers la fin du II^e et le début du I^{er} s. av. n. è. aurait permis d'alimenter la production de monnaies d'argent, des deniers éduens (pour partie fourrés) dans l'oppidum de Bibracte.

Une analyse de deniers fourrés par spectrométrie de dispersion d'énergie des rayons X couplée à un MEB a été pratiquée (fig. 7E) (Carole Fraresso *in* Gruel *et al.* 2011). L'écart entre les points de fusion du cuivre et de l'argent est apparu plus grand qu'entre le bronze et l'argent. L'alliage 91,2% Ag- 8,8% Cu correspond à la 1^{ère} étape de solidification de l'alliage fondu (b +L). La formation des cristaux à 69,2 % de cuivre débute à proximité du point eutectique, à 780°, le métal liquide passe alors directement à l'état solide. L'intérêt de ce procédé est d'avoir isolé l'argent du cuivre et donc de faciliter la comparaison avec des sources minérales. Sachant que les besoins en argent sont ici divisés par 4, on peut fabriquer 1600 pièces avec 795g.

Traçabilité isotopique du plomb argentifère du Mont-Beuvray et des monnaies de Bibracte

Une étude géologique des terrains proches de la minière de la Pâtur des Grangerands, au Champlain et à la Côme Chaudron, a été complétée par une série d'analyses de laboratoire. Les observations microscopiques des échantillons de roche provenant de ces terrains ont confirmé les observations macroscopiques et validé l'existence d'un cortège complexe d'altérations hydrothermales associées à la mise en place d'une minéralisation d'argent de faibles teneurs. Une albitisation précoce a été suivie d'une altération à chlorite-épidote±albite. Des traces de séricite et de minéraux argileux ont été également observées. La silicification est aussi très évidente (imprégnations et filonnets).

Nous savons désormais qu'il s'agit d'un ensemble de travaux miniers en roche conduits à ciel ouvert en longue tranchée (Pâtur des Grangerands) ou en tranchée-puits (Theurot de la Roche) sur des filonnets, des brèches et des stockwerks de quartz à sulfures contenant de l'argent, du type galène (PbS), acanthite (Ag₂S) et covellite (CuS) (Cauuet 2018 ; Cauuet, Tamas 2018). L'étude des travaux miniers présents sur le Mont-Beuvray a révélé qu'il s'agissait de petites exploitations pour le plomb argentifère (Cauuet *et al.* 2015 et 2016 ; Cauuet, Tamas 2017 et 2018). La suite des recherches sur la finalité du minerai exploité nous a amenés à tracer par isotopie le plomb présent dans le minerai. Partant de l'hypothèse que des monnaies d'argent (des deniers) avaient pu être émises sur l'oppidum de Bibracte, nous avons lancé des analyses isotopiques du plomb sur les minerais et sur des monnaies de l'oppidum sélectionnées par K. Gruel (Cauuet, Tamas 2020).

Il s'agissait de comparer via les isotopes du Pb, la provenance du plomb présent dans les monnaies d'argent avec le plomb

des minerais sélectionnés sur l'oppidum. Dans cette perspective d'analyses isotopiques croisées, des minerais à plomb argentifère et de la roche encaissante ont été échantillonnés en quatre secteurs minéralisés du site et dix monnaies d'argent trouvées sur l'oppidum ont été sélectionnées. Une partie des minerais a été échantillonnée du côté nord-est du site, à la minière de la Pâtur des Grangerands et dans les zones à filon amont, à la Côme Chaudron et au Champlain. Les autres prélèvements de minerai proviennent du côté ouest du site, au Theurot de la Roche, où deux fosses-minières ont été fouillées. Au total, 15 échantillons de roche ont été retenus pour analyses. Les dix monnaies sélectionnées pour analyses sont 9 deniers éduens (dont 4 deniers fourrés) et 1 denier de KALETEDV, fourré¹ (fig. 8). Les analyses isotopiques du plomb ont été réalisées au laboratoire suisse de Massimo Chiaradia, géochimiste à Genève. Les résultats ont été interprétés et complétés par les géologues Stanislas Sizaret et Éric Marcoux de l'université d'Orléans.

Inter-comparaison des analyses isotopiques du plomb

L'objectif des analyses isotopiques effectuées est d'intercomparer les différents rapports isotopiques du plomb obtenus d'une part sur les roches et les minerais du site de Bibracte (fig. 9) et d'autre part, sur les monnaies d'argent choisies pour l'étude, en cherchant des correspondances. Les graphiques obtenus montrent des ensembles distincts qui permettent de discriminer les provenances du métal et des minerais. Nous avons également effectué des comparaisons régionales (Morvan et Massif Central) d'analyses isotopiques du plomb déjà publiées et provenant d'autres minerais argentifères. Elles permettent d'offrir de nouvelles provenances potentielles, dont certaines sont proches de l'argent des monnaies analysées.

N° monnaies	N° inventaire	Isotope du thallium ²⁰⁵ Tl	Isotope du plomb ²⁰⁸ Pb	Rapports isotopiques du plomb								
				²⁰⁶ Pb / ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb / ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb / ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb / ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb / ²⁰⁴ Pb FC	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁴ Pb FC	²⁰⁸ Pb / ²⁰⁴ Pb FC
M101	B993.9.2129.3	2,81	6,87	18,683	15,677	38,950	2,085	0,839	2,484	18,697	15,695	39,006
M102	B992.8.308.30	7,70	20,45	18,655	15,675	38,912	2,086	0,840	2,482	18,668	15,692	38,969
M103	B992.7.5139.1	7,45	1,14	18,663	15,672	38,918	2,085	0,840	2,483	18,677	15,689	38,975
M104	B992.8.221.6	9,91	4,24	18,620	15,669	38,854	2,087	0,842	2,480	18,634	15,686	38,911
M105	B995.2.507.3	7,85	4,63	18,719	15,684	38,993	2,083	0,838	2,486	18,732	15,701	39,050
M106	B995.7.5724.1	7,94	1,19	18,661	15,672	38,913	2,085	0,840	2,483	18,674	15,689	38,970
M107	B992.9.1502.4	8,90	2,98	18,634	15,670	38,877	2,086	0,841	2,481	18,647	15,687	38,934
M108	B992.9.1655.2	10,29	16,38	18,435	15,662	38,626	2,095	0,850	2,466	18,449	15,679	38,682
M109	B992.8.276.6	11,54	2,66	18,634	15,667	38,886	2,087	0,841	2,482	18,648	15,684	38,943
M110	B992.9.1552.16	9,46	7,17	18,668	15,674	38,923	2,085	0,840	2,483	18,681	15,691	38,980
Mesures précisées par FC (Faraday electrometer Cup) et retenues pour les graphiques												

Fig. 8. Résultats bruts des analyses isotopiques du plomb des 10 monnaies de Bibracte : 9 deniers Éduens et 1 denier Lingon (M107 - ligne en caractères gras) (Cauuet, Tamas 2020).

1 Sur les 10 monnaies analysées, 7 appartiennent à la série 16,01 (B992.8.276.6, B992.8.308.30, B992.7.5139.1, B995.7.5724.1, B995.2.507.3, B992.9.1552.16), 1 à la série 16,02 (B992.8.221.6), 2 à la série 17,03 à la lyre dressée (B993.9.2129.3, B992.9.1655.2) et 1 à la série 13,01, KALETEDV (B992.9.1502.4).

Minerais et roches de Bibracte	Nature Roche	N° Echantillon	Isotope du thallium ²⁰⁵ Tl	Isotope du plomb ²⁰⁸ Pb	Rapports isotopiques du plomb					
					²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb FC	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb FC	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb FC
Côte Chaudron (2008)	Galène, pyrite	3214L	8,25	23,70	18,078	15,570	38,065	18,091	15,587	38,120
		3214R	8,66	16,95	18,078	15,569	38,065	18,091	15,586	38,120
Côte Chaudron (2008)	Galène, pyrite	3215L	8,48	20,88	18,077	15,569	38,062	18,090	15,586	38,118
		3215R	8,38	6,42	18,076	15,569	38,063	18,090	15,586	38,118
Côte Chaudron (2008)	Galène, pyrite	3216L	8,11	22,12	18,077	15,569	38,063	18,091	15,586	38,119
		3216R	8,41	13,79	18,077	15,568	38,060	18,090	15,585	38,116
Theurot de la Roche (2016)	Filon Ag-Pb	4868L	8,43	3,75	18,242	15,586	38,162	18,255	15,603	38,218
		4868R	8,54	1,70	18,357	15,593	38,222	18,370	15,610	38,277
Theurot de la Roche (2017)	Stockwerk puits 2	4995L	8,61	0,74	18,544	15,605	38,515	18,558	15,622	38,571
		4995R	8,14	0,34	19,546	15,658	39,374	19,560	15,675	39,432
Theurot de la Roche (2017)	Toit filon L9	5000L	8,73	0,28	18,503	15,579	38,743	18,516	15,596	38,800
		5000R	8,19	0,85	18,541	15,602	38,724	18,555	15,619	38,781
Theurot de la Roche (2017)	Filon sole puits 2	5004L	8,61	0,29	18,505	15,580	38,598	18,519	15,598	38,654
		5004R	8,92	0,15	19,354	15,651	39,653	19,368	15,668	39,711
Theurot de la Roche (2017)	Stockwerk puits 2	5010L	8,70	0,19	18,544	15,524	38,568	18,558	15,541	38,624
		5010R	8,01	0,14	19,816	15,624	39,923	19,830	15,642	39,982
Theurot de la Roche (2017)	Brèche	5016L	8,65	0,89	18,432	15,600	38,490	18,445	15,617	38,546
		5016R	8,86	0,16	19,234	15,554	38,770	19,248 !	15,571	38,827
Champlain	Filon affleurant	5130L	8,55	0,84	18,362	15,591	38,404	18,375	15,608	38,460
		5130R	8,11	0,09	20,207	15,667	39,600	20,222	15,684	39,658
Champlain	Filon affleurant	5131L	8,94	4,48	18,172	15,595	38,199	18,185	15,612	38,255
		5131R	4,22	1,68	18,853	15,627	38,705	18,867	15,645	38,761
Theurot de la Roche (2018)	Encaissant	5133L	4,38	0,12	19,514	15,642	39,575	19,528	15,659	39,633
		5133R	8,67	0,20	20,495	15,652	40,038	20,510	15,669	40,097
Theurot de la Roche (2018)	Encaissant	5134L	9,37	0,49	19,162	15,613	39,247	19,176	15,630	39,304
		5134R	9,30	0,55	19,367	15,628	39,010	19,381	15,645	39,066
Côte Chaudron (G. Hamm)	Filon affleurant	5137L	9,33	4,14	18,306	15,600	38,291	18,319	15,617	38,347
		5137R	9,76	0,60	18,872	15,612	38,690	18,885	15,629	38,747
Pâturage des Grangerands	Filon	5295L	10,01	0,46	18,247	15,580	38,226	18,260	15,597	38,282
		5295R	8,86	1,71	18,266	15,608	38,274	18,280	15,625	38,329
Mesures précisées par FC (<i>Faraday electrometer Cup</i>) et retenues pour les graphiques										

Fig. 9. Résultats bruts des analyses isotopiques du plomb des minerais argentifères et des roches encaissantes (lignes en caractères gras) échantillonnés sur l'oppidum de Bibracte (Cauuet, Tamas 2020).

Dans une première étape, nous avons intercomparé les rapports isotopiques du plomb des monnaies aux minerais argentifères de Bibracte. Le premier graphique montre les rapports des isotopes $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (fig. 10A), le deuxième graphique, les rapports des isotopes $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (fig. 10B). On note tout d'abord que huit des deniers éduens et la seule monnaie lingonne offrent des signatures très proches. Seule une monnaie éduenne s'écarte légèrement de ce lot cohérent. Cependant, les dix monnaies présentent des signatures proches que l'on peut associer à une même provenance.

Concernant les minerais d'origine filonienne et les roches (encaissant) échantillonnés à Bibracte, ils apparaissent dans l'ensemble relativement regroupés et à rattacher à une même mise en place minéralogique. En revanche, les deux échantillons de roche provenant de l'encaissant des filons montrent une signature assez différente indiquant une provenance du plomb distincte de celui des filons. Cela correspond à une mise en place distincte. Les roches encaissantes sont plus anciennes et les filons plus récents se rattachent à des temps géologiques différents.

Le regroupement des signatures du plomb des minéralisations de Bibracte se distingue cependant assez nettement des signatures du plomb des monnaies, notamment sur le graphique des rapports des isotopes $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (fig. 10A). Deux signatures de provenances différentes pour le plomb (et donc pour l'argent) apparaissent entre les monnaies étudiées et les filons minéralisés du Mont-Beuvray. Le plomb présent dans les monnaies ne proviendrait pas du site de Bibracte.

Afin d'élargir la question, nous avons confronté ces deux signatures du plomb à celles des gisements Pb/Ag proches du Morvan (Saint Prix, Argentolle, Chizeuil) et à des gisements un peu plus périphériques, mais localisés dans le Massif Central, comme les gîtes de Ternand, Chessy, Nizerolles, Le Poyet (Chantraine *et al.* 2003). Les graphiques obtenus pour les rapports isotopiques $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (fig. 10C), comme ceux des $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ et $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (fig. 10D), montrent une proximité évidente entre les signatures des monnaies et les gisements de Saint Prix et d'Argentolle proches du site de Bibracte (fig. 11). Le site d'Argentolle est particulièrement intéressant, car il abritait des vieux travaux miniers en fosses, malheureusement détruits lors de la reprise minière pour la fluorine au cours du XX^e siècle.

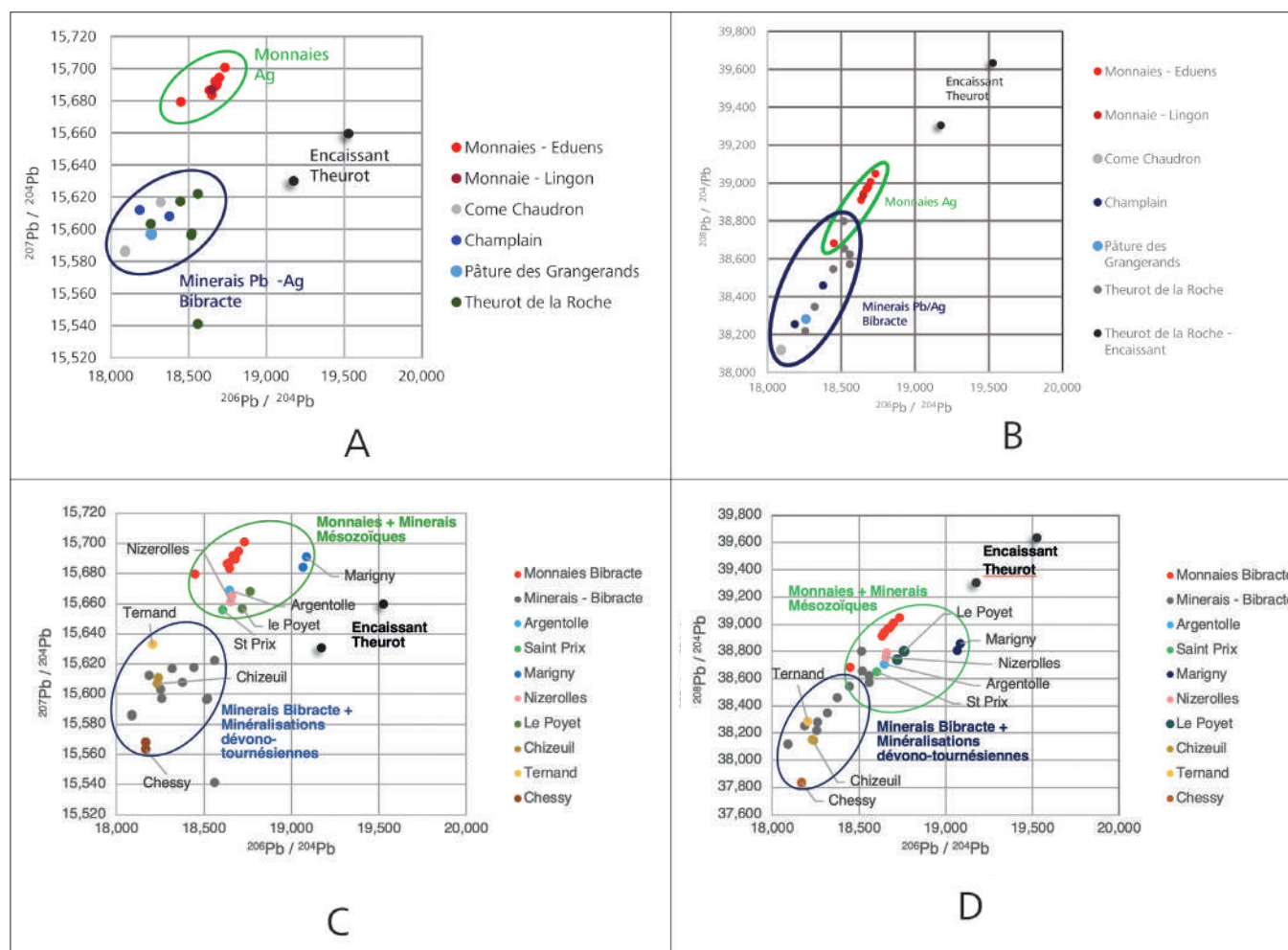


Fig. 10. A. Rapports isotopiques du plomb ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) entre les monnaies et les minerais de Bibracte ; B. Rapports isotopiques du Plomb ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) entre les monnaies et les minerais de Bibracte ; C. Rapports isotopiques du plomb ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) entre les monnaies et les minerais de Bibracte d'une part et des minéralisations voisines du Morvan ; D. Rapports isotopiques du plomb ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) entre les monnaies et les minerais de Bibracte d'une part et des minéralisations voisines du Morvan (Cauuet, Tamas 2020).

Minéralisations régionales (Marcoux 1987)	Gîtes minéralisés Massif Central Pb/Ag	Rapports isotopiques du Plomb		
		$^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$
Morvan (F-Ba – <i>Fluor/Baryum</i>)	Argentolle	18,646	15,669	38,709
Morvan (Mn – <i>Manganèse</i>)	Saint Prix	18,604	15,656	38,653
Morvan (F- Ba – <i>Fluor/Baryum</i>)	Marigny	19,066	15,684	38,809
	Marigny2	19,084	15,691	38,855
Monts de la Madeleine (Bi-Ag – <i>Bismuth/Argent</i>)	Nizerolles	18,658	15,665	38,791
	Nizerolles	18,655	15,661	38,758
Monts de la Madeleine (Bi-Ag – <i>Bismuth/Argent</i>)	Le Poyet	18,720	15,657	38,741
	Le Poyet	18,761	15,668	38,804
Morvan (VMS – <i>Volcanic Massive Sulfides</i>)	Chizeuil	18,238	15,611	38,149
	Chizeuil2	18,231	15,607	38,153
Beaujolais (VMS – <i>Volcanic Massive Sulfides</i>)	Ternand	18,206	15,633	38,287
Beaujolais (VMS – <i>Volcanic Massive Sulfides</i>)	Chessy1	18,168	15,563	37,832
	Chessy2	18,168	15,568	37,841

Fig. 11. Isotopes du plomb de minéralisations régionales du Morvan (Cauuet, Tamas 2020).

Le site minier d'Argentolle (Saint Prix, Nièvre)

Le site d'Argentolle au toponyme évocateur se trouve côté nord et en contrebas du Mont-Beuvray. Il est de nos jours défiguré par une exploitation de fluorine en carrière menée de 1970 à 1982. Outre la fluorine, le gisement renfermait d'autres minéralisations telles que du plomb, de l'argent et du cuivre sous forme de galène argentifère, de pyrite, de chalcopryrite, et même d'argent natif (Valette 1983). La présence de vestiges de vieux travaux miniers comprenant plusieurs fosses a été rapportée au début du XX^e siècle (Marlot 1914) et confirmée par les témoignages d'ouvriers ayant travaillé dans les carrières de fluorine.

En 2006, nous avons parcouru le site de l'Argentolle à la recherche de reliquats de travaux anciens et pu constater que les deux carrières modernes et leurs imposantes haldes avaient fait disparaître l'ensemble des fosses anciennes présentes sur le site. En revanche dans le bois situé aux marges des versants modernes, des petites fosses dispersées ont été localisées dans les versants boisés (Cauuet *et al.* 2006). Ces petits travaux apparaissent sous la forme de légers creux bordés de tertres de déblais en forme de croissant. La fosse la plus remarquable apparaît comme une excavation longue de 14 m et large de 7 m qui rappelle les petites minières connues en Limousin. Elle pourrait correspondre à un travail de recherche et d'exploitation conservé aux marges d'un site minier plus important comme devait l'être le site de l'Argentolle avant l'exploitation de fluorine. La fouille de cette petite excavation pourrait nous apporter des éléments chronologiques sur l'activité minière ancienne à l'Argentolle.

Interprétation et conclusion

Les fouilles conduites par l'équipe de l'université Jean Jaurès de Toulouse (direction B. Cauuet), de 2005 à 2010, puis de 2015 à 2017 sur l'oppidum de Bibracte, ont bien attesté de la présence

de petits travaux miniers, conduits à ciel ouvert dans au moins deux zones, la Pâturée des Grangerands et le Theurot de la Roche. Ces excavations ouvertes en tranchées étaient taillées en gradins descendants. La minéralisation étudiée comprend des petits filons de quartz et surtout des corps de minerai en stockwerk, insérés dans la rhyolite de l'encaissant et contenant des sulfures d'argent. Des ouvrages miniers du même type se rencontrent également en différents points des versants du Mont-Beuvray (Cauuet *et al.* 2006) et ne s'inscrivent donc pas directement dans la chronologie d'édification de l'oppidum. Ces travaux apparaissent antérieurs au grand développement de l'oppidum datant du milieu du I^{er} s. av. n. è. D'ailleurs, certaines tranchées du versant de la Pâturée des Grangerands paraissent être chevauchées par le rempart. En se calant sur les plus anciens mobiliers rencontrés au fond de ces minières, on peut proposer un arrêt de l'activité vers le début du I^{er} s. av. n. è. et donc une période d'activité à situer entre la fin du II^e et le début du I^{er} s. av. n. è.

Concernant les quelques frappes monétaires (deniers d'argent) de Bibracte analysées ici et comparées aux analyses des minerais des minières, pour les signatures isotopiques des monnaies, les données les plus proches sont celles du Massif Central avec les signatures des gisements mésozoïques stratiformes de la région d'Alès et les filons mésozoïques à Pb-Zn / F-Ba (Marcoux 1987). Cependant, de nombreuses occurrences de ce type de filon existent dans le Morvan et n'ont pas été encore mesurées. Seuls les gisements à galène argentifère d'Argentolle et de Saint Prix ont été analysés en plus des gîtes présents sur l'oppidum de Bibracte (Marcoux 1987).

Les gisements de l'oppidum ont des signatures isotopiques proches des gîtes de Chessy, de Chizeuil et de Ternand qui sont probablement des minéralisations dévoniennes de types VMS. Le métal argentifère des monnaies de Bibracte proviendrait lui des filons Mésozoïques à fluorine, barytine et galène du type filons d'Argentolle, Saint Prix et Nizerolles, ou des gisements

stratiformes du type Marigny. Ces gisements étant nombreux dans le Morvan, une source locale et en dehors de l'oppidum est probable. Les différences résiduelles pourraient être un biais lié à la méthode d'analyse de deux jeux de données. D'autres analyses isotopiques de minerais de gîtes du Morvan sont à envisager pour la suite des recherches. Cela permettra de mieux cerner la zone de provenance de l'argent utilisé pour le lot de monnaies étudiées, en sachant que là aussi la durée de circulation de ces

monnaies ne permet pas d'exclure l'apport successif d'argent de minières différentes.

Remerciement

Nous remercions le Labex Voltaire (ANR-10-LABX-100-01), ainsi que l'ANR MINEMET (2012-2016) pour leur soutien financier.

Bibliographie

- Barral, Joly 2011. Barral P., Joly M., Le versant nord-ouest du Theurot de la Roche. Fouille du bâtiment PS1. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2011*. Glux-en-Glenne, 333-368.
- Barral, Nouvel 2012. Barral P., Nouvel P., Le versant nord du Theurot de la Roche. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2012*. Glux-en-Glenne, 183-192.
- Bulliot 1899. Bulliot J.-G., *Fouilles du Mont-Beuvray (ancienne Bibracte) de 1867 à 1895 (Tome premier)*. Autun.
- Cauuet 2004. Cauuet B., *L'or des Celtes du Limousin*, Ed. Culture et Patrimoine en Limousin. Limoges, 124 p.
- Cauuet 2018. Cauuet B., Sources et productions d'argent en Gaule aux âges du Fer. In Hiriart E., Genechesi J., Cicolani V., Martin S., Nieto-Pelletier S. dir., *Monnaies et archéologie en Europe celtique : Mélanges en l'honneur de Katherine Gruel*. Glux-en-Glenne (Bibracte 29), 173-182.
- Cauuet, Boussicault 2005. Cauuet B., Boussicault M., Recherches sur les exploitations minières anciennes du Morvan. La Pâtur des Grangerands. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2005*. Glux-en-Glenne, 177-195.
- Cauuet *et al.* 2006. Cauuet B., Boussicault M., Tamas C.G., Recherches sur les exploitations minières anciennes du Morvan. Sondage dans une minière à La Pâtur des Grangerands. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2006*. Glux-en-Glenne, 127-160.
- Cauuet *et al.* 2007. Cauuet B., Boussicault M., Tamas C.G., Recherches sur les exploitations minières anciennes du Morvan. Fouille d'une minière à La Pâtur des Grangerands. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2007*. Glux-en-Glenne, 227-252.
- Cauuet *et al.* 2008. Cauuet B., Mairecolas M., Mossière B., Tamas C.G., Baron S., Une mine polymétallique (Cu, Pb, Sn, Zn) de La Tène D2 à la Pâtur des Grangerands (Oppidum Bibracte - Mont-Beuvray). In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2008*, 98 p.
- Cauuet *et al.* 2010. Cauuet B., Mossière B., Tamas C.G., Vialaron C., La minière de la Pâtur des Grangerands (Oppidum Bibracte - Mont-Beuvray). In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2010*. Glux-en-Glenne, 87-110.
- Cauuet *et al.* 2015. Cauuet B., Munteanu G., Tamas C.G., Fouille du puits de mine dans le versant oriental du Theurot la Roche (interv. 826). In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2015*. Glux-en-Glenne, 221-246.
- Cauuet *et al.* 2016. Cauuet B., Tamas C.G., Munteanu G., Le versant oriental du Theurot de la Roche. Fouille d'une minière pour l'argent sur le sommet du Beuvray à Bibracte. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2016*. Glux-en-Glenne, 183-203.
- Cauuet, Tamas 2007. Cauuet B., Tamas C.G., Ressources métalliques antiques entre Bibracte et Autun. In Chardon-Picault P. dir., *Hommes de feu. Hommes du feu. L'artisanat en pays éduen*, Catalogue d'exposition, Ville d'Autun, Musée Rolin. Autun, 12-17.
- Cauuet, Tamas 2008. Cauuet B., Tamas C.G., L'oppidum de Bibracte. Les exploitations minières, *L'oppidum de Bibracte (Mont-Beuvray, France). Bilan de 10 années de recherches (1996-2005)*. In Dhennequin L., Guillaumet J.-P., Szabo M. dir., *Acta Archaeologica - Academiae Scientiarum Hungaricae*. Budapest, 11-12.
- Cauuet, Tamas 2017. Cauuet B., Tamas C.G., Fouille d'une minière pour l'argent sur le versant oriental du Theurot de la Roche. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2017*. Glux-en-Glenne, 166-184.
- Cauuet, Tamas 2018. Cauuet B., Tamas C.G., Préparation de la publication des fouilles de la Pâtur des Grangerands à Bibracte. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2018*. Glux-en-Glenne, 141-149.
- Cauuet, Tamas 2020. Cauuet B., Tamas C.G., Etudes et analyses pour la publication des fouilles de la Pâtur des Grangerands à Bibracte. In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2020*. Glux-en-Glenne, 103-112.
- Chantraine *et al.* 2003. Chantraine J., Autran A., Cavalier C., Clozier L., *Carte géologique de la France à l'échelle du millionième*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris.
- Chevalier *et al.* 1993. Chevalier P., Legrand F., Gruel K., Brissaud I., Tarrats-Saugnac A., Étude par rayonnement synchrotron de moules à alvéoles de La Tène Finale trouvés à Villeneuve St Germain et au Mont-Beuvray. *Revue d'Archéométrie*, 17, 75-88.
- Gruel, Barrandon 2000. Gruel K., Barrandon J.-N., Les deniers d'argent gaulois. In Kluge B., Weisser B. dir., *XII. Internationaler Numismatischer Kongress, Berlin 1997: Akten - Proceedings - Actes*. I. Berlin: Staatliche Museen zu Berlin-Preussischer Kulturbesitz Münzkabinett, 402-408.
- Gruel *et al.* 2011. Gruel K., Lacoste D., Fraresso C., Pernot M., Allier F. Données expérimentales sur la fabrication de quinaires gaulois fourrés. In Holmes N. dir., *Proceedings of the XIVth International Numismatic Congress, Glasgow 2009*. London, Spink & Son Ltd, International numismatic council, 2, 1173-1181.
- Gruel, Popovitch 2007. Gruel K., Popovitch L., *Les monnaies gauloises et romaines de l'oppidum de Bibracte*. Glux-en-Glenne (Bibracte 13).
- Guillaumet 2001. Guillaumet J.-P., Exploitation minière en pays Eduens. *Bulletin de l'AFEAF*, 35-37.
- Luginbühl *et al.* 2014. Luginbühl T., Brand P., Carron N., Le sommet du Theurot la Roche (interv. 814). In Guichard V. dir., *BIBRACTE*,

- Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2014.* Glux-en-Glenne, 147-175.
- Luginbühl *et al.* 2015. Luginbühl T., Brand P., Carron N., Le sommet et le versant oriental du Theurot la Roche (interv. 826). In Guichard V. dir., *BIBRACTE, Centre archéologique européen. Rapport scientifique 2015*. Glux-en-Glenne, 195-219.
- Marcoux 1987. Marcoux E., *Isotopes du plomb et paragenèses métalliques, traceurs de l'histoire des gîtes minéraux. Illustration des concepts de source, d'héritage et de régionalisme dans les gîtes français : application en recherche minière*. Orléans, Ed. Bureau de Recherche Géologique et Minières.
- Marlot 1914. Marlot H., Notice sur la mine de galène argentifère des Moléras, commune de Glux (Nièvre). Extrait des procès-verbaux du *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Autun*, 26, Autun, 80-86.
- Valette 1983. Valette C.-O., Karsts et filons à fluorine dans le faisceau synclinal du Morvan : le gisement d'Argentolle (Saône-et-Loire, France). *Documents du BRGM*, 58, Thèse de troisième cycle, Université d'Orléans.

Auteurs

Béatrice Cauuet, Laboratoire TRACES, UMR 5608, Université Jean Jaurès, Toulouse, France ; cauuetb@aol.com

Katherine Gruel, Laboratoire AOrOc, UMR 8546, CNRS-ENS, Paris, France ; katherine.gruel@ens.psl.eu

Calin Gabriel Tamas, Université Babes-Bolyai, Cluj-Napoca (RO) ; Laboratoire TRACES, UMR 5608, Université Jean Jaurès, Toulouse, France ; calingtamas@yahoo.fr

Stanislas Sizaret, Laboratoire ISTO, Université d'Orléans, France ; stanislas.sizaret@univ-orleans.fr

Éric Marcoux, Laboratoire ISTO, Université d'Orléans, France ; eric.marcoux@univ-orleans.fr

Abstract

The Bibracte site presents the rare case of mines opened inside an oppidum. Small open pit silver mines in activity prior to late Augustan urban development have been discovered onsite. This oppidum, which was the capital of the Aedui also delivered monetary minting tools and silver coins, including coins from the same currency coins. Among the discovered coins there are the so-called filled coins, cast with lost wax, which represent nearly 50 % of the production of local series. Mineralogy and geochemical analyses (lead isotopes) were carried out on a selection of artefacts, ores and coins found on the site aiming to reveal a link between local silver production chain, from the mine to the monetary workshop that minted and casted Aedui coins. However, the case of Bibracte can help us to propose a protocol, because several phases are documented onsite. Based on archaeological, numismatic, geological, geochemical, and mineralogy joint approach an outline highlighting the possible links between the ore mined out at Bibracte and the Aedui *deniers* will be proposed.

Résumé

Le site de Bibracte présente le cas rare de mines ouvertes à l'intérieur même d'un oppidum. Des petites mines d'argent ont été découvertes, exploitées à ciel ouvert antérieurement au développement urbain tardif, d'époque augustéenne. Cet oppidum, capitale des Éduens, a également livré des outils de frappe monétaires et des deniers d'argent, dont des monnaies de mêmes coins. Au sein des monnaies trouvées figurent des pièces fourrées, coulées à la cire perdue qui représentent près de 50 % de la production des séries locales. Dans la perspective d'une mise en relation d'une chaîne de production locale de l'argent, de la mine à un atelier monétaire avec frappes et coulées de deniers éduens, des analyses minéralogiques et géochimiques (isotopie du plomb) ont été menées sur une sélection d'artefacts, minerais et monnaies, retrouvés sur le site. Le cas de Bibracte peut nous aider à proposer un protocole, car plusieurs phases sont documentées sur le site. Par une approche comparée archéologique, numismatique, géologique, géochimique, minéralogique, on tentera de définir un profil mettant en évidence les liens éventuels entre minerais et deniers éduens.