Indices ténus et hypothèses généreuses

Les vestiges matériels de l'essai des minerais

Joseph GAUTHIER

Chrono-environnement UMR 6249, CNRS

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9901

Résumé : L'enquête sur les techniques d'essai des minerais et le rôle de cette opération au sein des entreprises minières a l'avantage de pouvoir recourir à de rares actes de la pratique médiévaux et, surtout, à plusieurs traités techniques du XVI^e^ siècle qui y sont tout ou partie consacrés. L'histoire des techniques ne pouvant se contenter d'une approche mono-disciplinaire, la recherche sur le terrain se devait de collecter les vestiges matériels de telles opérations. Sites et mobiliers sont cependant particulièrement difficiles à réunir, et ce pour deux raisons. L'une tient à l'absence d'identification de la pratique de l'essai dans l'archéologie des mines et des métaux avant les années 2000. L'autre tient à la discrétion des traces des essais, qu'ils aient été menés à l'échelle d'une fonte test, ou opérés en laboratoire sur quelques grammes de minerai. Partant, quel corpus a pu être réuni ? De sites en collections de mobilier, les indices n'autorisent que rarement une interprétation sans concession. Pis, à défaut de pouvoir valider l'existence d'une fonderie, la pratique de l'essai vient parfois pallier l'absence d'éléments probants. Les exemples de lieux où la pratique de l'essai est avérée sont donc rares ; ce qui ne permet cependant pas de conclure à la rareté de la pratique.

Abstract : Research into ore assaying techniques and the role of this operation within mining companies has the advantage of being able to draw on rare medieval practical documents and, above all, several 16th-century technical treatises devoted entirely or in part to this subject. As the history of techniques cannot be confined to a single discipline, field research had to collect the material remains of such operations. However, sites and artefacts are particularly difficult to gather, for two reasons. One is the lack of identification of assaying practices in mining and metal archaeology prior to the 2000s. The other is the discreet nature of the traces left by assaying, whether carried out on a test smelting or in a laboratory on a few grams of ore. So what corpus has been assembled? From sites to collections of artefacts, the evidence rarely allows for an uncompromising interpretation. Worse still, in the absence of evidence to confirm the existence of a foundry, the practice of testing sometimes compensates for the lack of conclusive evidence. Examples of places where assaying is known to have taken place are therefore rare, but this does not mean that the practice was uncommon.

1 Introduction

Bien que ponctuelles et rares, les mentions d'éléments relatifs à des essais de minerais dans les sources écrites médiévales et modernes ne prêtent généralement pas à confusion. Au détour d'une concession, d'un compte, d'un contrat, ou plus rarement au centre d'un mandement ou d'un procès-verbal, l'identification de l'opération d'essai s'avère le plus souvent aisée. Le doute est bien plus présent quand il s'agit de vestiges matériels. Structures, outils et déchets de l'essai des minerais sont d'abord tout aussi ponctuels et rares que leurs pendants scripturaux. Leur étude est ensuite relativement récente. Nous pouvons néanmoins, à ce stade, passer en revue les indices qui peuvent mener à penser être en présence d'un site d'essai des minerais, et évaluer le degré de crédibilité que l'on peut leur accorder.

Il faut commencer par distinguer les différents vestiges matériels de cette activité métallurgique. Elle connaît au cours du bas Moyen Âge une évolution fondamentale de son mode opératoire qui modifie entièrement l'équipement utilisé. L'estimation du minerai était réalisée dans un premier temps en traitant une quantité de matière comparable à ce qui aurait été fait au cours d'un processus de production. Les quelques données quantitatives recueillies dans les archives entre le milieu du XIV^e^ siècle et le milieu du XVI^e^ siècle montrent des prises de l'ordre de plusieurs quintaux de minerai. Ces essais à grande échelle usent donc d'un bas fourneau et produisent une quantité de scories non négligeable, à l'inverse des techniques de laboratoire mises au point entre le début du XIV^e^ siècle et la fin du XV^e^ siècle. D'abord réalisés dans des creusets passés au foyer de forge, sur une centaine de grammes de minerai, les essais ont connu une nouvelle réduction de leur taille avec l'apparition du couple four à moufle / scorificatoire. C'est cet équipement qui est décrit dans les traités du XVI^e^ siècle (Agricola, Ercker) où la prise commune est d'un quintal fictif, soit environ 3,8 g. Les traces matérielles diffèrent donc totalement de celles de l'essai à grande échelle. Le seul déchet produit est un scorificatoire usagé – quand il n'est pas recyclé en lampe, cendrier ou autre vide-poche.

Il faut ajouter à ces procédés de fonte du minerai l'étape d'affinage du plomb d'œuvre dans le cas d'un minerai argentifère. À grande échelle, la coupellation est le plus souvent réalisé dans un atelier monétaire ou d'orfèvre, ce qui noie l'essai dans un tout autre domaine. À petite échelle, le plomb est affiné dans une coupelle au sein du même four à moufle que celui utilisé pour la réduction. Dans un cas comme dans l'autre, casses et coupelles sont retraitées pour récupérer le plomb qu'elles contiennent, et n'apparaissent donc que très rarement sur le terrain archéologique. D'une échelle à l'autre, l'essai du minerai a donc conservé un caractère extrêmement discret. Qui plus est, le mobilier présente souvent des difficultés d'identification. Discrétion et ambiguïté ne favorisent ainsi pas la localisation des sites d'essai sur le terrain.

2 Un mobilier ambigu

L'histoire de l'essai des minerais a connu un développement accéléré au cours des années 2000. Le sujet avait auparavant été évoqué à la marge, en premier lieu par des historiens dans le cadre de la publication de traités techniques de l'époque moderne (Smith & Forbes 1969). Les découvertes ponctuelles de petites céramiques métallur-

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

giques ont parfois été mises en relation avec l'exploitation minière sur des sites de la province minière germanique (Vogt 1972 ; Gühne 1985 ; Gühne 1992 ; Dallmann & Gühne 1993 ; Labuda 1993 ; Richter 1994 ; Goldenberg *et al.* 1996, p. 118 ; Labuda 1997). Les années 1990 puis les années 2000 ont vu les archéomètres s'intéresser à ce mobilier, notamment suite à la mise au jour du riche corpus issu des fouilles du manoir d'Oberstockstall (Kirchberg am Wagram, Autriche) (Eckstein *et al.* 1994 ; Osten 1998 ; Martinón-Torres *et al.* 2003 ; Thomas *et al.* 2006 ; Martinón-Torres & Rehren 2009 ; Mongiatti 2009). En parallèle, une approche expérimentale était déployée en France sur la plateforme des arts du feu de Melle (Téreygeol 2004 ; Gauthier 2013). Cette dynamique déboucha sur la réalisation d'une thèse fondée avant tout sur les sources historiques et archéologiques (Gauthier 2012).

Cette historiographie relativement restreinte est en partie due au faible corpus de mobilier reconnu dans le domaine en question. Mais la discrétion n'est pas le seul obstacle au repérage de sites d'essai. Le mobilier est avant tout ambigu, ayant pu servir à diverses opérations. Les petites céramiques métallurgiques et assimilés (creusets triangulaires, coupelles) tout comme les équipements qui leurs sont dédiés (foyers de forge, fours à moufle, poids et balances) peuvent en effet avoir été utilisés tant en métallurgie primaire qu'en métallurgie secondaire. Les ateliers monétaires, le travail de l'or, de l'argent et des alliages cuivreux, sans compter ce qui relève de l'alchimie, partagent en effet certains outils et équipements de l'essai des minerais – si ce n'est l'inverse. Il n'est donc pas toujours évident de caractériser les objectifs d'un atelier où a été découvert un tel mobilier (le cas du manoir d'Oberstockstall en est un bon exemple). Le contexte du site et l'analyse chimique des résidus attachés sont généralement les seules voies permettant d'orienter l'interprétation, entre travail du métal et transformation du minerai.

Tab. 1 : Polyvalence des équipements et similarité des déchets entre métallurgies primaire et secondaire.

	Essai		**Production**	
	Grande échelle Sur le terrain	**Petite échelle En laboratoire**	**Métallurgie primaire***	**Métallurgie secondaire****
Bas fourneau	o		o	
Scories	o		o	
Casses de coupellation	o		o	
(Four à) moufle		o		o
Foyer de forge		o		o
Creuset triangulaire		o		o
Scorificatoire		o		
Coupelle de cendre		o		o
Balance	o	o	o	o
Poids	o	o	o	o

*Fonderie – **Forge, atelier monétaire, orfèvrerie

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Le Tableau 1 liste les éléments mobiliers (équipements et déchets) caractéristiques des opérations d'essais des minerais, qu'elle que soit leur mode opératoire. On constate rapidement qu'à l'exclusion du scorificatoire, tous les autres éléments peuvent se rencontrer dans un contexte de production. L'exclusivité n'est à vrai dire pas totale, mais l'emploi du scorificatoire hors du domaine de l'essai des minerais est franchement rare. Il constitue donc le seul élément qui peut presqu'à coup sûr confirmer l'hypothèse d'une activité d'essai de laboratoire. À l'inverse, le cas du creuset, triangulaire ou non, est éloquent d'ambigüité. Longtemps utilisé dans la métallurgie extractive du cuivre (et largement usité en métallurgie de transformation), il est difficilement attribuable à l'essai ou à la production. Parler du four à moufle est plutôt rhétorique, cet équipement n'ayant presque jamais été retrouvé en fouilles[1]. Seul des fragments de sa chambre de chauffe (le moufle) ont pu être trouvés, appartenant d'ailleurs parfois à des structures autres qu'un strict four à moufle. Cela a pu être mis en évidence sur le site de Castel-Minier (09), où le tunnel en céramique servait au XIV^e^ siècle à l'affinage en fin de chaîne opératoire de production de l'argent (Maqueda *et al.* 2023). C'est sur ce même site qu'un poids de 12,66 g avait été découvert dans un contexte également daté du XIV^e^ siècle (Téreygeol & Gauthier 2013). Les deux niveaux dont il se rapproche, double et quadruple gros, appartiennent tant à la pile d'un marc, adaptée au travail des métaux précieux, qu'à la pile dite « de Charlemagne », qui totalise 25 livres. Ce poids autorise donc bien la pesée de petites quantités, mais il autorise plus justement l'exactitude des pesées, sans augurer des masses en jeu. Il est donc exagéré de se baser sur cet élément pour ouvrir l'hypothèse d'essais. Les vestiges relatifs à l'affinage de l'argent mis au jour depuis orientent d'ailleurs bien vers le domaine de la production.

3 Localiser l'essai, une chimère ?

Au-delà de l'objet en lui-même, l'identification des sites où ont été réalisés les essais s'avère particulièrement difficile, et ce quelle que soit l'échelle de réalisation. La confusion que peut induire le mobilier n'en est pas la principale raison. On revient ici sur la rareté et la discrétion des vestiges univoques. Pour la petite échelle, les découvertes de scorificatoires peuvent se faire complètement en dehors de tout atelier. Le corpus réuni à Sainte-Marie-aux-Mines (68) en témoigne. Unique en France, composé de sept éléments, il se réparti sur deux sites de fonderie et un possible atelier d'essayeur, ainsi que sur quatre habitats et un amas de résidus minéralurgiques (Gauthier 2023). La mobilité de la pièce, à usage unique et facilement réemployée dans une autre fonction, explique cette dispersion. Mais la plus grande énigme réside dans le faible nombre d'exemplaires connus pour un district minier tel que Sainte-Marie-aux-Mines, pour lequel les archives du XVI^e^ siècle laissent supposer une importante activité d'essai de laboratoire, et donc d'une grande consommation de scorificatoires. On a ici en tête les centaines de pièces retrouvées sur le site du Kammerhof à Banskà Štiavnica dans les Carpates occidentales (Slovaquie) (Gauthier 2012, p. 257-260, 307-325). Hors cette remarquable concentration de céramiques d'essai, des scorificatoires ont aussi été re-

[1] On ne recense qu'une possible base de four d'essai découverte sur le site de Kapfenberg (Autriche), dans une muraille du XVI^e^ siècle mais qui aurait fonctionné à la fin du XVII^e^ et au XVIII^e^ siècles (Mongiatti 2009, p. 263 *sqq.*).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

trouvés épars sur différents sites de la ville minière. L'atelier d'essai à petite échelle passe donc pour le moment entre les mailles du filet de l'archéologie.

Qu'en est-il pour les sites d'essai antérieurs à l'apparition des techniques de laboratoire ? La difficulté est autre, mais non pas moindre. La pratique de l'essai à une échelle de production se confond tout d'abord avec l'activité régulière d'une exploitation minière puisqu'elle produit les mêmes déchets. Il est illusoire de chercher à identifier une structure d'essai dans une fouille de fonderie médiévale. L'essai ne peut donc être caractérisé que dans le cas de sites à scories isolés présentant une faible quantité de déchets, là où le résultat de l'opération a entraîné l'arrêt de l'entreprise ; une opération sans lendemain qui ne laisse, par définition, que des indices ténus, dont la découverte relève le plus souvent du hasard.

Les fouilles entreprises sur le carreau de la mine *Patris* à Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin) pourraient néanmoins témoigner de cette situation. Sur le plateau d'une halde réoccupée au XVI^e^ siècle, deux lots de scories de réduction datés du XI^e^ siècle ont été prélevés de manière exhaustive (Gauthier 2011). Bien mis en avant par une prospection magnétique qui n'a révélé aucun autre gisement comparable à proximité, les résidus de fonte totalisent une masse d'environ 250 kg. Au regard des estimations faites pour d'autres sites de fonderies médiévales qui se mesurent en dizaines de tonnes de scories, l'activité métallurgique sise sur le carreau *Patris* est anecdotique. Située devant une galerie dont la faible ampleur de la phase extractive a pu être démontrée (Clerc 2018), le site peut positivement être interprété comme résultant d'une ou deux tentatives de fonte du minerai extrait sur place.

Le site de *Petra Alba*, à Saint-Laurent-le-Minier (30), présente une situation assez similaire. Des résidus minéralurgiques et métallurgiques ont été retrouvés en petites quantité dans un bâtiment situé sur l'un des carreaux du secteur – et sur aucun autre (Bailly-Maître 2010). L'organisation des exploitations minières pourrait même laisser penser que l'atelier analysait les minerais issus de plusieurs chantiers (Gauthier 2012, p. 177-179). Ce carreau est en tous cas l'un des sites dont l'interprétation en tant qu'atelier d'essai des minerais est la plus sûre parmi ceux recensés pour la période médiévale.

D'autres sites liés à des exploitations minières entre le XIV^e^ et le XVI^e^ siècle ont livré des indices laissant supposer, parfois à défaut d'autres hypothèses, des ateliers d'essais (Bohly & Probst 1990 ; Cech 2000 ; Py 2009, p. 923-928).

Pour finir, revenons un peu plus en détail sur le site de Brandes (38), agglomération minière active du XII^e^ au début du XIV^e^ siècle, fouillée de 1977 à 2014 sous la direction de Marie-Christine Bailly-Maître. Dans ce cas, l'hypothèse de structures ayant servi à essayer le minerai a été tôt faite (Bailly-Maître & Bruno-Dupraz 1994, p. 98-100). Quatre petits foyers quadrangulaires ouverts, délimités par des pierres posées de chant et contenant charbons de bois, scories de petit module et fragments de baryte, étaient mis en avant en 1994. La ténuité de ces indices était soulignée, qui n'ont d'ailleurs par été rappelés 25 ans plus tard (Bailly-Maitre 2019). Des structures assez proches avaient été mises au jour sur le site de l'Altenberg (Siegerland, Allemagne) au début des années 1970 ; interprétées dans les années 1990 par les

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

fouilleurs comme de possibles foyers d'essai (Dahm *et al.* 1998, p. 94-96, 121). Bien que la présence de scories et de charbon ait été notée, l'interprétation de ces foyers a été revue depuis en fours à pain[2].

À Brandes, une plateforme en bord du plateau, exposée à une bonne ventilation, a été remarquée pour la présence de petites cavités irrégulières creusées dans la roche et recouvertes de cendres et de charbons de bois. Elles contenaient parfois de petites scories de la taille d'une noix, de l'argile rubéfiée ou de la poudre de baryte. Immédiatement à l'aval, une halde de concassage, sondée, n'a livré ni minerai grillé ni scorie. Le site est néanmoins présenté comme une aire de grillage. Il constitue en 2019 l'une des deux preuves avancées d'une pratique de l'essai du minerai sur le plateau (Bailly-Maitre 2019, p. 271-277). La seconde est un lingot de plomb, dit d'œuvre, découvert dans un atelier de taille remarquable comprenant des structures minéralurgiques et de petits foyers. Le lingot de 350 g., 4 cm de hauteur et de largeur et dont la forme trahit le creuset dans lequel il a été fondu, est notamment composé de 95,6 % de plomb, 3,2 % de cuivre, 0,08 % d'argent et 0,2 % d'or. Cette teneur, égale au minimum exploitable pour une galène selon Agricola (Merkel 2021), pourrait certes être due à un emplombage de la prise. La forme du lingot pourrait certes être due à la refonte du plomb d'œuvre obtenu via un mode opératoire non connu. Mais il pourrait tout aussi bien s'agir de plomb commercial, dans cette agglomération où la métallurgie secondaire était courante[3]. Là encore, l'hypothèse est généreuse quand des indices particulièrement ténus contribuent à prouver l'existence d'une pratique que l'on est par ailleurs certain qu'elle ait eu sa place au sein de ce complexe minier. La solidité de l'argument destiné à prouver une pratique de l'essai est aussi questionnée par la présence, étayée par les sources écrites du second XIII^{e} siècle, d'un four métallurgique sur le plateau. Malgré l'absence de vestiges connus à ce jour, il serait le plus à même d'avoir servi à réaliser des essais de minerais, sur des quantités comparables à celles données à Saint-Laurent-du-Lac en 1359, soit plusieurs centaines de livres de minerais (Bailly-Maître 2000).

Ni archives ni terrains n'ont réellement permis, pour le moment, de saisir la matérialité d'un atelier d'essai médiéval ou moderne. La rareté des corpus connus autorise à peine à esquisser une typo-chronologie du mobilier de laboratoire, dont l'évolution est pourtant bien cernée entre le XIII^{e} et la fin du XV^{e} siècle grâce à des découvertes ponctuelles, mais surtout sur la base des données d'archives. L'importance de l'essai du minerai dans la logique de l'entreprise minière est parfaitement reconnue, bien que l'opération ne soit pas indispensable à la production de métal. Cette omniprésence supposée face à une absence matérielle prononcée laisse un espace béant, que d'aucuns souhaitent parfois combler avec quelque précipitation. Les travaux menés ces dernières années éviteront sûrement à des éléments discrets de passer entre les mailles du filet de la recherche. Mais l'espoir de pouvoir caractériser plus avant la pratique de l'essai des minerais ne passera que par un renforcement de l'archéologie minière, celle-là même savamment initiée il y a un petit demi-siècle sous les auspices de la pluridisciplinarité.

[2] Com. orale Manuel Zeiler.

[3] Les teneurs en impuretés (Ag, Au) sont hautes en comparaison du corpus de plombs de cathédrales connu à ce jour, qui montre généralement des teneurs en argent inférieures à 0,02 % - exception faite de ceux présentés dans ce même volume (L'Héritier *et al.*), qui atteignent les 0,05 %.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

4 Bibliographie

Bailly-Maître, M.-Chr., 2000. Essai d'une mine de plomb et argent *versus Arenas* en Oisans par ordre du gouverneur du Dauphiné le 15 octobre 1359. *In* A. Belmont (dir.). *Pierres de mémoire, écrits d'histoire. Pages d'Histoire en Dauphiné offertes à Vital Chomel par l'association Patrimoine de l'Isère*. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 131-143.

Bailly-Maitre, M.-Chr.,2010. Mines et monnaies : les sources du pouvoir dans le Languedoc occidental. *In* M. Bourin (dir.). *En Languedoc au XIII^e siècle*. Presses Universitaires de Perpignan, Perpignan, 125-142.

Bailly-Maitre, M.-Chr., 2019. *L'entreprise minière de Brandes (XI^e-XIV^e siècles). Huez, Oisans (Isère) : Extraction et transformation de minerais argentifères*. DARA 47. Alpara, MOM Éditions, Lyon.

Bailly-Maître, M.-Chr., Bruno-Dupraz, J., 1994. *Brandes en Oisans : la mine d'argent des Dauphins (XII^e-XIV^e s.) - Isère*. DARA 9. Service régional de l'archéologie de Rhône-Alpes, Lyon.

Bohly, B., Probst, G., 1990. *Le fourneau de l'Amselkopf, Steinbach (Haut-Rhin)*. Rapport de sondage.

Cech, Br., 2000. Gold and silver production in the fifteenth and sixteenth century based on the results of archaeological excavations in the Gasteiner Tal, Austria. *In* M. Feugère, M. Guštin (éd.). Iron, Blacksmiths and Tools. Ancient European Crafts. Acts of the Instrumentum Conference at Podsreda (Slovenia) in April 1999. Monique Mergoil, Montagnac, 21-33.

Clerc, P., 2018. La mine *Patris*. Le chantier sur filon. *In* J. Gauthier, P. Fluck, B. Bohly (dir.). *Mines et métallurgie des métaux non-ferreux en Alsace du haut Moyen Âge au XVII^e siècle. Rapport de PCR 2018*. 15-42.

Dahm, Cl. Lobeddey, U. Weisgerber, G. (éd.), 1998. *Der Altenberg, Bergwerk und Siedlung aus dem 13. Jahrhundert im Siegerland*. Die Befunde 1. Dr. Rudolf Habelt GMBH, Bonn.

Dallmann, W., Gühne, A., 1993. Archäologische Belege zur Früzheit des Bergbaus und des Hüttenwesens im Revier Freiberg/Sachsen. *In* H. Steuer, U. Zimmermann (éd.). Montanarchäologie in Europa. Berichte zum Internationalen Kolloquium « Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa, Freiburg im Breisgau, octobre 1990. Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen, 343-353.

Eckstein, K., Hauptmann, A., Rehren, Th., Richter, U., Schwabenicky, W., 1994. Hochmittelalterliches Montanwesen im sächsischen Erzgebirge und seinem Vorland. *Der Anschnitt*, 46, 4-5 : 114-132.

Gauthier, J., 2011. Le carreau et le porche de la mine *Patris*. *In* P. Fluck (dir.). *Mines et métallurgie à l'Altenberg. Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin) – X^e-XVI^e siècles. Rapport final de PCR 2009-2011*, 28-49.

Gauthier, J., 2012. La fortune des entreprises minières : histoire et archéologie de l'essai des minerais par voie sèche en Europe, du haut Moyen Âge au XVIII^e siècle. Thèse de doctorat, Université de Haute Alsace - Mulhouse.

Gauthier, J., 2013. L'essai des minerais au XVI^e siècle : réductions expérimentales de galènes au four à moufle. *In* Fl. Téreygeol (dir.). *Comprendre les savoir-faire métallurgiques antiques et médiévaux*. Errance, 155-167.

Gauthier, J., 2023. Un corpus unique en France pour l'archéologie de l'essai des minerais : les scorificatoires de Sainte-Marie-aux-Mines (XVI^e siècle). *Pierres et Terre*, 39 : 41-53.

Goldenberg, G., Otto, J., Steuer, H., 1996. *Archäometallurgische Untersuchungen zum Metallhüttenwesen im Schwarzwald*. Thorbecke, Sigmaringen.

Gühne, A., 1985. Neue Ergebnisse zur Stadtkernforschung in der Bergstadt Freiberg – Borngasse. *Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege*, 29 : 313-352.

Gühne, A., 1992. Eine hochmittelalterliche Turmsubstruktion in der Burg von Freiberg. *Ausgrabungen und Funde*, 37 : 21-31.

Labuda, J., 1993. Montanarchäologische Forschungen im Erzbergbaurevier von Banskà Štiavnica (Schemnitz). *In* H. Steuer, U. Zimmermann (éd.). Montanarchäologie in Europa, Berichte zum Internationalen Kolloquium « Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa », Freiburg im Breisgau, octobre 1990. Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen, 385-390.

Labuda, J., 1997. Montánna archeológia na Slovensku : príspevok k dejinám stredoveku. *Slovenská archeológia*, XLV, 1 : 83-156.

Maqueda, Fl., Téreygeol, Fl., Foy, E., Géraud, M., 2023. The muffle : an innovation around silver refining at Castel-Minier in the 14th century. *Acta rerum naturalium*, 28 : 89.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Martinón-Torres, M., Rehren, Th., 2009. Post-medieval crucible production and distribution : a study of materials and materialities. *Archaeometry*, 51, 1 : 49-74.

Martinón-Torres, M., Rehren, Th., Osten, S. von, 2003. A 16th century lab in a 21st century lab : archaeometric study of the laboratory equipment from Oberstockstall (Kirchberg am Wagram, Austria). *Antiquity*, 77, 298.

Merkel, St. W., 2021. The Richness of Silver Ore in the Middle Ages : A Comparative Study of Historical Descriptions and the Archaeological Evidence. *Mittelalterliche Bergbautechnik in historischen und archäologischen Quellen*. Der Anschnitt, Beihefte 45. Deutsches Bergbau-Museum, Bochum, 39-44.

Mongiatti, A., 2009. Assaying and smelting noble metals in sixteenth-century Austria : a comparative analytical study. PhD thesis, UCL (University College London). DOI : 10/1/18710.pdf.

Osten, S. von, 1998. *Das Alchemistenlaboratorium von Oberstockstall : ein Fundkomplex des 16. Jarhunderts aus Niederösterreich*. Monographien zur Frühgeschichte und Mittelalterarchäologie 6. Universitätverlag Wagner, Innsbruck.

Py, V., 2009. Mine, bois et forêt dans les Alpes du sud au Moyen Âge. Approches archéologique, bioarchéologique et historique. Thèse de doctorat, 3 vol., Université d'Aix-Marseille I.

Richter, U., 1994. Der Freiberger Raum. *Der Anschnitt*, 46e année, 4-5 : 118-121.

Smith, C. S., Forbes, R. J., 1969. Metallurgy and assaying. *A History of technology, vol. 3 : From Renaissance to the industrial revolution*. Clarendon Press, Oxford, 27-71.

Téreygeol, Fl., 2004. Melle, recherches sur la production d'argent à l'époque carolingienne. Rapport de fouille et d'expérimentations.

Téreygeol, Fl., Gauthier, J., 2013. Le godet d'une pile du xive siècle à Castel-Minier (F, Ariège). *Instrumentum*, 38 : 44-46.

Thomas, N., Martinon-Torres, M., Goy, C., Rehren, Th., 2006. La fouille archéologique du quartier Velotte à Montbéliard : nouvelles données sur des opérations de chimie oubliées. *Mémoires de la Société d'Emulation de Montbéliard*, 155, 129 : 441.

Vogt, H.-J., 1972. Zu einigen Bodenfunden. *In* H. Magirius (dir.). *Der Freiberger Dom*. Forschungen und Denkmalpflege, Weimar, 53-56.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984