

# DARA

Documents  
d'Archéologie  
en Rhône-Alpes



## LA MINE DE PAMPAILLY

XVe-XVIIIe SIÈCLES

BRUSSIEU - RHÔNE

Paul BENOIT



Alpara

---

## La mine de Pampailly, XV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles

Brussieu, Rhône

Paul Benoit

---

DOI : 10.4000/books.alpara.1794  
Éditeur : Alpara  
Lieu d'édition : Lyon  
Année d'édition : 1997  
Date de mise en ligne : 2 juin 2016  
Collection : DARA  
EAN électronique : 9782916125336



<https://books.openedition.org>

### Édition imprimée

EAN (Édition imprimée) : 9782906190184  
Nombre de pages : 140

### Référence électronique

BENOIT, Paul. *La mine de Pampailly, xv<sup>e</sup>-xviii<sup>e</sup> siècles : Brussieu, Rhône*. Nouvelle édition [en ligne]. Lyon : Alpara, 1997 (généralisé le 09 juin 2023). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/alpara/1794>>. ISBN : 9782916125336. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.alpara.1794>.

---

Ce document a été généré automatiquement le 9 juin 2023. Il est issu d'une numérisation par reconnaissance optique de caractères.

© Alpara, 1997  
Licence OpenEdition Books

## RÉSUMÉS

Le procès de Jacques Cœur, Grand Argentier de Charles VII, mais aussi homme d'affaires le plus riche du Royaume, a laissé des documents qui éclairent de manière exceptionnelle l'histoire de la mine de Pampailly dans le Rhône, pendant quelques années au milieu du XV<sup>e</sup>s. Exploitée essentiellement pour l'argent, la mine produisait aussi de grandes quantités de plomb et un peu de cuivre.

Ces documents sont à l'origine de l'enquête archéologique menée depuis une quinzaine d'années sur ce site. Celle-ci a utilisé, outre les méthodes de fouille et de prospection traditionnelles, les techniques d'exploration souterraine de la spéléologie minière et fait appel constamment aux ressources des sciences physiques et naturelles. L'étude géologique a permis de comprendre la nature et la forme du filon, donc les conditions de son exploitation, la géophysique a décelé nombre de vestiges enfouis, les analyses chimiques des minerais et des résidus de traitement donnent une idée de plus en plus précise des opérations métallurgiques réalisées sur place alors que la métallographie a révélé la manière dont étaient fabriqués et réparés les outils des mineurs. Prospections souterraines, fouilles et études de laboratoire ont été confrontées aux textes anciens. Cette démarche a permis de reconstituer de nombreux aspects techniques, économiques et sociaux de la vie de l'entreprise. Apparaît alors une mine, de dimensions moyennes à l'échelon européen, mais qui est probablement la première productrice d'argent du royaume de France. L'exploitation s'enfonce à plus de 200 m sous terre et s'étend sur plusieurs hectomètres. Environ cent cinquante personnes s'emploient à l'extraction et au travail des minerais quand tout un monde de charbonniers, de transporteurs et de fournisseurs vivent aussi de l'activité de Pampailly.

Pampailly se révèle comme un lieu d'innovation aussi bien dans le domaine du traitement métallurgique que dans celui de l'extraction. Ainsi a été mise au jour une voie de roulage en bois, probablement la plus ancienne jamais découverte en Europe, et sans doute une des toutes premières réalisées en France.

Lors de la brève reprise de l'exploitation au XVIII<sup>e</sup>s., sous l'influence des frères Jars, un four de réduction de minerai de plomb fonctionnant à la houille est installé. Là encore, il s'agit d'une nouveauté pour la France. Aussi bien au XVIII<sup>e</sup>s. qu'au XV<sup>e</sup>s., la mine de Pampailly s'avère donc bien être un lieu d'innovation.

# SOMMAIRE

## *Propos liminaire*

Michel Mercier

## *Avant-propos*

## *Introduction*

Des sources écrites exceptionnelles  
De nombreuses références iconographiques  
L'archéologie

## *Chapitre 1. Pampailly au XV<sup>e</sup> siècle, lieu d'innovation*

Naissance et développement d'une grande mine d'argent

## *Chapitre 2. Seconde moitié du XV<sup>e</sup> siècle : une mine moderne*

Régie royale et affermage  
Les techniques, le poids de l'innovation

## *Chapitre 3. Fer, plomb et argent : les métallurgies de Pampailly*

Les forges  
Le traitement des minerais argentifères

## *Chapitre 4. Économie et société de la mine : vie locale et importance nationale*

Une entreprise rentable ?  
Les hommes  
Un monde ouvert vers l'extérieur

---

## **Au XVIII<sup>e</sup> siècle, la Révolution de la houille**

### *Chapitre 5. Pampailly au XVIII<sup>e</sup> siècle*

Les hommes de la reprise

### *Chapitre 6. Des techniques minières traditionnelles*

Le porche du Vernay au XVIII<sup>e</sup> siècle

### *Chapitre 7. L'usine du Vernay : hydraulique et minéralurgie*

La documentation écrite  
Le système hydraulique  
La minéralurgie

### *Chapitre 8. La métallurgie du plomb : la Révolution de la houille*

Jars et la houille  
Le four de Pampailly  
Pampailly dans son contexte européen

*Conclusion*

*Annexe. La vaisselle de terre de Pampailly*

*Glossaire*

*Bibliographie*

*Crédits illustrations*

*Le site de Pampailly*

# Propos liminaire

Michel Mercier

---

- 1 Cet ouvrage illustre l'apport de la collaboration entre les collectivités, l'État, par l'intermédiaire du Service régional de l'Archéologie, et une équipe de chercheurs universitaires.
- 2 Parmi les collectivités, le département du Rhône a tenu la première place à la fois par l'importance de son soutien financier et la durée de son aide. Il s'agissait pour lui de faire découvrir un aspect important du passé minier de l'Ouest du département, quelques décennies après l'abandon de l'extraction des produits du sous-sol, au terme d'une histoire séculaire qui reste très présente dans la mémoire des hommes comme dans le paysage.
- 3 Au contact des cantons de Saint-Laurent-de-Chamousset et de l'Arbresle, la mine de Pampailly a joué un rôle important dans le domaine de l'innovation industrielle. Au Moyen Age, ce sont des techniques minières, mises au point dans le monde germanique, qui ont trouvé là leurs premières applications en France ; au XVIIIe s., ce sont des procédés anglais importés par un Lyonnais de génie, Gabriel Jars, qui ont fait de Pampailly un des premiers sites à utiliser, en Europe continentale, la houille dans la transformation de minerais en métal. Étape décisive du développement de la métallurgie moderne.
- 4 Cette même recherche de l'innovation se retrouve dans la démarche des chercheurs qui, alors que leur entreprise avait débuté par l'aventure de l'exploration souterraine, se sont tournés vers des techniques d'analyse de plus en plus performantes pour préparer ou expliquer leurs découvertes.
- 5 La publication de l'ouvrage de Paul Benoit marque une étape importante de la mise en valeur du site de Pampailly. Sa publication sera suivie de celle d'un CD Rom en collaboration entre l'équipe de recherches et le Centre Multimédia de la Communauté de Communes du canton de Saint-Laurent-de-Chamousset, dont la réalisation est déjà avancée, et de l'ouverture d'une salle d'exposition que la municipalité de Brussieu a prise en charge. La dynamique lancée par le département a entraîné l'intervention d'autres participants régionaux et locaux pour donner à ces cantons de l'Ouest

Lyonnais une vision plus exacte de leur histoire, pour montrer que l'innovation dont ils se réclament plonge ses racines dans un passé lointain.

---

AUTEUR

**MICHEL MERCIER**

Président du Conseil Général du Rhône

# Avant-propos

---

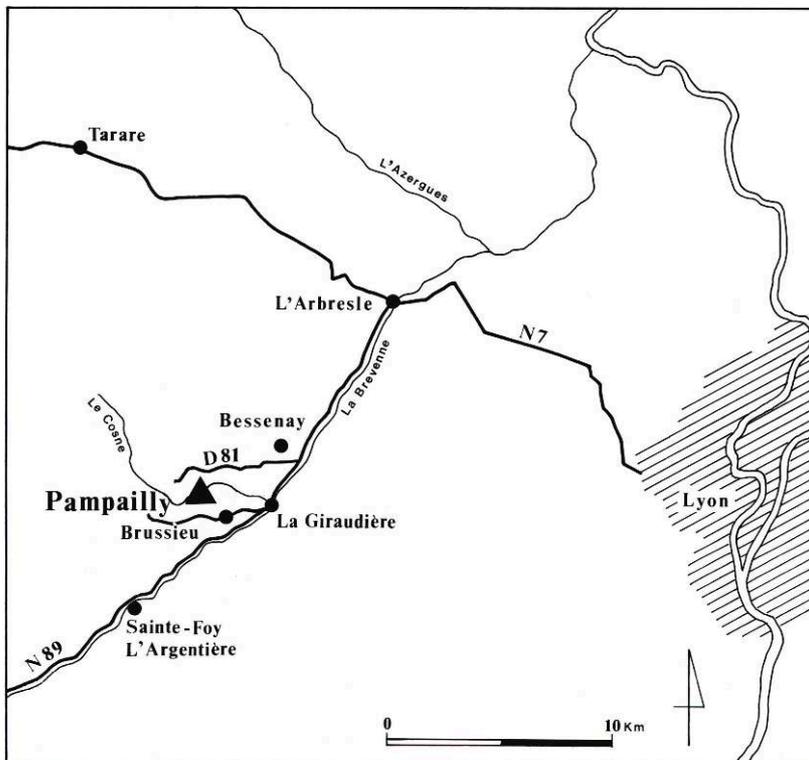
- 1 S'il faut un auteur à un livre, la publication d'une fouille est le résultat d'une somme d'efforts, d'une conjonction de volontés et de dévouements qu'il convient de rappeler. La liste serait trop longue de tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont apporté leur contribution à cette recherche. Ils ne seront donc pas nommés ici, mais, je l'espère, se retrouveront dans ces lignes.
- 2 L'archéologie coûte cher. Le chantier de Pampailly n'a pu se développer que grâce au département du Rhône qui a soutenu l'opération depuis ses débuts et a été, de très loin, le premier financier de l'opération. Importante aussi a été l'aide de la Région Rhône-Alpes à travers le Programme pluriannuel en sciences humaines (PPSH) qui, pendant six ans, a apporté son concours. L'État enfin a joué un rôle déterminant, avec le très fort soutien financier, mais aussi scientifique et technique de la Direction régionale des Affaires Culturelles, Service régional de l'archéologie (ancienne Direction régionale des Antiquités Historiques).
- 3 Ces aides auraient sans doute été insuffisantes sans un écho local. La collaboration avec la commune de Brussieu à travers ses élus et sa population a été constante. Son appui s'est manifesté dans tous les domaines, en particulier celui du logement. La Communauté de Communes du Canton de Saint-Laurent-de-Chamousset a, elle aussi, soutenu sans relâche ce projet. Parmi les habitants de Brussieu et des communes voisines de Bessenay et de Brullioles, il nous faut faire une place particulière aux propriétaires des terrains sur lesquels nous avons pu, sauf cas très rares, travailler en toute liberté, coupant les arbres, défonçant le sol, utilisant les services gratuits de tracteurs, avec pour seule demande, en retour, d'aboutir dans notre recherche. Nos remerciements les plus vifs vont aussi à tous ceux qui nous ont hébergés, qui nous ont prêté du matériel.
- 4 La fouille de Pampailly a nécessité l'intervention de nombreux laboratoires qui apparaîtront dans le texte. Que leurs interventions aient été bénévoles ou rétribuées, qu'ils appartiennent au secteur public (Universités, CNRS), ou au secteur privé, tous ont fait preuve d'une grande compétence et d'un dévouement qu'il nous faut souligner.
- 5 Enfin, j'associerai à ce travail tous les membres de l'équipe, aussi bien les fouilleurs bénévoles, plusieurs centaines à ce jour, que les chercheurs plus qualifiés qui ont dépouillé les archives, travaillé en laboratoire ou participé à la direction du chantier.

Au moment d'achever ce livre, je voudrais souligner le rôle essentiel de ceux qui, au cours de ces quinze années, ont été mes adjoints. Jeunes chercheurs, très différents les uns des autres par le profil comme par le caractère, mais tous passionnés par cette entreprise, qui sans eux n'aurait pu être menée à bien.

# Introduction

---

## 1 - Pampailly dans la région lyonnaise

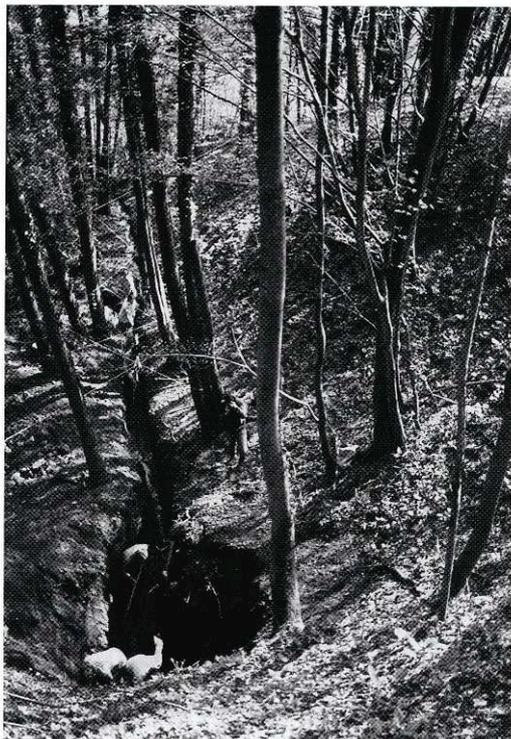


- 1 Au milieu du XVe s., des documents écrits éclairent de manière exceptionnelle l'histoire de la mine de Pampailly (**fig. 1**), signe de son importance, mais aussi de l'absolue nécessité que représentait l'argent pour les hommes du temps. À cette époque, la France, comme tout l'Occident, sort d'une crise séculaire d'une rare ampleur : dans bien des régions le nombre des hommes a diminué de moitié, la production s'est effondrée tout comme les revenus ruraux, alors que la transformation des structures politiques s'effectue dans un climat de guerres et de tensions sociales. La disette de métal monétaire, chronique tout au long du Moyen Âge, s'accroît, la naissance de l'Etat moderne, la reconstruction de l'économie européenne à partir de

1450 multiplient les besoins. Pour y répondre, les recherches de métaux précieux se développent en Europe, mais aussi hors du continent. Si la quête d'or et d'argent fut un des moteurs essentiels des « Grandes découvertes », l'immense fortune de Jacob Fugger, au tournant des XVe et XVIe s., reposait en grande partie sur la production et le commerce de l'argent d'Europe centrale, des mines du Tyrol ou de Hongrie. Dans toutes ces opérations, des liens étroits unissaient le pouvoir politique aux hommes d'affaires ; des solutions nouvelles, nouveaux sites ou nouvelles techniques, étaient recherchées pour produire davantage de métal blanc (Benoit 1984 et 1994b).

- 2 L'aventure industrielle de Pampailly marque les débuts de cette ère de recherches frénétiques de métaux précieux qui se manifeste en Europe. Déjà, le roi de France et le plus grand homme d'affaires du royaume, Jacques Cœur, sont impliqués dans l'entreprise, déjà un effort considérable pour développer des techniques de pointe se manifeste, déjà des capitaux importants sont investis dans l'entreprise. Ces faits apparaissent à travers une série de textes liés au procès et à la condamnation de Jacques Cœur, documentation unique concernant un site minier européen, mais limitée à la fois dans le temps et dans son propos.
- 3 La place tenue par Pampailly, sensible à travers ces sources écrites, n'a pas échappé aux historiens. Dès 1861, deux ingénieurs lyonnais, Poyet et Fournet, présentaient devant l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon des communications traitant de l'exploitation du site surtout au XVIIIe s. (Poyet 1861, Fournet 1861). Quelques années plus tard, Siméon Luce publiait un article dans la *Revue des questions historiques* qui prenait pour base le règlement de la mine édicté par Jean Dauvet (Luce 1877). En 1928, A. Joly présentait les exploitations minières, parmi les autres possessions de Jacques Cœur en Lyonnais, dans un article de la *Bibliothèque de l'Ecole des Chartes* (Joly 1928). Mais ce sont les travaux de Michel Mollat sur Jacques Cœur qui relancèrent les recherches concernant Pampailly. La publication du *Journal du Procureur Dauvet* en 1953 (*Journal*, Mollat éd. 1953) s'accompagnait quatre ans plus tard d'un mémoire de D.E.S. soutenu devant l'Université de Lille où il enseignait (Vandevoorde-Couder 1957). La question de Pampailly intéressa même les Allemands pourtant riches en documents miniers. A. Laube consacra, à Leipzig, sa thèse à la naissance des rapports de production capitaliste à travers le cas des mines du Lyonnais et du Beaujolais, dont la plus importante et la mieux connue était Pampailly (Laube 1963). Enfin, au cours des dernières décennies, la mine attira l'attention d'Alexis Chermette, professeur de géologie à Lyon, comme celle d'Alain Bourgoïn, dernier directeur des mines de Sain-Bel et de Saint-Pierre-la-Palud, autrefois possédées par Jacques Cœur (Chermette 1981 et 1989, Bourgoïn 1985 et 1989). À ce moment déjà, les travaux de notre équipe avaient commencé, Anne-Thérèse Rendu entreprenait l'édition des comptes de la mine au XVe s.
- 4 Cependant, jusqu'à notre intervention (**fig. 2**), la vision du site restait partielle dans sa chronologie et dans sa problématique. Tous les aspects touchant à l'organisation du site en fonction des données naturelles, à l'outillage et aux techniques d'exploitation minière ou de traitement des métaux restaient très mal connus. Une opération archéologique s'avérait indispensable, d'autant plus que la documentation écrite manifestait l'importance exceptionnelle du site. Une nouvelle phase de l'histoire de Pampailly commençait en 1981 avec les premières interventions archéologiques, prospections d'abord, puis fouilles et études de laboratoire. Désormais, l'enquête allait se développer avec une intensité qu'elle n'avait jamais connue jusqu'alors, en alliant systématiquement les recherches dans les textes et sur le terrain.

## 2 - Les débuts de la fouille à Pampailly, l'ouverture de la galerie du Vernay

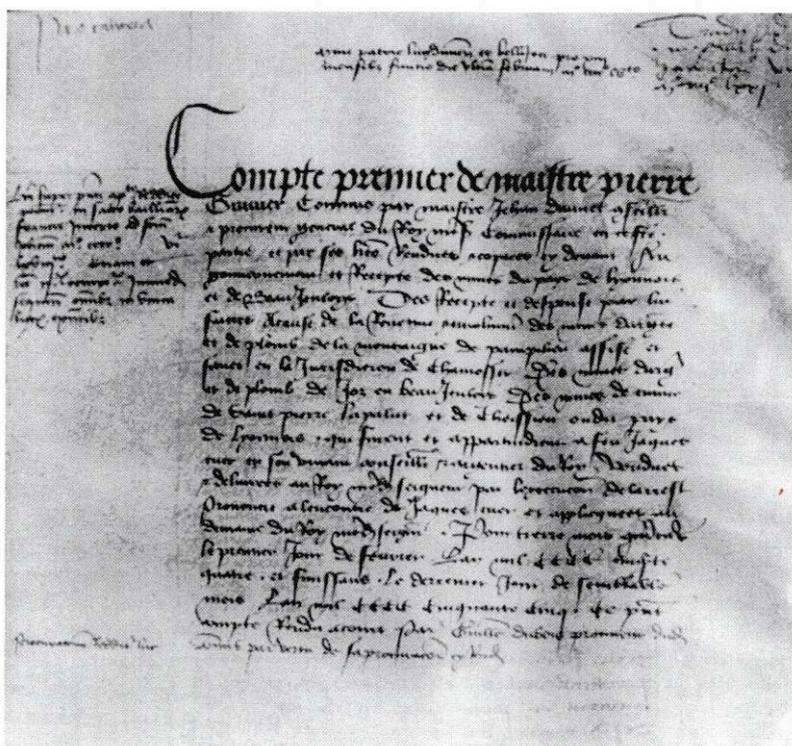


### Des sources écrites exceptionnelles

- 5 L'importance de la mine apparaît à travers son histoire : elle a fait la richesse d'Hugues Jossard, notaire royal qui, à son décès, possédait un capital le plaçant à la seconde place des fortunes lyonnaises (Fédou 1954 et 1964). Jacques Cœur s'en rendit acquéreur et, lorsqu'après la saisie des biens de l'Argentier, Charles VII ne put trouver immédiatement de fermiers pour l'exploitation, l'administration royale reprit l'entreprise en régie directe, formule exceptionnelle alors, qui montre l'intérêt porté à Pampailly par la monarchie. Cette histoire a laissé des documents qui en font la mine la mieux connue d'Europe au XVe s. L'homme chargé par le roi de saisir les biens de Jacques Cœur, le Procureur Jean Dauvet, a consigné dans son *Journal* les pièces essentielles concernant sa mission ; les questions minières y tiennent une place notable. Visitant les lieux, Dauvet a tracé un tableau des installations de Pampailly et a fait dresser deux inventaires des biens meubles. Dans un second temps, le Procureur fut chargé de relancer l'exploitation, son *Journal* contient alors les actes royaux, les procès-verbaux des réunions avec les techniciens, comme le nouveau règlement donné à l'entreprise (Dauvet, Mollat éd. 1953). Dauvet en confia la direction à Pierre Granier, qui a tenu les comptes de l'entreprise exploitée en régie directe pour l'année 1455 (*Comptes*)<sup>1</sup>. De cette exploitation par l'administration royale, qui dura du début février 1455 à la fin février 1456, il reste une comptabilité d'une précision exceptionnelle pour l'époque (fig. 3). Elle concerne la production de la mine et des fonderies, les dépenses industrielles, l'alimentation des mineurs et les salaires. Au terme de ces treize mois, la monarchie donna à ferme l'exploitation, mais elle continua à financer certains travaux d'investissement. Les comptes de la mine affermée en 1456 et 1457 deviennent moins

précis, mais fournissent encore des chiffres de production et le montant des dépenses et des revenus royaux. Le roi avait, en effet, gardé à sa charge certains travaux, en particulier le creusement d'une grande galerie d'évacuation des eaux, d'exhaure selon le terme propre. En 1457, Pampailly est restitué aux héritiers de Jacques Cœur, la documentation écrite disparaît alors presque totalement. L'historien dispose ainsi, pour une brève période d'environ trois années, d'une documentation comme il n'en existe pour aucune autre mine d'Europe de la fin du Moyen Âge.

### 3 - Les comptes de Pierre Granier, première page du premier compte (février 1455)



COMPTE PREMIER DE MAISTRE PIERRE Granier, commis par maistre Jehan Dauvet, conseiller et procureur général du Roy n. d. s., commissaire en ceste partie, et par ses lettres rendues et copiees cy devant, au gouvernement et recepte des mines du pays de Lyonnnois et de Beaujoloys, des recepte et despense par lui faictes a cause de la revenue et emolument des mynes d'argent de de plomb de la montaigne de Pampilieu assises et situes en la juridicion de Chamossset ; des mines d'argent et de plomb de Joz en Beaujeuloys ; des mines de cuivre de SaintPierre la Palut et de Cheissieu oudit pays de Lyonnnois, qui furent et appartendrent a feu Jaques Cuer, en son vivant conseiller et Argentier du Roy ; vendues et delivrees au Roy n.d. s. par l'execucion de l'arrest prononce a l'encontre de Jaques Cuer, et appliquees au domaine du Roy n.d. s.

Pour treize mois commençons le premier jour de fevrier, l'an mil 400 cent cinquante quatre et finissons le derrenier jour de semblable mois, Tan mil 400 cent cinquante cinq. Ce present compte randu a court par Guillaume Dubois, procureur dudit commis, par vertu de sa procuracion cy rendue (transcription A. Th. Rendu, Comptes f° 26 r°).

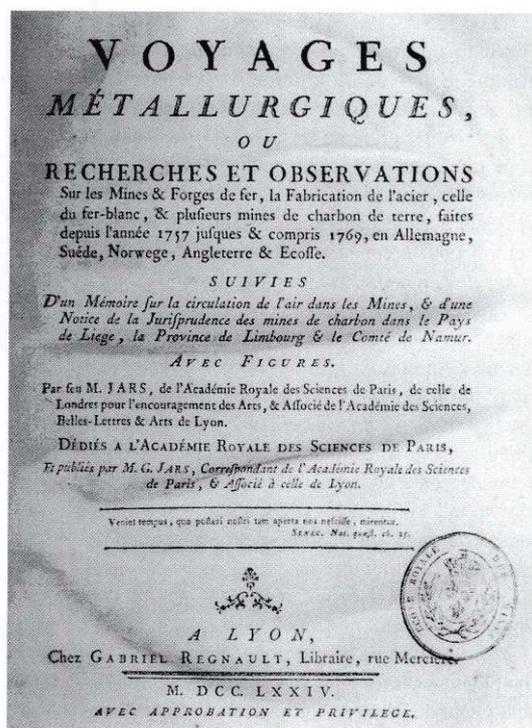
Arch. nat. KK 329, f°26

- 6 Ainsi, l'histoire de la mine de Pampailly est-elle éclairée par une documentation unique, mais pour un temps très bref, quelques années. Les sources écrites concernant les époques antérieures ou postérieures sont loin de posséder la même richesse. Les premières références à la mine remontent aux dernières décennies du XIV<sup>e</sup> s., lorsque le prieuré Saint-Irénée de Lyon, puis le notaire royal Hugues Jossard, se rendirent maîtres de plusieurs petites mines sur la colline de Pampailly. Huit textes ont à ce jour été dénombrés concernant l'histoire de Pampailly entre 1385 et 1414 (Rendu 1986,

Benoit et Rendu 1989). Une fois la mine rendue aux enfants de Jacques Cœur, la documentation s'éteint ou presque. Un seul document prouve que les héritiers de l'Argentier ont continué d'exploiter la mine. En 1475, Geoffroy Cœur livre à l'artillerie royale 61 livres de plomb provenant de Pampailly (Clément 1853). Le dernier texte qui se rattache à cette phase d'exploitation, allant de la fin du XIVe au début du XVIe s., provient des comptes du dixième, c'est-à-dire l'impôt royal levé sur toutes les mines, exceptionnellement conservé dans le Lyonnais pour l'année 1525. Il cite pour Pampailly une production de 2 marcs 6 onces, quantité ridicule comparée aux 858 marcs de 1455. Tout laisse à penser que la mine a été abandonnée et que le métal provient du retraitement des haldes (Valous 1865).

- 7 De 1525 à la seconde moitié du XVIIIe s., l'écrit n'apporte aucun renseignement sur une éventuelle activité de la mine. Le premier texte qui atteste une reprise date du 20 février 1765. Jean Blanchet présente un mémoire pour obtenir la permission d'exploiter la galène laissée par les anciens du village de Brussieu (Poyet 1861). Il s'associa avec le métallurgiste Jars et le financier Pernon pour créer la société des *Intéressés aux mines de cuivre du Lyonnais*. De l'exploitation par les *Intéressés*, peu de documents nous sont actuellement parvenus. Les Archives nationales de Paris ont livré un état de la mine et une *Notice historique sur la richesse minérale des monts du Forez, du Lyonnais et du Beaujolais* par Jars<sup>2</sup>. Par ailleurs, les notaires locaux ont conservé quelques actes de vente concernant l'implantation de l'exploitation à la fin du XVIIIe s.<sup>3</sup>. Enfin, à Brussieu même, le cadastre napoléonien garde trace des propriétés de la famille Jars et les registres paroissiaux ont fourni exceptionnellement des informations sur la vie des mineurs.
- 8 Ces archives renseignent sur la propriété de la mine, citent parfois des travaux, mais ne fournissent guère de données sur les techniques utilisées. D'autres sources les complètent. La fin du XVIIIe s. et les toutes premières années du XIXe s. ont été particulièrement productrices de littérature technique. En particulier, un des membres de la famille Jars, Gabriel le Jeune, fils du fondateur des *Intéressés aux mines de cuivre du Lyonnais* fut un des plus célèbres métallurgistes de son temps. Il voyagea dans toute l'Europe à la recherche d'innovations et écrivit de nombreux mémoires que publia son frère, Gabriel l'Aîné, qui dirigea les exploitations sur le terrain et collabora à l'œuvre de son cadet (voir encart ch. 5). L'essentiel de l'œuvre de Jars est contenue dans les *Voyages métallurgiques* (Jars 1774) (**fig. 4**), mais d'autres opuscules s'avèrent tout aussi utiles pour comprendre les techniques mises en œuvre à Pampailly. Aux écrits de Jars s'ajoutent ceux d'ingénieurs, ses contemporains ou ses cadets, tels Antoine Grimoald Monnet, ou des auteurs qui décrivent différents sites dans le *Journal des Mines*, publié de 1792 à 1815, date à laquelle il fut remplacé par les *Annales des Mines* (Beunier et Gallois an XII a et b, Daubuisson an X, Lelivec an XII, Monnet 1990).

4 - Page de titre de l'ouvrage, *Voyages Métallurgiques ou recherches et observations* de M. Jars publié en 1774 à Lyon



Bibliothèque de l'École des Mines de Paris

## De nombreuses références iconographiques

- 9 Alors que la documentation iconographique est une source de première importance pour l'histoire des mines et de la métallurgie de la fin du Moyen Âge et de la Renaissance, il n'existe aucune image, aucun plan, aucun document figuré qui donne une représentation du site de Pampailly avant la carte de Cassini qui n'apporte d'ailleurs que des renseignements très médiocres. Il faut attendre le début du XIXe s. et les cadastres napoléoniens de Brussieu, Bessenay et Brulliolles pour avoir des sources significatives qui éclairent d'ailleurs beaucoup mieux nos connaissances sur la reprise des travaux au XVIIIe s. que sur la grande époque d'exploitation de la fin du Moyen Âge.
- 10 Cependant, l'indigence des sources locales ne doit pas faire oublier le recours à l'iconographie pour interpréter les résultats des fouilles et parfois même guider la démarche de l'archéologue. Or, dans les années où se termine l'exploitation médiévale à Pampailly, les premières œuvres représentant les mines d'argent apparaissent dans le monde germanique. Vers 1470, ce sont les fresques d'Imst et le premier manuscrit minier de Kutna-Hora. À la charnière des XVe et XVIe s., maître Mathias peint la magnifique miniature du graduel utraquiste de Kutna-Hora. Dans la première moitié du XVIe s., les œuvres se multiplient, miniatures, tableaux ou pièces d'orfèvrerie. Au cours du siècle, la gravure et l'imprimerie mettent à la disposition d'un public plus large des images à caractère plus technique, comme le *De re metallica* d'Agricola (Agricola, France-Lanord trad. 1987) (**fig. 5**), *La Pyrotechnie* de Vanuccio Biringuccio (Biringuccio 1540) ou la *Cosmographie* de Sébastien Münster (Munster 1550). Les illustrations du

*Schwazerbergbuch* ont permis de comprendre que les bagues, les rondelles et les clavettes retrouvées dans la galerie du Vernay provenaient des petits chariots, ou chiens de mine, dans lesquels le minerai et les stériles étaient évacués (**fig. 6**) (*Schwazerbergbuch*, Winkelmann éd. 1977).

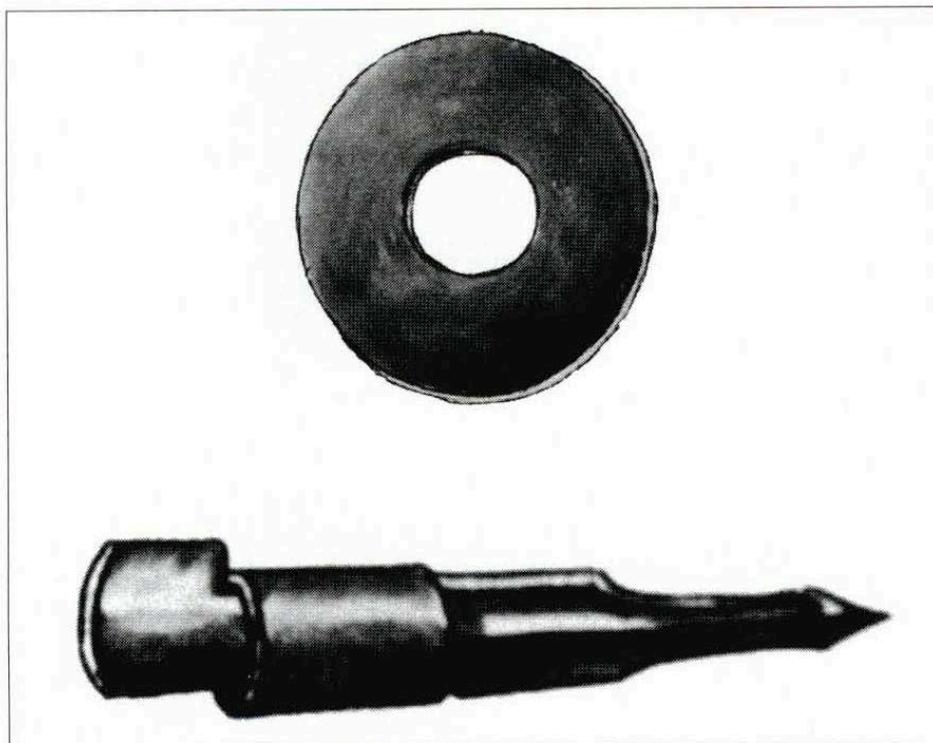
5 - Gravure représentant l'abattage au feu, tirée de l'ouvrage *De re metallica* d'Agricola 1556



Bibliothèque de l'École des Mines de Paris

- 11 À travers les illustrations des ouvrages de l'époque, comme le *Traité de l'exploitation des mines* de Monnet, des articles du *Journal*, mais surtout celles des *Voyages métallurgiques* de Jars, l'apport d'une iconographie extérieure à l'histoire propre du site s'avère encore plus importante pour comprendre les résultats des fouilles portant sur le site au XVIIIe s. Utile pour interpréter les vestiges du bocard, elle a été décisive pour la compréhension du four de réduction.

6 - Rondelle de fixation de la roue et clou de guidage du chariot ou chien de mine transportant les minerais et les stériles dans la galerie

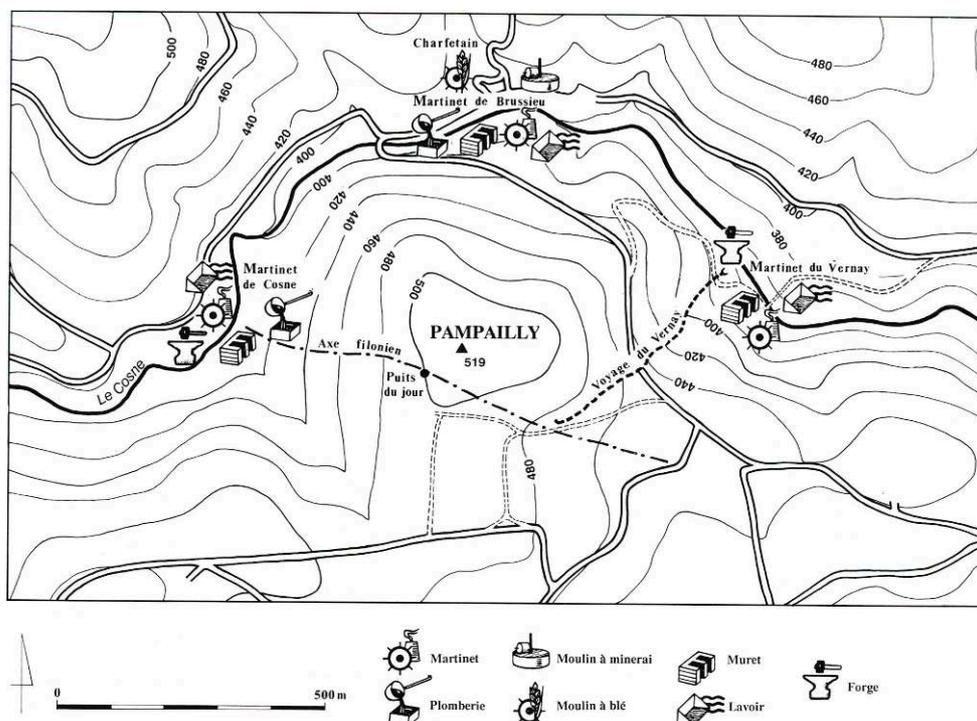


d'après le *Schwazerbergbuch* éd Winkelmann, 1977

## L'archéologie

- 12 Malgré la richesse des textes, bien des lacunes subsistaient, en particulier pour tout ce qui avait trait aux techniques et à l'organisation de l'espace industriel. Une enquête archéologique s'avérait donc indispensable, non seulement pour combler les vides laissés par les archives, mais surtout pour éclairer ces archives d'un jour nouveau. Les prospections initiales de 1981 furent bientôt suivies d'une fouille programmée dès 1982 et, sauf en 1986 où seules eurent lieu des prospections, tous les ans deux campagnes de fouilles se déroulent sur le site. L'enquête durera encore plusieurs années, elle a déjà beaucoup apporté grâce aux fouilles et aux prospections, donnant une image beaucoup plus concrète, et surtout plus vraie, de la chronologie du site, des méthodes d'exploitation, de l'organisation de l'espace et des techniques mises en œuvre au XVI<sup>e</sup> s. (**fig. 7, pl. 1** : dépliant en fin de volume) Pour arriver à ces résultats, il a fallu, plus que sur aucun autre site, croiser systématiquement les données de textes exceptionnels avec celles du terrain et du laboratoire, il a fallu aussi mettre en œuvre des moyens importants et coûteux en raison de la nature même du site minier et de l'importance du colluvionnement.

## 7 - Le site de Pampailly d'après les textes et les données de l'archéologie



L'emplacement du martinet de Brussieu est hypothétique

### Les prospections

- 13 Après une première étude des textes, l'enquête de terrain a commencé en 1981 par des prospections à vue qui ont permis de découvrir, sur le versant occidental de la colline, des haldes\*, c'est-à-dire les amas de déblais laissés par les mineurs et qui constituent les vestiges les plus caractéristiques d'une activité minière (fig. 8). L'allongement des haldes indique l'affleurement du filon et leur disposition laissait comprendre que plusieurs exploitations de surface avaient pu se développer sur cet affleurement. Malheureusement, le remaniement des haldes, nécessaire à l'agriculture, et les prélèvements effectués pour l'empierrement des chemins ou la fondation des maisons ont considérablement limité la possibilité de tirer des conclusions précises de l'examen de ces vestiges (Fluck 1979, Ancel et Fluck 1988). La toponymie et la présence d'une source évacuant l'eau de la mine ont permis de repérer le porche du Vernay, alors que de rares vestiges apparents de construction signalaient la présence du site métallurgique du XVIIIe s., interprété en première analyse, à la suite de la lecture du *Journal* de Dauvet, comme un ensemble d'ateliers du XVe s. Très positives au cours des deux premières campagnes, les prospections à vue n'ont cessé depuis, mais malgré des aspects concrets, elles n'ont pas toujours fourni les résultats espérés, en raison même de la nature du site, de la couverture forestière et surtout du recouvrement colluvionnaire.

## 8 - Haldes remaniées sur le versant ouest de la colline de Pampailly



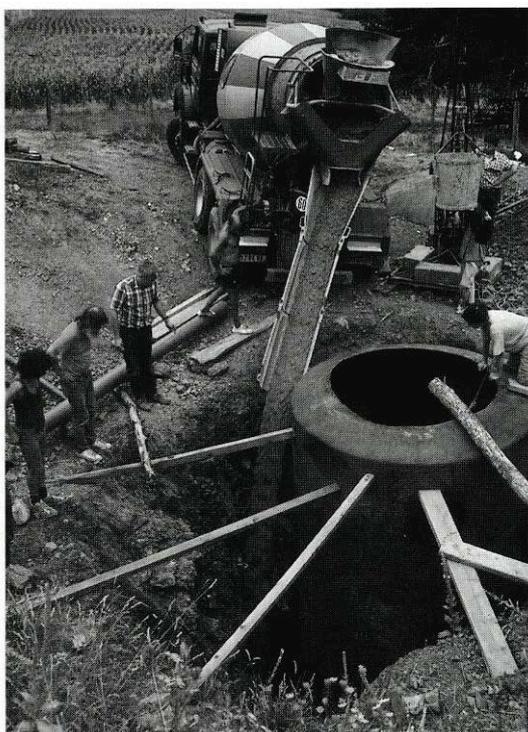
- 14 Des méthodes plus performantes s'avéraient donc indispensables. Outre l'examen des photographies aériennes de l'I.G.N., un survol à basse altitude a fourni des données intéressantes, mais limitées, souvent pour les mêmes raisons qui avaient nui à la prospection à vue. Enfin, si une vue de l'extérieur et l'examen des photographies aériennes indiquent assez clairement que le *martinet de Cosne*, le plus ancien des ateliers métallurgiques connus par les textes, se situe à l'ouest de la colline, sur la rive gauche du ruisseau, il a été impossible d'y pénétrer en raison du refus du propriétaire.

### L'archéologie minière et la spéléologie

- 15 À ces prospections de surface, qui ne diffèrent guère par les moyens d'investigation des méthodes employées dans d'autres branches de l'archéologie, s'ajoutent d'indispensables prospections souterraines. Les topographies, coupes, relevés et photographies, sont les principaux moyens d'étude des mines anciennes. Il va de soi que pour étudier ces mines, il faut être capable d'y circuler, d'y voir, de maîtriser dans la mesure du possible un milieu a priori hostile, donc d'adapter à l'archéologie les moyens développés par les spéléologues. À Pampailly, les conditions rencontrées sont particulièrement difficiles en raison des contraintes imposées par la géologie. Le filon s'inscrit dans une faille située dans des roches volcaniques fortement métamorphysées et dotées, souvent, d'un fort coefficient de schistosité. Sur le filon\*, c'est-à-dire dans une zone de faille dont les mouvements ont broyé au cours des millénaires les épontes et l'encaissant voisin, la roche est particulièrement ébouleuse. Aussi, malgré de nombreuses tentatives, il a été impossible de pénétrer dans les quartiers d'exploitation.
- 16 Le Puits du Jour, découvert à la suite d'une campagne de prospection complexe, a été l'objet d'une tentative de réouverture. Malheureusement, malgré des aménagements importants, un blindage de la partie supérieure et un boisage ensuite, il a été impossible de descendre au-delà de 10 m dans des conditions de sécurité suffisantes

(fig. 9). La réouverture de la galerie, taillée en travers-banc, c'est-à-dire hors de l'axe filonien, a nécessité de très importants travaux. Elle se trouvait enfouie sous plus de 6 m de colluvions qu'il a fallu dégager manuellement, faute de moyens. Des engins mécaniques ne sont intervenus que dans une seconde phase d'aménagement du site. À l'intérieur de la mine, il a fallu lever un éboulement situé sous une cheminée d'aérage, à 50 m de l'entrée de la mine, et déboucher une galerie abandonnée où les mineurs avaient stocké leurs déblais. Cependant, le chantier le plus important, qui a mobilisé les forces d'une bonne part de l'équipe en 1985 et 1986, se situe sur le filon, à plus de 400 m du porche, à proximité de l'endroit où le travers-banc du Vernay rencontre l'axe filonien. Une grosse opération de désobstruction, rendue difficile par la très grande fragilité du milieu, l'éloignement de l'extérieur, l'abondance d'eau et le manque d'air, a dû être interrompue en raison d'un éboulement. Une masse estimée à plusieurs dizaines de tonnes s'est effondrée et a entièrement comblé le passage qui venait d'être désobstrué. Dans de telles conditions, il a été décidé d'arrêter l'opération. Les efforts consentis n'ont pas cependant été totalement perdus, ils ont permis d'acquérir de nombreuses informations tant dans le domaine des techniques d'avancement que dans celui de la géologie du site.

#### 9 - Mise en sécurité du Puits du Jour



Au cours des siècles, dans une roche fragile, les bords du puits se sont fortement érodés nécessitant la mise en place d'un blindage

- 17 Les méthodes de relevé utilisées viennent directement des pratiques de la spéléologie en milieu karstique : relevé de l'azimut à la boussole et mesure des distances au double décimètre. Les largeurs sont prises à partir des perpendiculaires relevées sur le décimètre tendu. Le fil à plomb, le décimètre et le clinomètre permettent de mesurer les dénivellations et de prendre des mesures sur des terrains en pente. Une simple opération trigonométrique donne distances et altitudes. Cette méthode permet de

passer bien des obstacles dus au mauvais état de conservation de la mine : étroitures, éboulements, présence d'eau. Cependant, pour des mesures plus précises, en particulier pour déterminer la pente de la galerie, l'usage du théodolite s'est avéré indispensable.

## L'archéométrie

- 18 Pour toutes les recherches sur les techniques anciennes, l'archéométrie apporte des données indispensables à la compréhension des faits et à l'élaboration des hypothèses. Le rôle des sciences de la terre devient primordial lorsque la recherche s'étend aux activités minières. Le recours aux disciplines relevant des sciences physiques ou naturelles fait partie intégrante de l'information, au même titre que les textes ou les données des fouilles.

### Les datations

- 19 Les méthodes de datation utilisées à Pampailly ne se distinguent en rien de celles qui sont pratiquées sur d'autres sites. Cependant, la rareté du mobilier daté, face à l'abondance du bois et du charbon, a fait du site un champ d'application privilégié pour les techniques de datation s'appuyant sur des échantillons de bois et de charbon. Le radiocarbone, malgré son imprécision pour des périodes récentes, a été d'un grand secours. Il a daté d'avant la conquête romaine des charbonnières qui sont la première trace d'activité humaine. Mais surtout, étant donné que l'activité minière ne s'est développée qu'à des époques bien déterminées, en particulier de la fin du XIVe s. à la fin du XVe s. et durant les décennies 1760-1780, il a été possible, en croisant l'apport des textes et de la datation radiocarbone, d'attribuer à la seconde moitié du XVe s. le bâtiment industriel retrouvé au Vernay sur la rive gauche du Cosne. Cependant, c'est essentiellement la dendrochronologie qui a été utilisée, comme fréquemment en archéologie minière. La présence de boisages, de vestiges de voies de roulage conservés dans l'humidité de la mine, de restes d'installations de surface en bois ont été d'un grand secours. Il a été possible de retrouver, pour le XVIIIe s., des campagnes de travaux aussi bien sur les cuves de décantation que sur les boisages de l'entrée de la mine. Ainsi, à Pampailly, les deux voies de roulage du porche du Vernay ont pu être datées, l'une de la fin du XVIIIe s., l'autre de la seconde moitié du XVe s., date qui en fait la plus ancienne installation de ce type jamais fouillée (Benoit 1989 b). Malheureusement, si les bois sont bien conservés à l'intérieur de la mine et dans l'humidité du porche, le plus souvent les éléments ligneux ont été détruits dans le sol. En particulier tous les éléments en bois des canalisations qui apportaient l'eau à la mine, au Moyen Âge comme à l'Époque moderne, ont disparu. Cette destruction fut naturelle, puisque des clous encore en place attestent que les hommes n'ont pas détruit ces canalisations.
- 20 Cependant les relations entre l'archéologie minière et les techniques de datation actuelles sont unilatérales : elles ont davantage apporté à l'archéologie que celle-ci ne les a fait progresser. Il en va tout autrement de la géophysique.

### La géophysique

- 21 La résistivité électrique a permis de situer les principales structures enfouies sur bien des sites, ce fut le cas à Pampailly pour les ateliers métallurgiques du XVe s. situés sur

la rive gauche du Cosne (Dabas et Hesse 1988, Benoit 1989 b). Mais cette méthode ne se limite pas à retrouver des murs ou des fossés enfouis, elle a déterminé l'emplacement exact du Puits du Jour (Benoit 1989 b, Dabas et Hesse 1991). Les prospections magnétiques ont localisé le four à réverbère du Vernay. Mais le Centre de Géophysique de Garchy (CNRS), avec lequel une collaboration étroite s'est développée depuis plusieurs années, a mis au point, à Pampailly, des méthodes propres à l'archéologie minière et métallurgique. Une parfaite concordance des recherches géologiques et des mesures électromagnétiques (V.L.F. : Very Low Frequency) donne une vision très précise de l'étendue du filon de Pampailly, même dans les zones où les données archéologiques de surface et les prospections souterraines sont déficientes. Il s'ensuit une bien meilleure compréhension du site, de son étendue et de sa mise en valeur, confirmée par les prospections géologiques.

### **Géologie et minéralogie**

- 22 Indispensables pour comprendre à la fois les conditions d'extraction et de traitement des minerais, les travaux qui reposent sur les sciences de la terre constituent une spécificité nécessaire à l'archéologie minière. L'exploitation minière consiste à vider un gîte du corps minéralisé qu'il contient. Pour être capable de comprendre comment les hommes, à une époque donnée, ont pu effectuer un tel travail, il convient avant tout de savoir quel était ce gisement, sa forme, sa composition, les conditions de son accès. À Pampailly, l'étude géologique, très poussée, conduite dans la galerie, en corrélation avec l'analyse minéralogique, a seule permis de comprendre l'histoire géologique du site, sa fracturation, qui conditionne la minéralisation. Dès lors, s'expliquent les difficultés rencontrées par les mineurs dans le percement de la galerie du Vernay. De même, la minéralogie\*, qui analyse le minerai et sa gangue, éclaire les données des textes du XVe s., dont le vocabulaire résistait jusque-là à toute analyse, ainsi que les résultats des fouilles touchant les opérations minéralurgiques. La découverte de minerais très disséminés où les concentrations d'argent peuvent être fortes, explique la place tenue par les moulins à mine et les installations de lavage (Deroin et Benoit 1992).

### **Minerais et scories : l'apport de l'analyse élémentaire**

- 23 La connaissance du minerai, sa teneur en métal, les composants qui facilitent ou non son traitement, tout nécessite le recours aux analyses physico-chimiques des minerais. Les métaux produits ont rarement été abandonnés par les métallurgistes. En revanche, ils ont laissé en abondance les déchets de leur travail : les scories. L'analyse chimique des éléments qui composent la scorie, accompagnée d'une analyse en diffraction des rayons X qui en donne la structure cristalline, fournissent des données sur les conditions de réduction, en particulier sur les températures atteintes dans le four. Elles doivent être menées de pair avec une étude similaire des minerais susceptibles d'avoir été réduits au cours de l'opération. Il devient alors possible de discerner, grâce en particulier aux éléments mineurs et aux éléments traces, l'origine du minerai, et les adjuvants qui, en certains cas, ont été joints à la charge (Benoit et Guillot 1989, Ploquin 1995). L'enregistrement de toutes les données analytiques et leur traitement par un programme informatique permettent de caractériser des groupes de scories, de mettre en évidence l'utilisation de minerais différents selon les régions, de mieux distinguer

les scories de réduction des scories de forge, et, un jour, sans doute, de caractériser des processus techniques<sup>4</sup>.

### La métallographie

- 24 Tout objet métallique porte en lui les traces de son histoire, dont la métallographie donne une vision précise, même si elle est limitée. Sur un objet scié et poli, les analyses macrographiques et micrographiques renseignent d'abord sur la nature du métal employé, fer ou acier plus ou moins carburé. Les techniques de mise en forme apparaissent également : l'objet peut provenir d'un lingot ou d'un lopin formé de riblons corroyés à la forge ; il peut être de fer ou composé d'un assemblage de fer et d'acier ou encore avoir été formé à partir d'une barre ou d'une tôle. De même, les traitements thermiques et thermo-chimiques qu'il a reçus sont mis en évidence : cémentation, trempe ou nitrocarburation. Enfin usures, ruptures et réparations laissent des traces. L'analyse métallographique a été appliquée systématiquement à l'étude d'outils de mineurs, et a donné des résultats d'une exceptionnelle importance, puisque, partant d'objets, il a été possible de retrouver, au-delà des techniques de mise en forme, le processus d'élaboration du métal. Dans ce domaine, Pampailly, en particulier grâce à l'activité d'Ivan Guillot, dont les premiers travaux remontent à 1983, a joué un rôle d'initiateur dans une recherche qui s'est largement développée depuis (Benoit, Guillot et Ploquin 1995, Conin *et alii* 1995, Guillot *et alii* 1986 et 1987).
- 25 Les nécessités de la présentation exigent un classement entre les différentes méthodes archéométriques. En fait, il est rare qu'une seule de ces méthodes soit pratiquée de façon isolée, et l'étude d'une mine requiert le plus souvent la présence d'un géophysicien qui s'appuie sur les données de la géologie en même temps qu'il les complète. Il en va de même pour la gîtologie, branche de la géologie structurale qui étudie les filons, et de la minéralogie. Les recherches sur les scories s'appuient sur l'analyse élémentaire, mais font de plus appel à l'examen métallographique des fragments métalliques contenus dans la scorie.
- 26 L'étude du site de Pampailly a conduit à multiplier les approches, à croiser les sources. Les textes ont guidé les premières démarches et l'interprétation des données archéologiques, qu'elles proviennent des prospections, des fouilles ou des analyses de laboratoire a largement profité d'une documentation écrite exceptionnelle. Mais l'apport de l'archéologie ne s'est pas limité à une vérification sur le terrain du contenu des archives, il a considérablement élargi le champ de l'enquête, en particulier en démontrant que l'activité métallurgique avait perduré de manière active bien au-delà des dates données par l'écrit. Plus encore, les découvertes archéologiques ont conduit bien souvent à une relecture des textes, et, partant, à une nouvelle interprétation beaucoup plus précise et plus exacte.

---

## NOTES

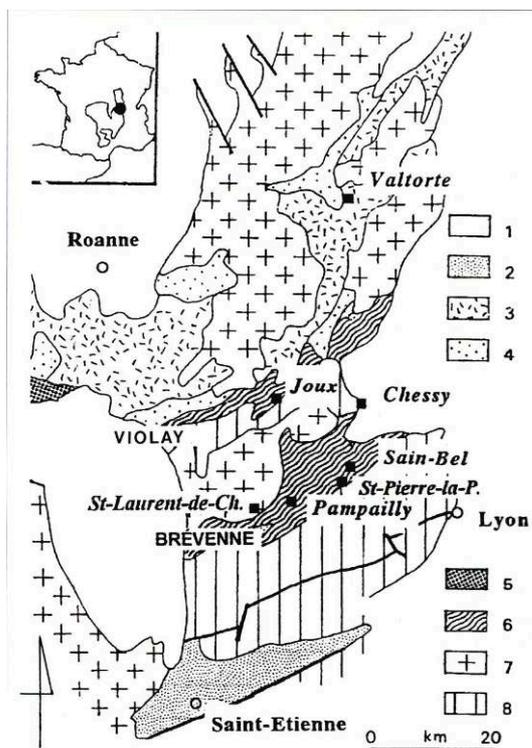
1. La référence aux comptes de la mine, rédigés sous la responsabilité de Pierre Granier, *gouverneur et receveur des mines du Lyonnais*, apparaîtra sous la dénomination *Comptes* selon les normes utilisées par l'éditeur scientifique, Anne-Thérèse Rendu, qui a numéroté les articles. Le numéro des articles, sous forme d'un simple nombre, sera la référence la plus souvent utilisée. Les parties du texte qui ne sont pas numérotées seront signalées par leur page dans l'édition.
2. Arch. nat., F 14 8132.
3. Les recherches sur les documents écrits ont été menées dans la région lyonnaise par Martine Rege-Gianas, dans les fonds parisiens par Paul Benoit et François Leclère.
4. Ces recherches sont menées dans le cadre du programme Artémise-scories, développé au Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG) du CNRS à Nancy, sous la direction d'Alain Ploquin.

## Chapitre 1. Pampailly au XV<sup>e</sup> siècle, lieu d'innovation

---

- L'intérêt de la monarchie pour les mines de la région située à l'ouest de Lyon est antérieur à son intervention à Pampailly. Lorsque Charles VI décida, en 1413, de transporter l'atelier monétaire de Mâcon à Lyon, il expliquait sa décision par le fait que la région lyonnaise produisait plus d'argent que toutes les autres contrées du royaume<sup>5</sup>. De fait, les mines abondent dans le secteur, que ce soit dans les Monts du Lyonnais ou ceux du Beaujolais (**fig. 10**) (Deroin et Benoit 1992). Dans le district métallogénique, le type de gisement dominant est l'amas sulfuré stratiforme, comme à Chessy ou à Sain-Bel, dont les composants principaux sont les pyrites et les cuivres gris. Mais la galène\* n'est pas absente ; on la retrouve dans des gisements de moindre importance, par leurs dimensions, contenue dans des filons à gangue\* barytique ou quartzeuse. Ces filons, parfois de très médiocre volume, sont éparpillés dans tout le secteur. Certains, en raison de leur exiguïté, ne sont connus que par les archives, d'autres, en revanche, possédaient une importance telle qu'ils ont été exploités durant des siècles. Il en va ainsi des mines de Chessy et de l'ensemble formé par Sain-Bel et Saint-Pierre-la-Palud, où les minerais, d'abord extraits pour le cuivre, l'ont été du milieu du XIX<sup>e</sup> au milieu du XX<sup>e</sup> s., pour fournir de l'acide sulfurique (Bourgoin 1985 et 1989). Si, dans l'état actuel de nos connaissances, ces gisements ne semblent pas avoir été exploités à l'époque gallo-romaine, de nombreux gîtes filoniens secondaires étaient en activité à la fin du Moyen Âge dans les pays de la Brévenne et au voisinage. Valtorte, en Beaujolais, produisait du vitriol, c'est-à-dire du sulfate de cuivre, dans les trois dernières décennies du XV<sup>e</sup> s. et au début du XVI<sup>e</sup> s. (Bautier 1975), mais les sources fiscales ont surtout retenu la production d'argent. La mine d'Ancy, à une dizaine de kilomètres au nord de Pampailly, a connu au tournant du XV<sup>e</sup> s. une période d'activité relativement importante, passant de 30 marcs d'argent livrés en 1495, à 143 marcs en 1500, apogée d'une entreprise certainement rentable, mais dont l'activité n'a dû guère dépasser quelques décennies (Debombourg 1877). Les comptes de Pierre Granier, qui cumulait la direction de Pampailly et la recette des mines du Lyonnais, permettent d'établir la liste des mines qui ont produit dans les années 1455, 1456 et 1457 (**tableau 1**).

## 10 - Les mines du Lyonnais et du Beaujolais dans leur environnement géologique



- 1 : Couverture mésozoïque et cénozoïque
- 2 : Stéphanien
- 3 : Rhyodacites
- 4 : Tufs volcano-sédimentaires
- 5 : Basaltes et spilites
- 6 : Serie de la Brevenne et groupe de Violay
- 7 : Granites hercyniens
- 8 : Gneiss des Monts du Lyonnais

Tableau 1. La production d'argent des mines du Lyonnais d'après les comptes de Pierre Granier

Année	Mines	Lieux	Propriétaires	Poids			Valeurs		
				m	o	d	livres	s	d
1455	La Bâtie	St-Laurent-de Chamousset	Etienne Bourguignon de de Brullioles	14			121	15	s
	Savigny	Savigny	Abbé de Savigny	12	7	22	1491	11	2 d ob
	Paillier Vieil	St-Laurent-de Chamousset	Brocart Spéru et ses héritiers	4	7		411	7	11 d
	St-Laurent-d'Yonich	St-Laurent-d'Oingt	Etienne les Gouctes de Brullioles		5		51	6	3 d
1456	Joux	Tarare	Le roi / Baronnat	79			6911	18	1 d
	Savigny	Savigny	Abbé de Savigny	13	3	18	1171	12	8 d
	Villechenève	Villechenève		1	4		131	2	6 d t
1457	Joux	Tarare	Le roi / Baronnat	154	6	12	13861	8	5 d
	Savigny	Savigny	Abbé de Savigny	3	5	12	321	5	3 d

Les poids sont exprimés en marcs, onces et deniers. Les valeurs en livres, sous, deniers tournois et oboles.

## Naissance et développement d'une grande mine d'argent

- 2 Hormis Joux, situé à 20 km au nord-ouest de Pampailly et Savigny, ces exploitations avaient une production très médiocre. À Pampailly, le salaire d'un *ouvrier de martel* français, c'est-à-dire d'un mineur qualifié, se montait, en moyenne, à 19 livres par an, soit une somme dépassant de la moitié ce qu'Etienne Bourguignon tirait de la mine de La Bâtie. Quant aux 13 livres 2 sous 6 deniers tirés de la nouvelle mine de Villechenêve, ils ne permettaient pas à un ménage de vivre ; l'exploitation minière n'était, ici, que le complément d'une autre activité. De plus, cette production s'avérait très irrégulière : des mines ne sont citées qu'une seule année sur les trois, alors que les mines de dimensions moyennes, comme celles d'Ancy, de Savigny et plus encore de Joux, autre propriété de Jacques Cœur, avaient une production plus importante et plus régulière. Or, Pampailly tranche par rapport à toutes ces exploitations. En 1454, elle fournissait neuf fois plus d'argent que la mine de Joux, seconde par la valeur du métal extrait. Avec plus de 900 marcs d'argent portés à la monnaie de Lyon en 1455, Pampailly se situe au premier rang des mines françaises, à un niveau très honorable parmi les mines européennes du XVe s.<sup>6</sup>

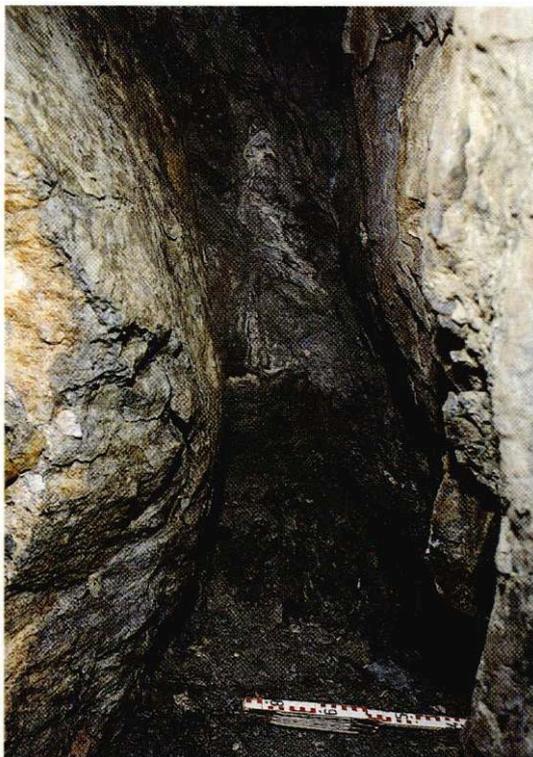
## Un filon de plomb argentifère dans les monts du lyonnais

- 3 La colline de Pampailly s'élève au sein de la commune de Brussieu, à une trentaine de kilomètres à l'ouest de Lyon. Elle atteint 519 m, altitude médiocre, mais l'inclinaison des versants confère au pays une allure de moyenne montagne. Le Cosne, ruisseau venu de l'ouest, contourne la colline à des altitudes de 400 m à 350 m d'ouest en est (**fig. 7**). Sa pente est forte, environ 4 % dans le secteur de la mine, avec des ruptures bien marquées. Ces dénivellations, beaucoup plus que le débit, mettent à la disposition un potentiel hydraulique que les hommes ont su exploiter. Sur la carte de Cassini, quatre moulins apparaissent sur le Cosne à proximité de la mine et le moulin de Charfetian a fonctionné jusqu'au début du XXe s.
- 4 Un relief est marqué par l'érosion périglaciaire, par l'ampleur du colluvionnement, qui masque autant les vestiges archéologiques et que certaines formes, héritées du passé géologique. L'importance des recouvrements s'avère très sensible au Vernay ; sur les fortes pentes un ruissellement intense entraîne encore aujourd'hui des quantités de colluvions, fait dont les métallurgistes ont dû tenir compte lors de l'exploitation<sup>7</sup>.

Pampailly appartient à l'ensemble géologique connu sous le nom de série de la Brévenne, ensemble volcano-sédimentaire d'âge dévonien. L'histoire de Pampailly remonte à plus de 300 millions d'années, lorsque des épanchements de laves sous-marines donnèrent naissance à la série de la Brévenne (**fig. 10**). Ces laves pouvaient être acides, de type rhyolite, ou basiques, de type basalte : la galerie du Vernay se situe sur le contact entre laves acides et basiques. À l'époque tardi-hercynienne, une fracturation orientée N 35° affecta l'ensemble : la minéralisation des failles se limita à quelques filonets de calcite, et parfois de baryte, recoupant les roches mises en place antérieurement. Le système de failles fut affecté ensuite par des mouvements qui conduisirent à un décrochement senestre, visible à l'examen précis des filonets calciques. Ce premier système de failles fut recoupé par un accident plus nettement marqué, de direction N 104°. La faille subit par la suite des mouvements de compression et de décompression qui favorisèrent la circulation hydrothermale en certaines zones : le gîte se présente sous la forme d'un filon de

type lenticulaire, c'est-à-dire que, sur la faille, des zones minéralisées alternent avec des secteurs stériles. Dans les quartiers qui se situent sous le Puits du Jour, l'approfondissement de l'exploitation correspond certainement à des concentrations de minerais importantes, alors que 200 m plus à l'est, seul lieu où la faille porteuse du filon soit accessible, un remplissage de mylonite ne comprend d'autres minéralisations que d'infimes parcelles de calcite (**fig. 11**) (Deroin et Benoit 1992).

#### 11 - La faille portant le filon au lieu de contact avec la galerie du Vernay

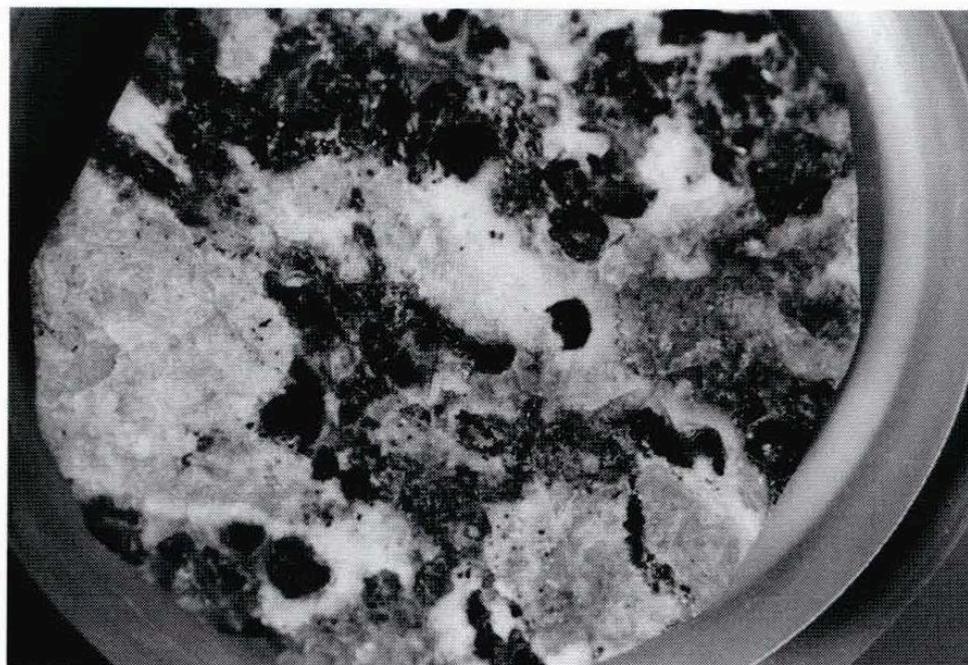


Aucune minéralisation exploitable n'est perceptible

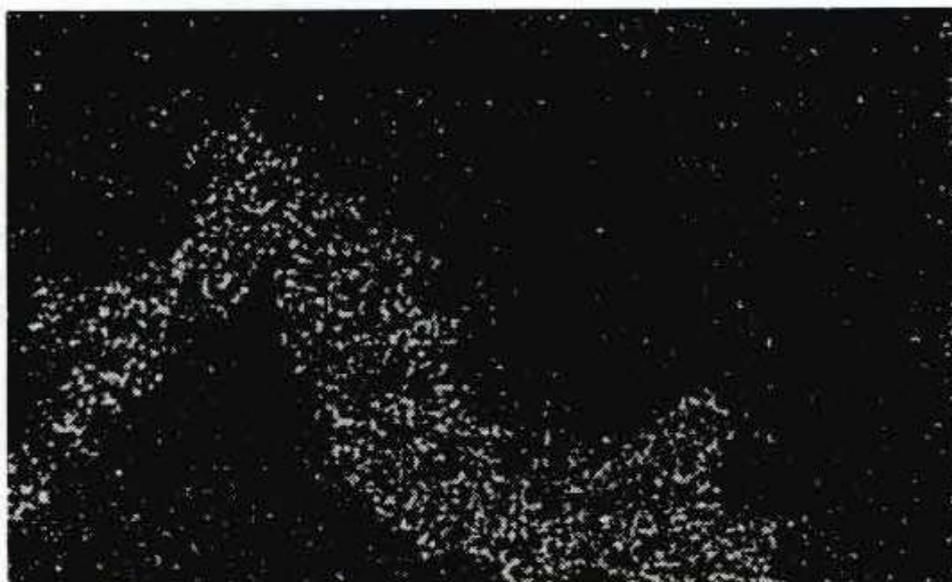
La confrontation des textes avec les données du terrain et du laboratoire permet de se faire une idée des minerais extraits et de l'organisation de l'exploitation. En prenant pour base de calcul le rapport entre la production d'argent et celle de plomb, connues à travers les comptes, le minerai le plus répandu, la *mine de glace* de l'inventaire de Dauvet, aurait eu des teneurs de 0,22 % à 0,32 % d'argent avant tout traitement, teneurs remarquables qui dépassent celles qui sont connues dans la plupart des sites du Moyen Âge et de la Renaissance<sup>8</sup>. Les inventaires contenus dans le *Journal* de Dauvet signalent l'existence de différents types de minerais : la mine de glace, la mine de terre, la mine grasse et la mine cuivreuse. Les termes peuvent sembler vagues, mais l'analyse des échantillons découverts sur les haldes, dans le décombrement du Puits du Jour ou encore dans la fouille du porche du Vernay, autorise une interprétation. La paragenèse principale, étudiée à partir d'une dizaine de sections polies, est constituée de sulfures disséminés dans les micro géodes d'un gel siliceux, liant les éléments d'une brèche à dominante barytique (**fig 12**). Ces sulfures sont essentiellement de la galène argentifère, associée à un cortège de minéraux d'altération du plomb, de la chalcopryrite, toujours altérée dans les échantillons étudiés, de la chalcosite, de la pyrite et des cuivres gris à fort pouvoir réflecteur, probablement de la freibergite, minéral contenant une proportion d'argent non négligeable. L'examen au microscope électronique à balayage (M.E.B.) d'un échantillon retrouvé en surface, montre de très fortes concentrations d'argent lié au cuivre, en limite de la galène (**fig. 13**) (Deroin et Benoit 1992). Cette

paragénèse, caractéristique de processus hydrothermaux superficiels, correspond à la *mine de glace* des mineurs du XVe s., un minerai contenu dans une gangue barytosiliceuse. Riche en argent, ce minerai apparaît, à travers les échantillons retrouvés, très disséminé dans la gangue<sup>9</sup>. La *mine grasse* doit être assimilée à la mine de terre, il s'agit de la recombinaison des éléments bréchiques dans un remplissage argileux, tel que celui qui se rencontre dans la fracture N 104°, à l'extrémité de la galerie du Vernay. Entre ce point et le Puits du Jour, dans un milieu en grande partie stérile, les mineurs ont découvert des concentrations intéressantes, puisqu'en 1456 la partie occidentale du Vernay a produit 7 marcs une once d'argent, représentant une valeur de 62 livres 15 sous. C'est très certainement du minerai de ce type qu'ont extrait les ouvriers chargés de creuser la galerie du Vernay (*Comptes*, 1603 et 1676-1678). L'interprétation du terme *mine cuivreuse* est plus délicate. Les inventaires de 1454 et 1455 mentionnent un tel produit, qui est souvent associé à la présence de *lait de mine* (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 261 et 301). La production de cuivre disparaît ensuite à Pampailly, pour reprendre en 1457. Le cuivre était donc un métal peu fréquent, qui semble avoir été extrait surtout des quartiers les plus profonds, atteints tardivement. Par ailleurs, la prospection de surface a livré un échantillon, malheureusement unique, formé de sulfures de cuivre et de zinc, qui rappelle le minerai typique d'un amas sulfuré. Le *lait de mine* des inventaires et des comptes pourrait bien provenir d'un alliage avec le zinc lors du traitement des minerais cuivreux. Au XVe s., les métallurgistes ne savaient pas isoler ce métal, mais si l'hypothèse est exacte, ils possédaient les moyens d'en extraire le cuivre que ce produit intermédiaire contenait (*Comptes*, 517, 695, 1394-1395, 1397-1398, 1627, etc.). L'hypothèse selon laquelle les mineurs de Pampailly auraient atteint un amas sulfuré sous le filon qui en serait l'émanation, devient donc très plausible. Elle rattacherait ainsi le site de Pampailly aux gisements voisins de Chessy et de Saint-Pierre-la-Palud. On sait, par ailleurs, que les filons de plomb argentifère, qui ont fait la richesse d'Iglésias dans la Sardaigne médiévale, émanent d'amas sulfurés exploités plus tard pour leur zinc.

## 12 - Minerai de Pampailly vu à la loupe binoculaire



### 13 - Échantillon de minerai vu au microscope électronique à balayage



Les points blancs correspondent à une forte concentration d'argent qui se trouve, lié au cuivre, en limite de la galène

- 5 Au total, un filon riche en argent, mais où le minerai est souvent disséminé dans la gangue, et qui offre des possibilités d'extraire du cuivre ; un produit de plus en plus recherché dans la deuxième moitié du XVe s. (Benoit 1994 c).

### De l'initiative rurale à l'intervention des capitaux urbains

- 6 Les dépilages\* à ciel ouvert retrouvés sur le versant occidental de la colline prouvent que le filon affleurerait, mais dans l'état actuel de la recherche, il est difficile de dater les débuts de l'extraction (encart : les charbonnières, p. 28). Les premières certitudes d'une exploitation sont données par des textes de la fin du XIVe s.<sup>10</sup>. En 1385, le prieuré de Saint-Irénée de Lyon achetait au seigneur de Chamousset une mine de plomb *in loco vocato Pampalieu*. Mais c'est Hugues Jossard qui fit la fortune du site, en même temps que la sienne. Fils d'un marchand de la petite ville voisine de l'Arbresle, il avait fait ses études de droit. Notaire de l'archevêque, il était passé au service du roi. En 1385, il se fit donner, en échange de services rendus, toutes les mines qu'un habitant de Brussieu possédait. En 1391, un villageois de Bessenay, la paroisse voisine, lui vendit une autre mine, des terrains en bordure du Cosne, parcelles destinées à l'édification d'une fonderie et d'une affinerie, et les bois nécessaires au fonctionnement de ces ateliers. Un an après, en 1392, il acquérait une nouvelle mine pour 60 sous. Il n'était cependant pas le seul à s'intéresser au site. En 1396, un autre habitant de Lyon y acheta une mine, pour 10 livres, à un charpentier de la même ville. Ainsi, au moment où les premiers textes signalent l'existence d'une extraction, Pampailly possédait déjà au moins cinq exploitations. Toutes, sauf une, appartenaient à des habitants du voisinage, trois à des paysans, une au seigneur de Chamousset. Seule la dernière était possédée par un artisan lyonnais. Dans les deux cas où leur valeur est connue, elle demeure faible : trois et dix livres tournois. Les textes ne fournissent que de maigres renseignements sur leur localisation : elles sont situées du côté du lieu-dit Cosne, c'est-à-dire sur le versant ouest (Fédou 1954 et 1964). Or, sur la pente qui descend du sommet de Pampailly vers le

ruisseau, des traces d'exploitations anciennes sont perceptibles : déchets d'extraction, sol irrégulier, terres médiocres abandonnées au bois au milieu des prairies. Les résultats des prospections au sol ne permettaient guère d'aller au-delà de présomptions ; le travail des hommes a complètement remodelé les vestiges miniers. Les haldes, réutilisées pour les fondations des maisons ou l'entretien des chemins, avaient été en grande partie détruites, ce qui en restait, repoussé sur les bordures des champs. En revanche, les prospections et les sondages de l'Asturienne des mines, dans les années 1970, signalaient, en sous-sol, la présence du filon. Deux sondages effectués en juillet 1989 ont mis en évidence l'existence d'une tranchée à ciel ouvert, comblée par des haldes et des déblais d'épierrement des champs (fig. 14, 15). Il s'agit, de toute évidence, d'un travail minier ancien, une de ces exploitations à ciel ouvert sur l'affleurement du filon, comme il en a existé de nombreuses au Moyen Âge. Ainsi se trouve renforcée l'hypothèse selon laquelle les premiers travaux d'extraction à Pampailly se seraient développés par tranchées, puits ou galeries de médiocre importance sur l'axe du filon, comme des travaux récents l'ont montré à Brandes ou à Sainte-Marie-aux-Mines<sup>11</sup>. Les fouilles à venir permettront, peut-être, de caractériser ces exploitations, d'en connaître l'importance, de savoir si elles aboutissent à des puits ou à des galeries proches de la surface, donc de mieux comprendre les techniques employées. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il s'agit des vestiges des premiers sites d'extraction installés sur l'affleurement du filon<sup>12</sup>. Ils permettent de se représenter ce qu'étaient les petites exploitations sur lesquelles Hugues Jossard avait mis la main à la fin du XVe s. : des tranchées ouvertes avec des outils qui ne devaient guère différer de ceux des agriculteurs. La pioche servait à ouvrir le sol, la pelle et la houe à dégager les déblais. Seuls outils spécifiques, le marteau et la pointerolle brisaient la roche dure et extrayaient le minerai. Les connaissances techniques demeuraient très limitées, l'exploitation n'exigeait aucune infrastructure importante. Il n'était nullement nécessaire d'investir des capitaux pour produire, un travail intermittent était possible : l'activité minière pouvait être une activité d'appoint pour celui qui avait la chance de découvrir un affleurement sur ses terres. Par contre, les quantités extraites restaient faibles et les possibilités d'extension limitées.

### **Les Charbonnières**

À 140 m en amont de la forge du Vernay, des sondages effectués en 1992 pour retrouver des installations hydrauliques situées en contrebas d'un bief, dont l'usage reste pour l'instant inconnu, ont mis au jour des couches contenant du charbon de bois en abondance. Une première datation par radiocarbone a indiqué qu'il s'agissait là de vestiges remontant probablement au premier siècle avant J.-C. Une fouille a donc été entreprise en 1993 et 1994 pour comprendre la nature de ces vestiges, l'hypothèse d'une activité métallurgique très ancienne s'avérant toujours possible.

Les fouilles ont dégagé des structures originales. Perpendiculairement au Cosne, deux tranchées parallèles d'une dizaine de mètres de long et d'une soixantaine de centimètres de profondeur maximum, encadraient un espace délimité par des blocs de pierre formant des alignements aménagés grossièrement. Les structures ont été creusées dans une plate-forme empierrée, en pente douce, comparable à celle qui a été retrouvée dans le sondage effectué entre les installations métallurgiques et la mine au Vernay. La mise en place de ces plates-formes, d'origine naturelle, remonte au périglaciaire. Le profil des tranchées n'est pas

strictement horizontal mais suit la pente générale du sol. La tranchée nord (charbonnière 1) est légèrement plus étroite que la tranchée sud, (charbonnière 3). Le remplissage des tranchées se composait de charbons de bois dans une matrice de terre grisâtre argilo-sableuse avec des inclusions de cailloux. Par endroits des lits charbonneux ou terreux se distinguent, mais il est impossible de les suivre sur plus de quelques centimètres. La charbonnière 3 contient un sol rubéfié interstratifié à l'intérieur des lits de charbon. Les fonds, dans la partie amont, portent la marque d'une forte rubéfaction. De toute évidence, ces tranchées sont des charbonnières, fosses destinées à produire du charbon de bois, d'un type jusqu'ici inconnu. Entre les deux charbonnières s'étend un espace plus large, dénommé charbonnière 2, contenant lui aussi du charbon et possédant un sol partiellement rubéfié.

Les charbons retrouvés dans les fosses présentent une grande hétérogénéité de calibre, comme le sont habituellement les produits du charbonnage aux époques anciennes. Aucun tri du bois n'a eu lieu avant qu'il soit soumis à la pyrolyse. La présence d'une couche intermédiaire rubéfiée dans la charbonnière 3 manifeste un arrêt puis une reprise, alors que l'alternance des couches prouve la répétition des opérations.

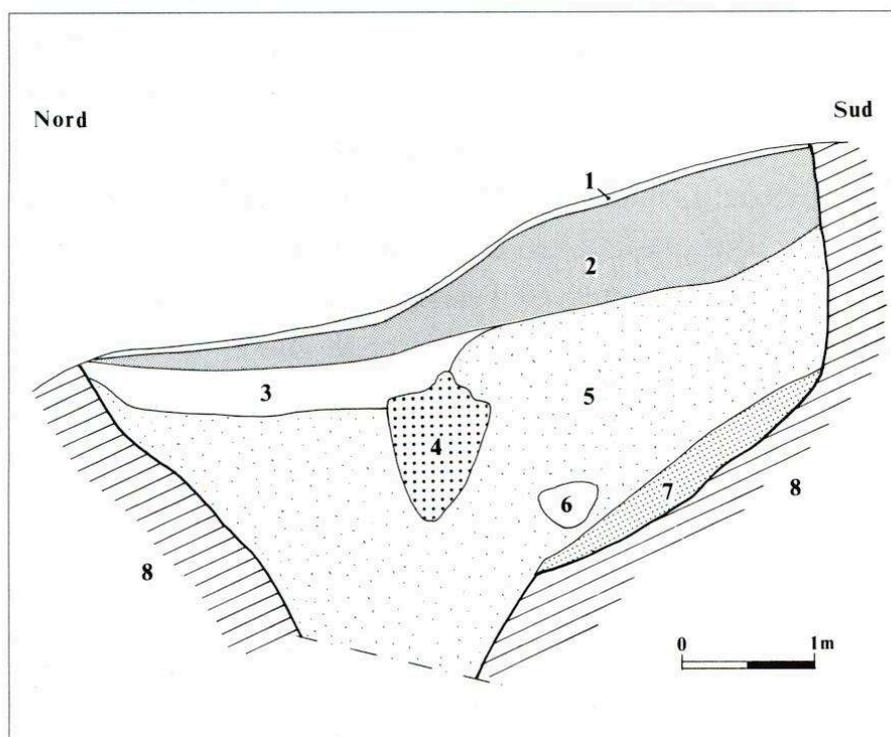
Entre ces deux fosses, indiscutablement charbonnières, s'étend un espace grossièrement rectangulaire dont l'utilisation reste à déterminer. Des rangs de pierres délimitent ses quatre côtés, environ 10 m en longueur pour 2 m en largeur. Ces alignements, formés parfois de blocs de grosses dimensions, sont anthropiques. Les couches issues des charbonnières 1 et 2 remontent sur les pierres, les recouvrent parfois. L'espace intérieur apparaît donc comme plus ancien que les fosses latérales. Le sol porte d'importantes traces de rubéfaction prouvant une utilisation répétée. Après plusieurs usages, le sol a été réaménagé en faisant disparaître les rubéfections dans la partie centrale. L'épaisseur de charbon est moindre que dans les fosses, en général 2 à 3 cm, sauf à l'extrémité basse où le charbon s'accumule sur une épaisseur d'environ 20 cm. Les fragments retrouvés sont beaucoup mieux calibrés que dans les tranchées latérales. Selon toute vraisemblance, il s'agit d'une charbonnière d'un type différent. La structure est une fosse, nettement moins profonde que les tranchées qui la bordent, dans laquelle les charbonniers déposaient le bois sélectionné en fonction de son diamètre comme dans une meule moderne.

Les premières datations, effectuées lors des sondages de 1992, fournissaient des résultats compatibles avec la stratigraphie. L'ancienneté d'exploitation de la charbonnière 2 a été confirmée par l'analyse des prélèvements faits en fouille, puisque deux analyses ont donné respectivement 335-1 B.C. et 350 B.C.-30 A.D. Les charbons des tranchées latérales datent d'époque nettement plus récente ; le seul échantillon de la charbonnière 1 se situe entre 130 et 80 B.C. alors que ceux de la charbonnière 3 ont été carbonisés entre 235-85 B.C. pour le prélèvement effectué dans la couche supérieure et entre 230 BC-85 A.D. pour le fond de la tranchée. Il apparaît donc que le site a connu deux phases de charbonnage qui se sont succédé à La Tène, la seconde correspondant à la fin de l'Indépendance. À ces deux phases correspondent des techniques différentes.

Il est pour l'instant difficile de relier ces faits à l'histoire du site. La diversité des techniques charbonnières à l'époque gauloise semble évidente. Ce charbon était-il destiné à une production métallurgique ? La réponse à une telle question demeure

pour l'instant impossible. Tant que les fouilles, en particulier celles qui doivent se développer sur le versant ouest de la colline, n'auront pas donné d'éléments de datation pour les débuts de l'exploitation minière, il faudra s'en tenir à une prudente réserve.

14 - Bois des haldes, coupe nord-sud d'une tranchée d'exploitation sur le versant ouest de la colline de Pampailly



- 1 : couche humide
- 2 : halde récente et empierrement
- 3 : terre et cailloux
- 4 : couche caillouteuse à forte teneur en minéral
- 5 : halde plus ou moins terreuse
- 6 : grosse pierre
- 7 : couche grise
- 8 : roche en place.

15 - Vue d'un sondage effectuée dans la longueur d'une tranchée d'exploitation à ciel ouvert sur le versant ouest de la colline de Pampailly



- 7 L'importance du gisement attirera les capitaux urbains, en un moment où la grande crise européenne connut une phase de rémission, où le besoin d'argent de la monarchie comme des particuliers se faisait particulièrement sentir, où la paix et la relative stabilité permettaient d'espérer des profits<sup>13</sup>. Pampailly se trouvait à l'extrême limite de la zone où les Lyonnais investissaient à la campagne ; les archives ne laissent percevoir aucun placement en rentes dans le voisinage et seulement d'exceptionnels placements en terre. Les Lyonnais s'intéressaient aux campagnes plus proches de la ville (Lorcin 1974, pp. 369-414 et 531-535). Or, avec Hugues Jossard, les capitaux urbains arrivèrent en quantité. Il faut y voir une volonté délibérée d'exploiter les richesses minières. En acquérant, en 1391, des bois et des terrains au bord du ruisseau, c'est-à-dire l'accès à l'énergie et au combustible, il avait montré qu'il songeait à ne pas se contenter de l'extraction du minerai, mais bien aussi de sa transformation. Trois ans plus tard, il fondait une association avec quatre autres habitants de Lyon, dont un orfèvre d'origine allemande, Jacquemet de Fribourg, et un riche changeur, Humbert Vialet, deux spécialistes du travail et du trafic des métaux précieux. Hugues Jossard tenait la première place dans cette association, dont il percevait plus du tiers de bénéfices (Fédou 1954, Rendu 1986, Benoit et Rendu 1989). On ne connaît pas le capital investi, mais tout laisse croire que, si le changeur et l'orfèvre abandonnèrent leurs parts, ce n'était pas pour quitter une entreprise sur le déclin, mais plutôt pour réaliser leur bénéfice : en effet, Humbert Vialet tira 300 livres de la vente de sa participation, somme sans commune mesure avec les acquisitions d'Hugues Jossard. Il est difficile de se faire une idée précise de l'importance économique de l'exploitation dans les années 1410, avant que la crise ne frappe à nouveau les Monts du Lyonnais et que toute trace de Pampailly ne disparaisse des archives pour une trentaine d'années. Le dernier texte, antérieur à l'intervention de Jacques Cœur, qui fasse allusion à la mine, est le compte

rendu d'une enquête lancée par le pouvoir royal pour faire appliquer la nouvelle législation qui attribuait au roi le dixième du métal extrait des mines du royaume (Benoit 1986, Benoit et Rendu 1989). À ce moment existaient trois mines déclarées sur la colline de Pampailly, Cosne, le Petit Cosne et Brussieu, ainsi que trois martinets, Cosne, Brussieu et La Giraudière. Le terme de martinet ne doit pas tromper : alors que la signification originelle de martinet s'applique à un marteau hydraulique, dans le cas de Pampailly, et des mines du Lyonnais en général, le terme prend le sens d'installation hydraulique de traitement du minerai<sup>14</sup>. Le martinet de La Giraudière, selon la toponymie, devait se situer en aval de la colline de Pampailly, et n'a pas été intégré dans l'exploitation de Jacques Cœur. Les renseignements touchant l'exploitation minière sont encore plus vagues. Pour se faire une idée relativement précise de l'impact de l'intrusion des capitaux urbains dans l'économie minière, il est nécessaire de recourir à des sources postérieures : les accords passés par le roi et Jacques Cœur, ainsi que les documents concernant le bilan de l'action de l'Argentier tiré par les officiers royaux au moment de la remise en marche de l'exploitation après la saisie. Enfin, l'archéologie apporte sa part d'informations. Le contrat qui, en 1444, donnait à Jacques Cœur d'importants privilèges pour mettre en valeur les mines du Lyonnais, l'obligeait à continuer, à ses frais, le grand travers-banc\* d'exhaure\* commencé par ses prédécesseurs. Ainsi, déjà au début du XVe s., au moment où cessait l'exploitation, la mine avait atteint une profondeur telle qu'il devenait nécessaire d'envisager d'importants travaux pour assurer l'épuisement des eaux. On est en droit d'estimer que la galerie de Cosne, ouverte par Hugues Jossard sur l'axe du filon à la fin du XIVe s., atteignait alors le Puits du Jour, et que déjà la colonne minéralisée était exploitée jusqu'à une profondeur de plus de 90 m sous l'ouverture du puits, posant de graves problèmes pour l'évacuation des eaux.

- 8 Ces travaux étaient dus à Hugues Jossard et à ses associés, les premiers exploitants du site possédant les moyens suffisants pour se lancer dans une telle entreprise. Au moment où Jacques Cœur reprend l'affaire, la galerie du Vernay n'est longue que de trente toises environ, c'est-à-dire 77 m, selon l'estimation royale, faible distance en regard de celle qui restait à parcourir<sup>15</sup>. L'archéologie permet d'interpréter des textes, à vrai dire très peu concrets. L'intérêt de l'emplacement choisi pour attaquer le percement de la galerie était double. Les mineurs se plaçaient sur un accident tectonique qui facilitait considérablement leur travail, l'abattage, commencé à la pointerolle, a pu être poursuivi au pic dans des serpentines tendres. L'autre facteur favorable tenait à la situation du porche\* nouvellement ouvert, assez bas pour évacuer la majeure partie des eaux infiltrées dans la mine. Il était éloigné d'environ 400 m du filon, distance considérable vu les moyens techniques. L'entreprise pouvait être réalisée à condition d'investir les capitaux suffisants pour supporter plusieurs mois de labeur sans profit<sup>16</sup>. Une telle opération demandait des outils métalliques en bon état ; c'est pourquoi il faut attribuer à cette époque la forge retrouvée dans les niveaux inférieurs de la fouille du carreau du Vernay. Il s'agissait d'un bâtiment en bois de petites dimensions, dont le foyer a été détruit par la tranchée de construction d'un mur ultérieur.
- 9 Ainsi, Hugues Jossard et ses associés avaient réalisé, au début du XVe s., conformément aux pratiques médiévales, une galerie dans l'axe du filon qui dépassait 600 m de long, un puits au jour d'environ 80 m conduisant à des niveaux inférieurs situés au moins à 170 m sous la surface, un ou plusieurs martinets et forges. De plus, ils avaient entrepris une galerie d'exhaure en travers-banc qui annonçait les techniques des siècles

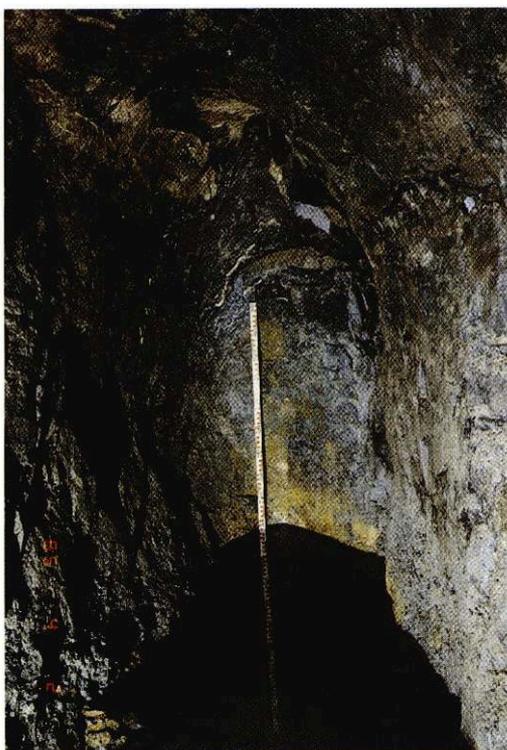
ultérieurs et manifestait le désir de mettre en valeur un gisement profond. Cette réalisation nécessitait un investissement qui ne pouvait être productif qu'au terme de plusieurs années.

## Du temps de Jacques Cœur à celui de l'exploitation royale

- 10 Après 1414, la mine disparaît des archives pour trente ans et, à une exception près, aucun vestige archéologique ne peut être daté de ces années. À ce silence correspond une période particulièrement noire pour la région lyonnaise, qui subit le poids de la guerre et des révoltes populaires semant la désolation (Deniau 1934, Canat de Chizy 1961). En 1444, Jacques Cœur entame un processus qui débuta avec la prise à ferme de l'impôt du dixième frappant les mines du Lyonnais et s'acheva lorsque l'Argentier fit passer sous son contrôle les principales mines d'argent et de cuivre de la région. Michel Mollat a insisté sur l'importance de l'argent métallique ou monnayé dans les affaires de Jacques Cœur, mais les autres métaux l'intéressaient aussi (Mollat 1988, pp. 238-245). L'Argentier partageait la propriété des mines de cuivre de Chessy et Saint-Pierre-la-Palud et de la mine de plomb argentifère de Joux avec les frères Baronnat, marchands lyonnais qui sont aussi ses partenaires dans le commerce du textile<sup>17</sup>. La situation de Pampailly se présentait de manière très différente. Jacques Cœur s'associait avec deux maîtres mineurs de la région, mais le terme de maître mineur employé par Dauvet est ambigu : l'un des deux hommes, Philibert Magnin, apparaît aussi comme un marchand de Beaujeu tandis que le second, Mermet de Fontaines, est un fondeur. L'association s'est avérée très inégale, Jacques Cœur apportant tout le capital, retenait pour lui, outre le dixième, impôt qu'il tient à ferme du roi, 15 % des bénéfices comme détenteur des droits sur la terre, plus la moitié de ce qui reste une fois ces 25 % déduits : le total s'élevait à 62,5 %. En revanche, il assumait la responsabilité de tout déficit (Benoit et Rendu 1989).
- 11 Les sources écrites manquent pour savoir, avec exactitude, quelle a été l'activité de Pampailly au temps de Jacques Cœur. Les comptes de l'Argentier ont disparu, ainsi que toutes les pièces originales concernant Pampailly. Il faut recourir aux documents officiels, et aux écrits de ceux qui ont repris l'entreprise, a priori enclins à attribuer toutes les difficultés à leur prédécesseur, pour se faire une idée de l'action de l'homme d'affaires. Selon ses anciens associés, Mermet de Fontaines et Philibert Magnin, l'exploitation aurait été déficitaire<sup>18</sup>, mais au moment où le Procureur Dauvet mit en vente les biens de l'Argentier, les stocks de plomb et de cuivre étaient importants, signe d'une activité certaine de la mine (Benoit et Rendu 1989). Par ailleurs, une lecture non partisane des textes et les données de l'archéologie permettent de proposer une vision plus nuancée. La description de la mine en 1454-1455 montre une exploitation de grandes dimensions où avaient travaillé des spécialistes allemands renommés, qui ont donné leurs noms à certains puits. Ces hommes ont dirigé l'approfondissement de la mine qui atteignait le niveau - 220 m sous l'ouverture du Puits du Jour, performance remarquable pour l'époque. Mais ce gain en profondeur accrut les difficultés d'aérage et d'exhaure déjà rencontrées par Hugues Jossard et ses associés. Cependant, les lettres patentes que reproduit le *Journal* de Dauvet mettent en accusation Jacques Cœur. Il n'aurait pas respecté son contrat : l'avancement de la galerie du Vernay se serait limitée à 10 toises soit 26 m, ce qui est peu pour sept ans d'exploitation. Les chiffres sont exacts, confirmés par l'étude archéologique de la galerie, mais l'Argentier avait peut-être des excuses. Il est certain qu'il a investi au Vernay et qu'il était décidé à faire

avancer les travaux, sinon pourquoi aurait-il, à proximité du porche du Voyage du Vernay, remplacé la médiocre forge du temps de Hugues Jossard par un bâtiment allongé contenant deux pièces, l'une servant de forge, l'autre d'habitat ? Les remblais de construction, probablement mis en place lors de l'édification du bâtiment à l'époque de Jacques Cœur, contenaient des déchets d'exploitation provenant d'un abattage au feu. L'étude de la galerie explique les difficultés auxquelles se sont heurtés les mineurs. À l'emplacement où, selon les lettres patentes émises par le roi, les mineurs du début du siècle ont abandonné leur activité, la nature de la roche change et la forme de la galerie se modifie. Dans des laves acides très dures, le voyage prend une section ovoïde caractéristique de l'abattage au feu (**fig. 16**). Il suit encore sur quelques mètres l'accident géologique marqué par un filonet de calcite, puis le perd. Les mineurs continuèrent malgré tout à creuser, mais durent arrêter un travail devenant beaucoup trop difficile : un des experts commis par Jean Dauvet en 1455 reconnaissait que *la roche est si tres dure que à peine se pourra persier* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 343).

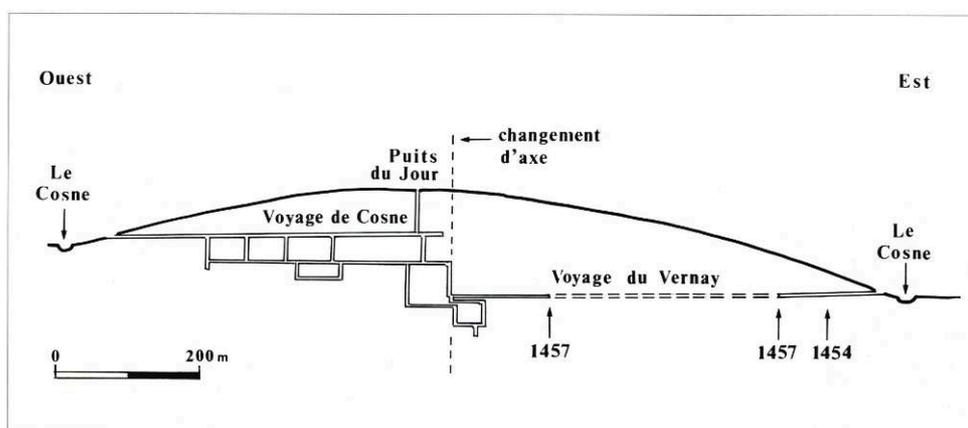
16 - Front de taille caractéristique d'un abattage au feu dans la galerie du Vernay



- 12 Si Jacques Cœur, à qui la tradition locale attribue la première place dans l'histoire de la mine, a certainement moins fait pour son développement que Hugues Jossard et ses associés, il a cependant largement contribué à la mise en valeur du site par la restauration des équipements tombés en ruine après un quart de siècle d'abandon, par l'approfondissement des quartiers en exploitation et par l'équipement en ateliers dont la forge du Vernay. Mais, hormis le cas du Vernay, le détail et la chronologie de son action restent impossibles à déterminer, faute de textes et de données archéologiques. Il faut se contenter d'un état de la situation au moment où le roi saisit ses biens.
- 13 Au milieu du XVe s., Pampailly est une grande exploitation minière qui s'étend sur un filon, sa longueur dépasse 600 m. Un puits, le Puits du Jour, atteignait la galerie à

environ 560 m du porche. Selon Dauvet, il était creusé *sur ladite montagne et au plus haut d'icelle* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 273). En fait, des prospections à vue, des prospections électriques et l'étude géologique ont montré qu'il fallait rechercher le Puits du Jour au sud du sommet de Pampailly, à l'endroit où l'affleurement du filon atteint son altitude maximum, du fait de son pendage vers le nord. La profondeur de l'exploitation atteint plus de 200 m à l'aplomb du Puits du Jour. Il faut donc considérer que s'était formée en ce lieu une concentration de minerai, colonne minéralisée, que les mineurs ont cherché à exploiter au maximum, comme le prouve la poursuite des travaux au moment où Dauvet reprend l'affaire. Deux galeries parallèles suivent l'axe filonien, mais seule la galerie supérieure, le Voyage de Cosne, probablement la plus ancienne entrée à partir de laquelle s'est développée l'exploitation souterraine, sort au jour par un porche ; les galeries inférieures, où les travaux continuaient, n'étaient accessibles qu'à partir de puits, posant à la fois des problèmes de circulation, mais aussi d'exhaure et d'aéragé que la galerie du Vernay cherchait à résoudre (fig. 17).

17- Coupe restituée de la mine d'après la description de Dauvet



- 14 Hormis les débuts de ce travers-banc, les travaux réalisés par Hugues Jossard et Jacques Cœur demeurent mal connus. Pour accéder au Puits du Jour, un chantier fut ouvert, malgré de très grandes difficultés, dues à une roche très délitée. Les travaux ont atteint, à une dizaine de mètres sous le sol de la prairie, des vestiges suffisamment bien conservés pour qu'il soit possible de se rendre compte que, selon les méthodes en usage au Moyen Âge et à la Renaissance, le puits avait été creusé sur le filon. Il semble être de section sensiblement carrée, ses côtés excédant légèrement un mètre. La question reste posée de savoir si le puits atteignait la galerie d'un seul jet, ce qui aurait nécessité un très gros travail pour hisser les produits, ou s'il se divisait, selon l'hypothèse la plus probable, en deux ou trois sections équipées chacune d'un treuil.

---

## NOTES

5. *Il est venu à notre cognoissance que en nostre Seneschaulcée de Lyon a grant quantité de mynes et mynieres ouvertes et a ouvrir, lesquelles tiennent plomb, argent et cuivre, desquelles est yssu et yst nombre de matieres d'argent de plomb et de cuivre [...]* (Ordonnances des rois de France de la troisième race, t. X, Paris, 1763, p. 261).

6. Au milieu du XIV<sup>e</sup> s., les mines d'Hurtière n'ont jamais produit plus de 12 kg d'argent, mais 60 t. de cuivre. Vers 1230, la mine de Brandes (Isère), alors dans ses plus belles années, produisait environ 60 kg d'argent par an. Au XVI<sup>e</sup> s., les productions connues atteignent des quantités plus importantes : Saint-Joachimstahl produisait 169 marcs d'argent en 1516, mais plus de 50 000 en 1531, (Schenk 1985, p. 21). À Schwaz, alors au premier rang pour la production d'argent en Europe, la moyenne annuelle, entre 1470 et 1500, c'est-à-dire après la découverte des très riches gisements du Falkenstein, dépassait 12 t. par an, mais elle était le fait de plusieurs dizaines de mines (Egg 1964, pp. 10-11). À travers ces quelques données, il apparaît que, pour le milieu du XV<sup>e</sup> s., et en tenant compte qu'il s'agissait d'une exploitation unique et non de tout un district, comme à Schwaz ou à Sainte-Marie-aux-Mines, la production de Pampailly était loin d'être négligeable et situait l'exploitation parmi les mines de bonne importance en Europe. La croissance de la production, qui commence dans les dernières décennies du XV<sup>e</sup> s., rend difficile les comparaisons entre les productions médiévale et renaissante.

7. Observations faites par Jean-Paul Bravard, professeur de géomorphologie à l'Université de Paris IV.

8. 0,6 % dans le Haut-Altenberg à Sainte-Marie-aux-Mines (Fluck 1990) ; 0,10 % dans le baillage de Saint-Dié au XVIII<sup>e</sup> s. (Dietrich an VIII).

9. Les échantillons ne fournissent, bien sûr, qu'une simple indication. Les chances que les mineurs aient perdu la meilleur part de leur travail sont minces.

10. Une exploitation antérieure des affleurements est possible. Voir l'encart sur les charbonnières.

11. De telles tranchées d'extraction, *Verhau* pour les Allemands, sont caractéristiques du début d'une exploitation. Il en existe à Brandes-en-Oisans, sur l'Altenberg à Sainte-Marie-aux-Mines. Le plus bel exemple conservé sur le territoire français est sans doute celui du Mont-de-Vanne (Haute-Saône). Tous ces exemples peuvent être considérés comme médiévaux. En revanche, les *Verhau* du Neuenberg, à Sainte-Marie-aux-Mines, sont à dater du XVI<sup>e</sup> s., au moment où les filons de cuivre argentifère commencèrent à être mis en valeur.

12. Cette affirmation s'appuie sur les résultats des prospections, qui ont localisé un alignement de haldes d'ouest en est, sur les résultats de l'enquête géologique et géophysique qui permettent de bien situer le gîte et sur la nature des vestiges. Autant leur importance que la morphologie des haldes prouvent qu'il ne peut s'agir là de recherches datant du XVIII<sup>e</sup> s., comme il en existe dans le voisinage.

13. M.-Th. Lorcin, résume ainsi la situation : [...] *les textes ne sont pas aussi explicites qu'on le voudrait. Ils montrent cependant avec évidence que les seigneuries ont connu, jusqu'à la dernière décennie du XIV<sup>e</sup> s., de gros problèmes financiers, et de nouveau entre 1420 et 1440 environ [...] la situation [des seigneurs] s'améliore à partir de 1440-1450* (Lorcin 1974, p. 351).

14. Une telle définition se déduit de la lecture des équipements des martinets dans le *Journal* de Dauvet et de leur entretien dans les *Comptes* (Rendu 1983b, pp. 263-289).

15. Contrairement à ce que nous avons longtemps cru, il semble que la toise employée à Pampailly par Dauvet et Pierre Granier, officiers du roi, ne soit pas la toise royale de 1,96 m mais bien la toise de Lyon de 2,563 m. En effet si, au moment où Jacques Cœur a fait arrêter les travaux, la galerie s'étendait sur 40 toises, la mesure à la toise royale aurait donné moins de 80 m,

alors que le front de taille est à 116 m de l'entrée telle qu'elle se présentait en 1982. Cette distance représente un peu plus de 45 toises de Lyon, or personne n'avait intérêt à surestimer le travail effectué par Jacques Cœur. Une telle hypothèse remet en cause les distances que nous avons présentées par ailleurs, en particulier la profondeur du Puits du Jour qui atteindrait plus de 80 m. Par contre, elle manifesterait, une fois encore, le poids de la tradition minière locale.

**16.** La vitesse d'avancement des mineurs à l'époque de Jossard reste inconnue, mais elle ne devait guère différer de celle des mineurs français avançant sur l'axe du filon dans les années 1450, soit environ 20 cm par jour (**fig. 19**).

**17.** Le nom des Baronnat revient très souvent dans le *Journal* de Dauvet, ils étaient en rapport avec Jacques Cœur dans de multiples affaires.

**18.** Cette vision des choses a été retenue par la plupart des historiens et en dernier lieu par Mollat qui affirme : *Les mines du Lyonnais ne parvenaient pas à s'autofinancer, ce qui explique la lenteur sinon l'abandon du "grand Voyage". De plus, à la différence de beaucoup de ses entreprises, Pampailly ne fournit pas à l'Argentier d'auxiliaires dévoués jusqu'à toute épreuve [...]* (Mollat 1988). En quelques lignes, il résume les opinions admises par ses prédécesseurs. L'idée d'une mine non rentable est fondée sur les assertions de Mermet de Fontaines et de Philibert Magnin. Selon eux, les comptes de l'entreprise se seraient avérés déficitaires de 1055 livres tournois entre 1450 et 1454, de plus les résultats des comptes de 1455 sont déficitaires. Mais cette année est celle d'une remise en route d'une exploitation restée, au moins en grande partie, à l'abandon. Or, l'archéologie a prouvé que les héritiers de Jacques Cœur ont continué l'exploitation plusieurs années, au moins quinze ans et sans doute plus, après que le roi leur ait restitué les biens confisqués. Argument supplémentaire qui incite à la prudence quant à l'absence de rentabilité de la mine de Pampailly.

## Chapitre 2. Seconde moitié du XV<sup>e</sup> siècle : une mine moderne

---

- 1 Jacques Cœur fut arrêté en 1451 et condamné en 1453, le Procureur Dauvet, chargé de la saisie des biens de l'Argentier, n'arriva à Pampailly qu'à la fin du mois de novembre 1454. Si l'exploitation n'a véritablement repris son activité qu'à partir du moment où Pierre Granier, sur ordre de Dauvet, a relancé l'entreprise, c'est-à-dire le 1er février 1455, la mine a été entretenue, au moins partiellement, par des *commis* entre l'abandon par l'Argentier et l'arrivée du Procureur. Dans des conditions mal connues, le nommé Jehan Tournille fut chargé d'évacuer les eaux, les terres et même le minerai des puits des Bonnes, Martin et Rivière, c'est-à-dire les premiers puits donnant dans le Voyage de Cosne. Son contrat d'un an le conduisit jusqu'en juillet 1455, au temps où Granier gérait l'exploitation depuis déjà plus de cinq mois (*Comptes*, 476)<sup>19</sup>. C'est cependant une mine en piètre état, qu'il fallut parfois rouvrir, que trouva Jean Dauvet : d'où l'intervention de *plusieurs manœuvres et gens de bras* pour rouvrir le Voyage du Vernay en 1455 (Dauvet, Mollat éd. 1953, p. 343).

### Régie royale et affermage

- 2 Au moment où le roi reprit l'exploitation de Pampailly, le problème apparaissait complexe : il fallait démarrer une entreprise considérable où travaillaient plus de cent cinquante personnes, où les difficultés d'exploitation étaient grandes, mais qui était susceptible de fournir à la monnaie royale, installée à Lyon depuis 1413, des quantités importantes d'argent. La volonté initiale du roi était probablement de vendre la mine comme les autres biens de Jacques Cœur, et c'est à cet effet que Dauvet aurait établi l'inventaire des biens meubles et des stocks de l'entreprise. Mais, en l'absence de repreneur, il aurait suivi l'avis de l'envoyé du Procureur, Pierre Granier, et décidé de poursuivre l'exploitation à son compte, pour *le grant prouffit et utilité à la chose publique de notre Royaume* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 281). Dauvet nomma alors à la direction de l'entreprise Pierre Granier, aidé du clerc Nicolas Taro. Les anciens associés de Jacques Cœur, Philibert Magnin et Mermet de Fontaines, restèrent parmi les cadres de l'entreprise. Dauvet édicta un long règlement de cinquante-huit articles, pour *donner bon ordre et provision au gouvernement des mines d'argent et de cuivre qui furent de Jacques*

*Cœur* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 347-355) (*Comptes*, pp. 14-27). Le texte très directif, conforme en cela à ce qui est connu du caractère de Dauvet, portait aussi bien sur la manière de tenir les comptes, sur le contrôle du travail des mineurs, sur l'embauche, sur la surveillance des affinements d'argent et sur les constructions à effectuer, que sur la nourriture des ouvriers, leur circulation et l'interdiction de faire entrer dans le périmètre de la mine des femmes de mauvaise vie<sup>20</sup>.

- 3 Le règlement n'eut qu'une application limitée, puisque le temps de la régie royale ne dura que treize mois. En 1456, la mine fut affermée à Mermet de Fontaines. Le roi conservait cependant à sa charge les travaux du Voyage du Vernay, preuve de l'importance que la monarchie accordait au développement de l'exploitation (*Comptes*, p. 248). Au terme d'un peu moins de deux années, le roi la restitua aux héritiers de Jacques Cœur qui, comme l'a montré la fouille du porche du Vernay, continuèrent l'extraction jusqu'à une date inconnue (*Comptes*, 1684). Il est certain que la mine était encore en activité en 1472, date donnée par la dendrochronologie, et qu'elle avait cessé de produire en 1525<sup>21</sup>. Les documents laissés par Jean Dauvet et Pierre Granier, les prospections archéologiques et les fouilles permettent de se faire une idée assez précise de ce qu'étaient la mine de Pampailly et les installations métallurgiques qui en dépendaient, de son organisation administrative, de ses productions et de la vie des mineurs.

## Les techniques, le poids de l'innovation

- 4 Les quartiers d'extraction sont restés inaccessibles. L'avancement de la galerie de Cosne, des autres puits et galeries et les exploitations par dépilages sur l'axe du filon se situaient dans des secteurs particulièrement instables. Les contraintes imposées par la géologie, telles qu'elles apparaissent à travers les conditions rencontrées au fond de la galerie du Vernay et dans la partie supérieure du Puits du Jour, doivent être considérées comme particulièrement difficiles. Il était indispensable de boiser ; ainsi, au cours de l'année 1455, les dépenses en bois pour la mine, afin de fournir des poteaux et des planches, mais aussi les éléments de voie de roulage et les gouttières, se montaient à plus de 100 livres. Pour mettre en œuvre ce bois, il fallait des spécialistes, les charpentiers de mine, qui se rencontraient parmi les maîtres mineurs les mieux rétribués. Toujours en 1455, sur les huit maîtres mineurs employés, six sont qualifiés de *chapis et appoyeur*, termes qui caractérisent le charpentier de mine, homme dont dépend souvent la sécurité du chantier<sup>22</sup>. Au cours des siècles, tous ces boisages se sont effondrés. Cette impossibilité d'accéder aux quartiers d'exploitation explique pourquoi certaines techniques, en particulier le percement des galeries ou le roulage, ont pu être étudiées avec une grande précision, alors que d'autres demeurent seulement perceptibles par les textes.

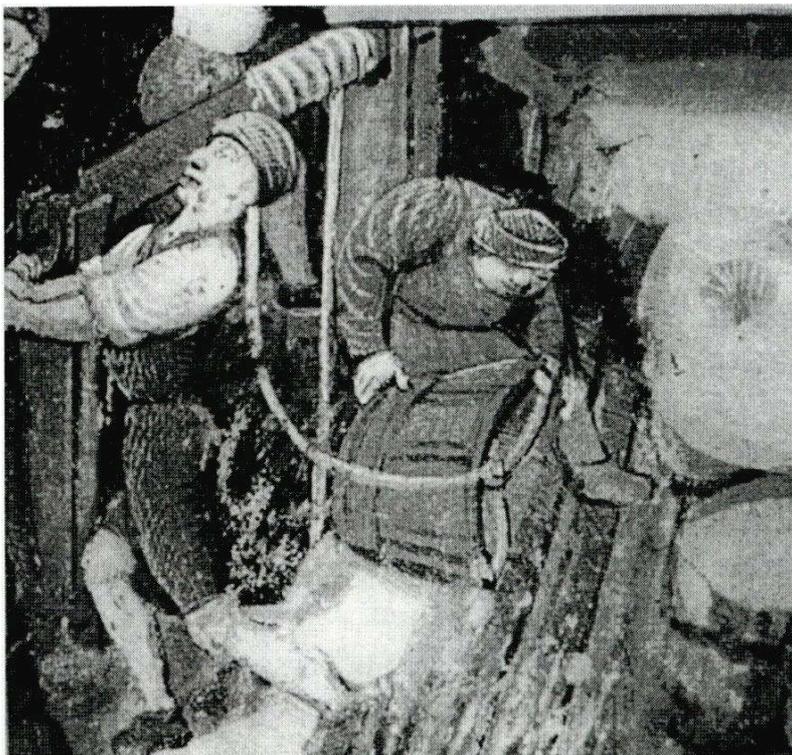
## La solution au problème de l'exhaure : le voyage du Vernay

- 5 Les pièces conservées dans le *Journal* indiquent qu'en 1454 l'exhaure était l'obstacle primordial au développement des travaux. L'essentiel des secteurs d'extraction se situait très au-dessous des sorties au jour, que ce soit le Voyage de Cosne ou le Puits du Jour, l'épuisement des eaux par gravité s'avérait impossible sans des travaux importants (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 274). Les difficultés rencontrées étaient

anciennes, et tenaient à l'extension souterraine de la mine depuis la fin du XIV<sup>e</sup> s. ou le début du XV<sup>e</sup> s., au temps de Hugues Jossard. Déjà, la solution la plus rationnelle, la mise en place d'un grand travers-banc d'exhaure atteignant les quartiers inférieurs de la mine, avait été envisagée et avait reçu un commencement de réalisation, mais son achèvement était encore lointain.

- 6 Le *Journal* de Dauvet et les *Comptes* de Pierre Granier, associés aux données du terrain, fournissent des renseignements beaucoup plus précis pour les années 1450. Lors de la visite de Dauvet, le coût de l'évacuation des eaux, *qui estoit chose moult sumptueuse* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 287), passait au premier plan des problèmes posés par la reprise de l'exploitation. Pour épuiser l'eau, au moment où le Procureur prit l'entreprise en main, les manœuvres utilisaient la *seilhe*, ou seau, et le *barral*\* hissés par des treuils (**fig. 18**). Les dimensions de ces récipients demeurent inconnues, mais leurs prix indiquent que le *barral* possédait un volume beaucoup plus considérable que la *seilhe*. Dans la mine voisine de Joux, elle aussi possession de Jacques Cœur saisie par le roi, deux *barreaux de montaigne* neufs étaient estimés à 7 sous 6 deniers, soit 3 sous 9 deniers à l'unité. Dans ce prix, la part du fer représente environ le quart du total, ce qui implique des récipients renforcés d'une armature métallique, alors que l'inventaire donne aux seaux une valeur de 7 deniers et demi la pièce. À Pampailly, la forme des inventaires ne permet pas de distinguer entre les *basnes*\*, récipients contenant les produits solides, et les *barraux* ; cependant une estimation moyenne donne 4 sous 8 deniers, grandeur comparable au chiffre obtenu à Joux.

18 - L'exhaure d'après le Graduel de Saint-Dié, entre 1504 et 1514



Médiathèque Victor Hugo - Saint-Dié-des-Vosges

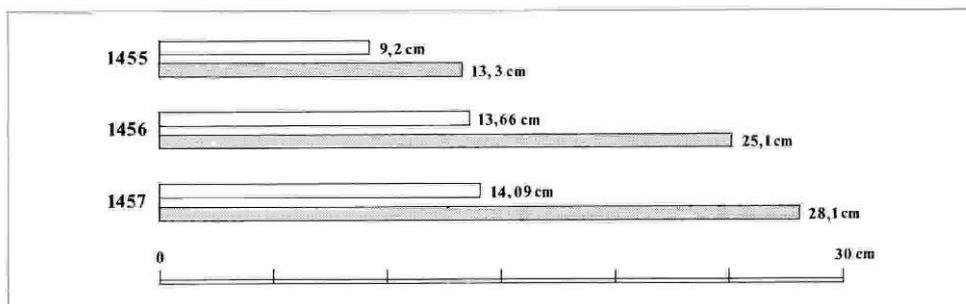
- 7 Le coût unitaire était mince, le nombre de récipients de chaque sorte est inconnu, car à Pampailly, seule une évaluation du total est donnée. Quelle que soit la répartition des

*basnes* et des *barraux*, l'estimation de leur valeur totale n'atteint pas 5 livres dans les inventaires. Faible coût, mais ces objets étaient indispensables au fonctionnement de la mine ; d'ailleurs un ouvrier, un *bannier*, était chargé de leur fabrication et de leur entretien<sup>23</sup>. La valeur des treuils atteint un niveau plus élevé, mais elle demeure très supportable, de l'ordre de 20 livres, investissement qui sert non seulement à l'exhaure, mais aussi au transport des produits solides. Le prix des chaînes est difficile à déterminer, ce sont des produits chers, mais même en considérant que la moitié des puits servait à remonter l'eau, le coût de l'équipement pour l'exhaure n'excédait pas ce qui représente le salaire annuel de quelques manœuvres<sup>24</sup>. Reste à savoir le coût de la main-d'œuvre nécessaire pour épuiser l'eau au début de l'exploitation royale. L'estimation s'avère encore plus difficile que pour l'équipement ; si les comptes signalent que les manœuvres ont pu être employés à l'exhaure, jamais ils ne précisent la nature ou la durée de cet emploi. Cependant, si une demi-douzaine de treuils était consacrée à l'exhaure, que trois manœuvres servaient chacun de ces appareils, à raison de deux équipes par jour, il faudrait compter une dépense de l'ordre de trente-six fois le salaire moyen d'un manœuvre. Les manœuvres, nourris et logés, touchaient une part importante de leur salaire en nature. En ne tenant compte que de la somme qui leur était versée en sus, la valeur atteint déjà 216 livres, chiffre sans commune mesure avec les investissements en matériel (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 287). Quoi qu'il en soit, elle représentait, de loin, le premier poste de dépense de l'exhaure<sup>25</sup>.

- 8 C'est donc par centaines de livres qu'il faut chiffrer le coût de l'exhaure dans la mine de Pampailly, sans être certain que les ouvriers aient pu toujours assurer l'épuisement des eaux. Dauvet, après avoir consulté des experts, estimait que l'exploitation gagnait 700 à 800 livres par an, chiffre peut-être exagéré, mais qui confirme un ordre de grandeur (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 274). On comprend mieux alors la recherche de la solution qui permettrait de limiter le coût d'exploitation en remplaçant l'essentiel du travail humain par l'écoulement par gravité, l'exhaure naturelle, comme l'avait déjà souhaité Hugues Jossard. Le roi lui-même tenait à la réussite d'une telle entreprise, puisqu'en 1456, l'Etat conserva à sa charge le creusement de la galerie du Vernay (Rendu 1983 b).
- 9 Pour mener à bien les travaux dans la galerie du Vernay, de nombreux problèmes se posaient à Dauvet, d'abord de nature technique. Depuis l'abandon de l'exploitation au moment du procès de l'Argentier, la galerie s'était bouchée, probablement à la suite d'un effondrement du porche, et il fallut la rouvrir. D'autre part, les mineurs s'étaient, sous Jacques Cœur, heurtés à une roche qu'il était presque impossible de percer.
- 10 La conduite de l'ouvrage présentait des difficultés, elle ne pouvait être confiée qu'à un expert. Dauvet, après avoir consulté les *maîtres de montagne*, décida le 7 mars 1455, de faire appel à un maître niveleur allemand de grand renom, Claus Smermant, qui avait autrefois travaillé à Pampailly<sup>26</sup>. Les avis divergeaient. Mermet de Fontaines voulait abandonner les travaux en cours pour ouvrir une autre galerie en aval, à 50 m de là, sous le martinet du Vernay. Hans Ysmant et Vulgant envisageaient d'entreprendre une galerie, à mi-chemin du porche et du front de taille, là où *la dicte roche appert estre tendre*. Claus Smermant affirma qu'on ne pouvait continuer dans la voie poursuivie à l'époque de Jacques Cœur, la roche étant trop dure, et qu'il fallait prendre *a main senestre*, à gauche. Dauvet décida de suivre son avis (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 343-344).
- 11 La galerie, déjà ouverte à partir de l'extérieur, fut reprise par deux équipes sous la direction de Claus Smermant ; la première, composée de français avançait sur l'axe du filon à partir de l'intérieur de la mine, alors que la seconde, formée d'allemands,

pénétrait à partir de l'extérieur au Vernay. Les allemands, chargés d'une mission plus délicate, puisqu'ils devaient trouver leur chemin en travers-banc dans une roche difficile, recevaient un meilleur salaire par toise percée. Le travail effectué par les français coûtait cher, dans la mesure où il fallait remonter les stériles par une succession de puits. L'avancement de quelques centimètres par jour manifeste les difficultés rencontrées (**fig. 19**). Les conditions de creusement de la galerie méritent donc d'être étudiées avec soin.

#### 19 - Avancement des mineurs, moyenne quotidienne



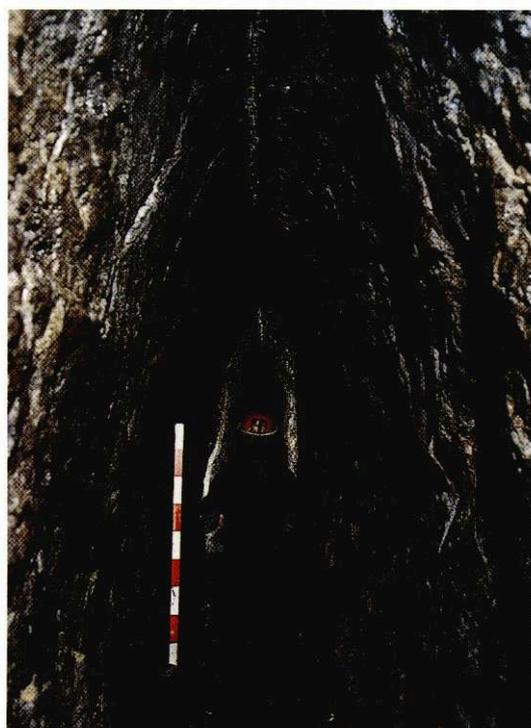
En blanc les mineurs allemands, en gris les mineurs français

- 12 Quelle que soit la nature de l'encaissant, la galerie est tracée dans des roches dures. Pour cette raison, sans doute, les mineurs ont suivi systématiquement une ligne de fracture. Un des guides les plus sûrs a été pour eux le chevauchement des roches basiques sur les roches acides. Plus généralement, ils ont pu suivre les plans de faille dans un décrochement qui est marqué en galerie par la présence de mylonite et de baryte.
- 13 Dans les faciès de mylonite (roches broyées), si la trace des plans de faille se perd, les filonets de baryte sont aisés à suivre. Le matériau est très hétérogène et ne conserve pas les traces d'outils. Le toit s'arrondit, mais les formes ne sont pas nettes, la galerie présente un certain désordre aggravé par l'effondrement de blocs tombés des parois au cours des siècles. Selon toute vraisemblance, les mineurs ont utilisé, au temps de Hugues Jossard, le pic pour avancer dans une roche assez tendre.
- 14 Lorsque, en roche dure, les plans de décrochement sont empruntés par le réseau complexe de baryte, ce minéral sert de fil conducteur au travail des mineurs (**fig. 20**). Dans la partie centrale de la galerie, un passage exceptionnellement rectiligne a été creusé en suivant un filonet de baryte au toit, à partir duquel les mineurs ont élargi leur galerie pour lui donner un profil ogival (**fig. 21**).

20 - Filonet de baryte (en blanc) servant de fil conducteur pour les mineurs



21 - Galerie de section ogivale avec un filonet de baryte au toit

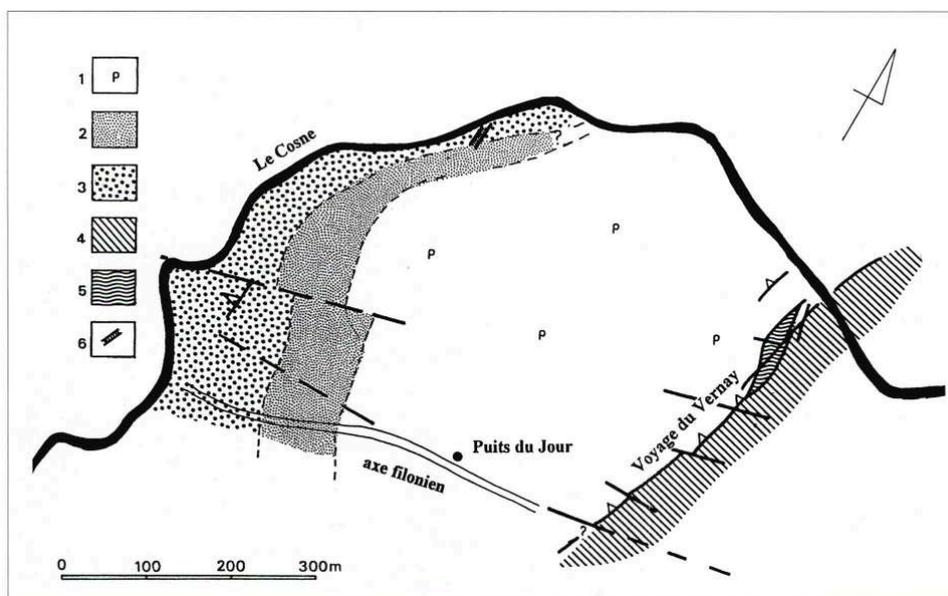


- 15 Dans les secteurs où la marque du plan de décrochement est nette, les mineurs ont suivi le plan de fracturation pour appuyer leur tracé, donnant à la galerie une section

dissymétrique caractéristique. Dans la partie terminale du Voyage du Vemay, avant de pénétrer dans le filon, la galerie rencontre un faciès d'ultra-mylonite, particulièrement dure. Dans ce secteur, où les plans de décrochement sont peu sensibles, les mineurs ont suivi la baryte abondante, mais la sinuosité et l'étroitesse de la galerie sont les signes des difficultés rencontrées.

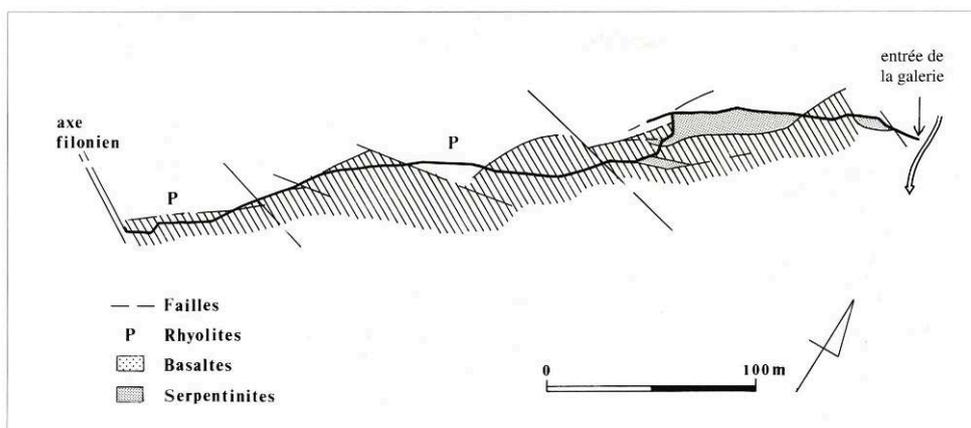
- 16 Ces différences d'ordre géologique ont donné à la galerie ses formes variées et son tracé sinueux (**fig. 22, 23**). Elle porte aussi la marque du niveau technique des mineurs qui ont mené ce travail. Au début de la galerie, quelques traces de pointerolle sont visibles ; il est possible que des coins ou des pics aient servi dans ce secteur très fracturé. Vient ensuite la zone des serpentinites, où les mineurs ont progressé sans doute à coups de pic. La roche est trop friable pour conserver les traces du travail, mais sa consistance convient très bien à ce type d'outil. À environ 90 m de l'entrée, le faciès change : dans des roches dures, d'abord basiques, la galerie s'arrondit (**fig. 24**). Elle a incontestablement été ouverte au feu, et non sans problèmes, à en croire un départ avorté sur la droite. À la dureté de la roche s'ajoute la difficulté de repérer la faille. Le travail au feu continue jusqu'au front de taille qui termine la galerie abandonnée. À cet endroit, les plans de fracture ont disparu, la baryte et la mylonite aussi. Il semble que les mineurs se soient acharnés à suivre des filonets de silice dans les laves acides.

## 22 - Carte géologique du site de Pampailly



- 1 : Rhyolites
- 2 : Métadiorites et albitophyres
- 3 : Kératophyres
- 4 : Basaltes
- 5 : Serpentinites
- 6 : Panneau de gneiss

## 23 - Tracé du Voyage du Vernay



## 24 - Galerie du Vernay creusée à l'époque de Jacques Cœur



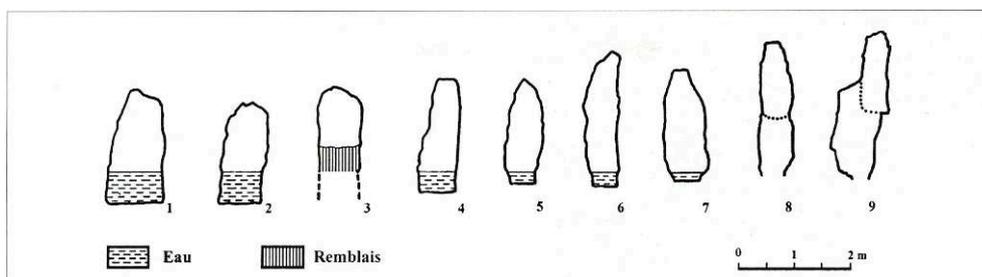
Elle prend un aspect arrondi caractéristique de l'abattage au feu, son élargissement est dû aux tentatives malheureuses des mineurs pour suivre la faille

- 17 Le terrain confirme les textes : à 105 m de l'entrée, la galerie se divise en deux branches. L'une continue tout droit et se heurte, 11 m plus loin, à un front de taille, là où la roche est si très dure. L'autre branche part perpendiculairement sur la gauche, à main senestre, comme le voulait Claus Smermant. De toute évidence, se trouve là le lieu de l'expertise d'avril 1455. En bon connaisseur de la géologie pratique, le maître allemand savait que la faille n'avait pu disparaître, mais qu'elle avait décroché. Seul un examen attentif de l'orientation des filonets de baryte a pu lui faire choisir une telle option. Aussi, ayant repéré une fracture sensiblement perpendiculaire à 11 m du front de taille, il prit la décision de la suivre pour retrouver la direction initiale, ce qu'il réussit pleinement. Son évaluation était la meilleure. La solution préconisée par deux autres maîtres mineurs allemands, Vulgant et Hans Ysmant, dévier la galerie sur la gauche plus près de l'entrée, aurait conduit au même résultat, comme le prouve le

relevé géologique de la galerie, mais le travail aurait été beaucoup plus important : il aurait fallu creuser environ 50 m de plus.

- 18 Percer la galerie ne suffisait pas, tout système d'exhaure, qu'il soit naturel, c'est-à-dire qu'il repose sur un écoulement par gravité, ou mécanique, nécessite des aménagements pour rassembler les eaux venues des galeries et des dépilages vers les lieux d'où son extraction sera aisée. Si, dans la galerie du Vernay, l'eau s'écoulait à même le sol, il fallut, en d'autres lieux de la mine, utiliser des gouttières en pin, creusées dans des troncs d'arbres. Ces *eschenaux*, comme les nomment les textes du XVe s., représentaient une part non négligeable des dépenses en bois lors de la remise en état de la mine (*Comptes*, 165). Selon toute vraisemblance, ces canalisations conduisaient l'eau vers les puisards ou les fonds de puits, d'où elle était treuillée dans des *barraux*, c'est-à-dire des seaux, et sortie soit par le Voyage de Cosne, soit par le Puits du Jour avant que la galerie du Vernay ne collecte les eaux. Même quand le Voyage eut été percé, des aménagements furent nécessaires. Dans la mesure du possible, les mineurs laissaient l'eau circuler dans les galeries, mais des transformations étaient indispensables pour franchir les puits et les dépilages<sup>27</sup>.
  
- 19 Les besoins impératifs de l'exhaure ont conduit les exploitants de la mine à creuser une grande galerie inférieure en travers-banc. Ils en ont établi le tracé en fonction des nécessités de l'écoulement de l'eau, et des conditions imposées par la géologie. Mais la galerie d'exhaure, dès les premiers travaux, fut utilisée pour répondre à d'autres besoins. La régularité d'un tracé où la pente ne dépasse jamais 1 %, a permis, avec l'entrée en scène de Claus Smermant, d'équiper le Voyage du Vernay avec une voie de roulage qui, une fois terminé le temps des travaux, bouleversait les conditions d'évacuation du minerai et des stériles, évitant la coûteuse remontée par le Puits du Jour. Enfin, elle permettait un aérage facile, puisque le dénivelé entre le Puits du Jour et le porche du Vernay atteint 180 m. La réalisation d'un grand travers-banc transformait radicalement l'exploitation.
  
- 20 Le percement de la galerie du Vernay avait nécessité l'installation d'une forge à l'entrée de la galerie. Tout laisse à penser que l'achèvement du Voyage fut à l'origine du développement nouveau du martinet du Vernay. Lorsque la mine reprit son activité au XVIIIe s., toutes les installations se concentrèrent au Vernay, là où était alors l'entrée principale de la mine. La question de l'exhaure a largement conditionné l'exploitation minière et a imposé une nouvelle organisation de l'espace et de la circulation souterraine. Pour remédier à la lenteur que l'outillage impliquait, et qui faisait de l'abattage le goulot d'étranglement du système, les mineurs de Pampailly, probablement dès l'intervention de Claus Smermant, et de manière de plus en plus systématique, ont utilisé l'abattage à deux hommes. Le premier, agenouillé, traçait le chemin, alors que quelques mètres derrière lui un autre mineur, debout, agrandissait la galerie à hauteur d'homme tout en rectifiant le nivellement (**fig. 25**). Jusqu'ici cette méthode passait pour être une innovation du XVIe s., les relevés de la galerie du Vernay prouvent que les mineurs allemands employés à son percement possédaient parfaitement cette technique (Benoit 1988 b).

## 25 - Profils dans le Voyage du Vernay



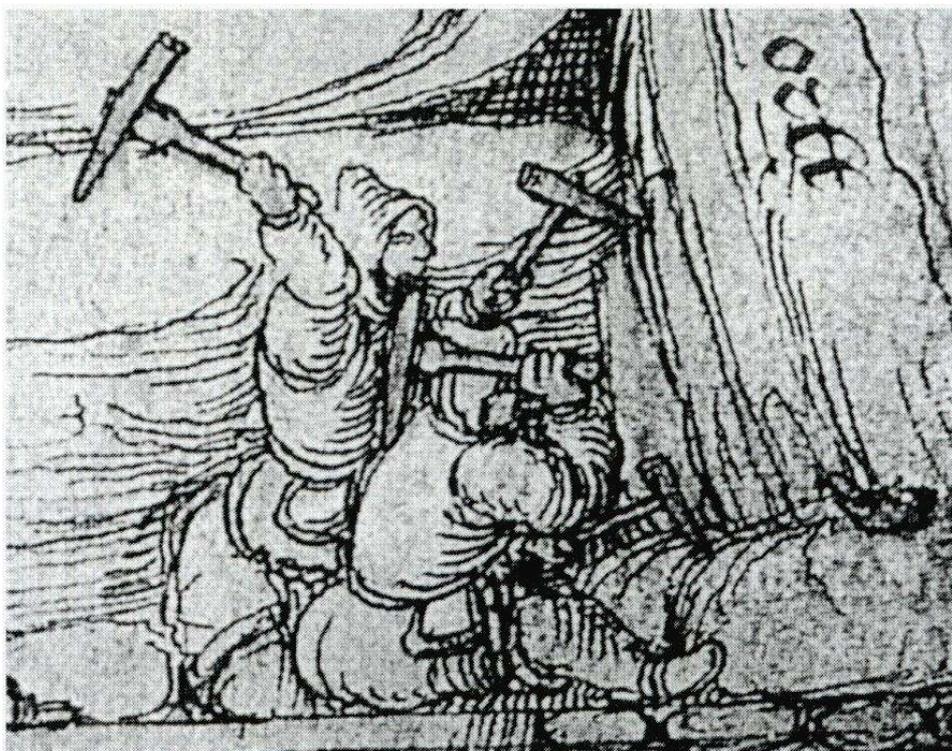
Les profils de 1 à 7 vont de l'entrée de la galerie vers le filon. On remarque en 2 et 3 l'arrondi significatif de l'abattage au feu, les profils 4 et 5 s'appuient sur un miroir de faille à droite alors que sur le 6 (fig. 21) le filonet de baryte suivi est perceptible au sommet de l'ogive. L'abattage à deux hommes apparaît nettement sur les profils 8 et 9

- 21 L'histoire du percement de la galerie du Vernay, possible grâce à une lecture croisée des textes et des données du terrain, en premier lieu celles de la géologie, montre d'abord la volonté royale, dans un pays pauvre en argent, de tirer tout le profit possible d'un gisement réputé très riche. Elle manifeste, par ailleurs, la compétence et le savoir, purement empiriques, mais fondés sur une remarquable observation du terrain, auxquels étaient parvenus les meilleurs spécialistes au milieu du XVe s. Ces spécialistes étaient allemands.

## Abattage et transport

- 22 Les difficultés rencontrées lors de l'avancement de la galerie du Vernay se retrouvaient au moment de l'abattage. Une cinquantaine de mineurs, munis chacun d'un marteau et de douze pointerolles (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 354), dépilaient la gangue quartzobarytique dure qui contenait le minerai. Les outils et les gestes étaient semblables à ceux qui servaient à creuser les galeries (fig. 26). Le nombre des ouvriers est significatif de l'importance du travail.

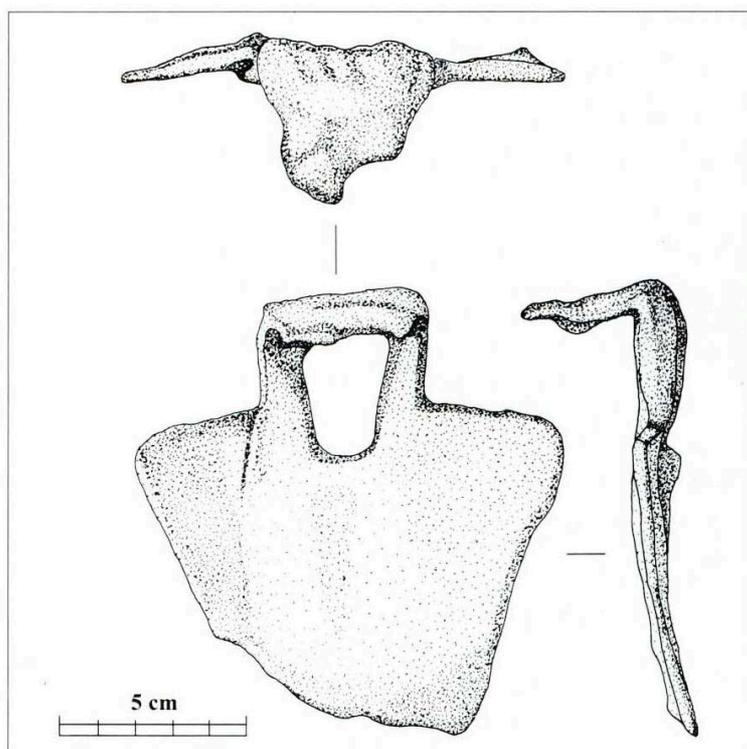
## 26 - Un mineur avec une pointerolle d'après Heinrich Gross



La mine de Saint Nicolas (détail), (énsb-a)

- 23 Des manœuvres munis de houes de petites dimensions, les *fessouers* des inventaires (fig. 27), récupéraient les produits abattus, les chargeaient dans des récipients en bois ou en vannerie, les *basnes* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 263), et les portaient vers la base des treuils ou directement vers la voie de roulage. Les treuils étaient les mêmes que ceux qui servaient à l'exhaure. Ce transport vertical était onéreux, car il exigeait une main-d'œuvre nombreuse : il fallait remplir les seaux, hisser une charge forcément limitée, enfin la vider dans les chariots. Ramassage des produits et transport vertical se présentaient, à Pampailly, sous des formes qui étaient celles du Moyen Âge.

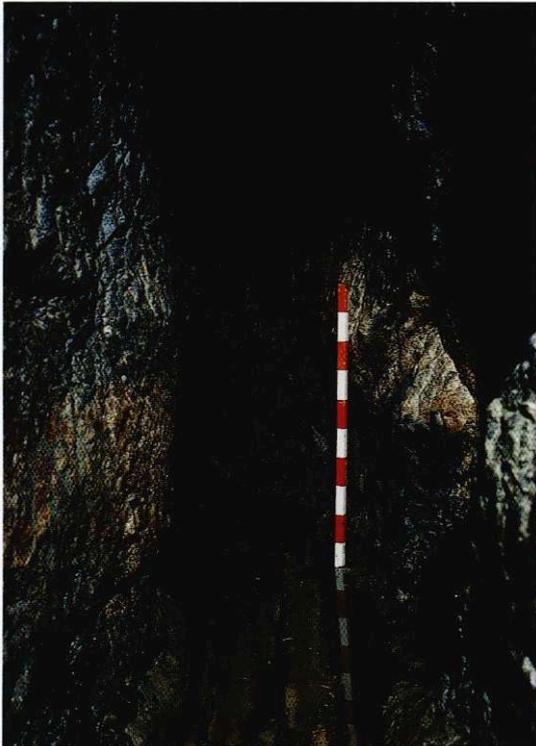
## 27 - Houe de mineur du XVe siècle



Endommagée, elle a été retrouvée dans la fouille de la forge

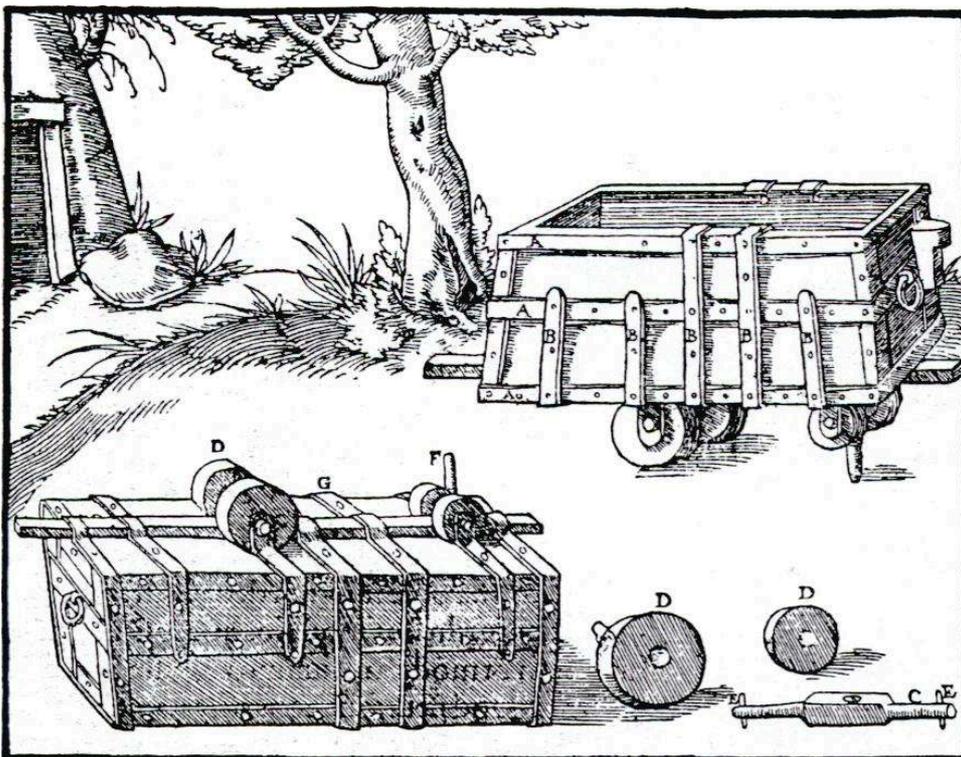
- 24 Un chariot de bois, ici le *charret*, renforcé de fer, le chien de mine\* des textes postérieurs, roulait sur des planches de bois calées sur le sol (**fig. 28, 29**). Il ne s'agissait pas à proprement parler de rails, puisque la roue ne possédait pas une forme qui maintenait le véhicule sur la voie. Par contre, Pampailly a connu le roulage de petits chariots, les *charretz* des inventaires et des comptes, roulant sur des voies formées de planches de bois ou *ais* (Benoit 1988 a). Le développement horizontal des galeries favorisait l'installation de telles structures. À Pampailly, l'inventaire dressé au moment de la saisie des biens de Jacques Cœur signalait des *charretz*, dès 1454 (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 263 et 301, *Comptes*, 1103). En 1456, le maître mineur allemand Hans Ysmant reçoit 30 sous tournois pour avoir construit un *charret* (*Comptes* 1493). Peut-on assimiler les *charretz* aux chiens de mine et les *ais* aux limandes\* ? En d'autres termes, la mine de Pampailly a-t-elle utilisé les techniques de roulage en usage dans toutes les mines de l'Europe moderne, roulage qui passait pour être une innovation datant du XVIe s. ?

## 28 - Voyage du Vernay



Voie de roulage formée de deux planches ou limandes, la voie photographiée date du XVIIIe s., mais la voie du XVe s. possédait des caractéristiques très semblables

## 29 - Gravure représentant un chien de mine (F : clou de guidage)



De re metallica d'Agricola. Bibliothèque de l'École des Mines de Paris

- 25 La fouille d'une des entrées de la mine, le porche du Vernay, a révélé, sous une voie de roulage datée de la seconde moitié du XVIIIe s., les fragments d'une voie antérieure et des boisages qui la protégeaient (**fig. 30**). Ils ont été datés par dendrochronologie et proviennent d'arbres coupés dans les années 1460 et 1470, preuve qu'il existait à Pampailly un système de roulage tout à fait semblable à ceux des mines germaniques de la Renaissance (Benoit 1988a). La voie retrouvée à Pampailly est, pour l'instant, la plus ancienne jamais découverte au cours de fouilles, et tout laisse à penser qu'elle n'est autre que la voie mise en place à partir de 1455 par Claus Smermant lors de la reprise des travaux dans la galerie du Vernay.

### 30 - Porche du Vernay



Suite à un effondrement du porche au cours de l'hiver 1983-1984, le dégagement de la fouille a mis au jour la présence des vestiges d'une voie de roulage du XVe s., en bas à gauche, sous le niveau de la voie du XVIIIe siècle

- 26 Une étape importante dans l'histoire du transport dans les mines a été franchie<sup>28</sup>. En effet, les différences entre les voies de roulage du XVe s. et celles des siècles suivants sont minimes. Comparée à la voie du XVIIIe s. mise au jour au Vernay, celle du XVe ne comporte aucun élément métallique, aucun clou en particulier, les limandes étant reliées aux traverses par des chevilles. Ces limandes sont plus épaisses, mais surtout les charpentiers ont apporté beaucoup plus de soin à leur travail. Cependant, la voie est construite selon les mêmes principes, la technique du roulage n'a pas fondamentalement évolué à Pampailly de la fin du Moyen Âge à la veille de la Révolution française.
- 27 En prenant pour base de calcul un avancement quotidien de 20 cm, fruit du travail de deux équipes dans une galerie de 2 m de haut pour 60 cm de large, les mineurs abattront, par poste de travail 0,12 m<sup>3</sup>, beaucoup moins que la capacité du chien. Lors du creusement de la galerie du Vernay, la sortie des stériles provenant de l'avancement dans l'axe du filon, stériles qu'il fallait remonter par deux puits, représentait une somme importante, à peu près le quart de la dépense globale du creusement<sup>29</sup>. En

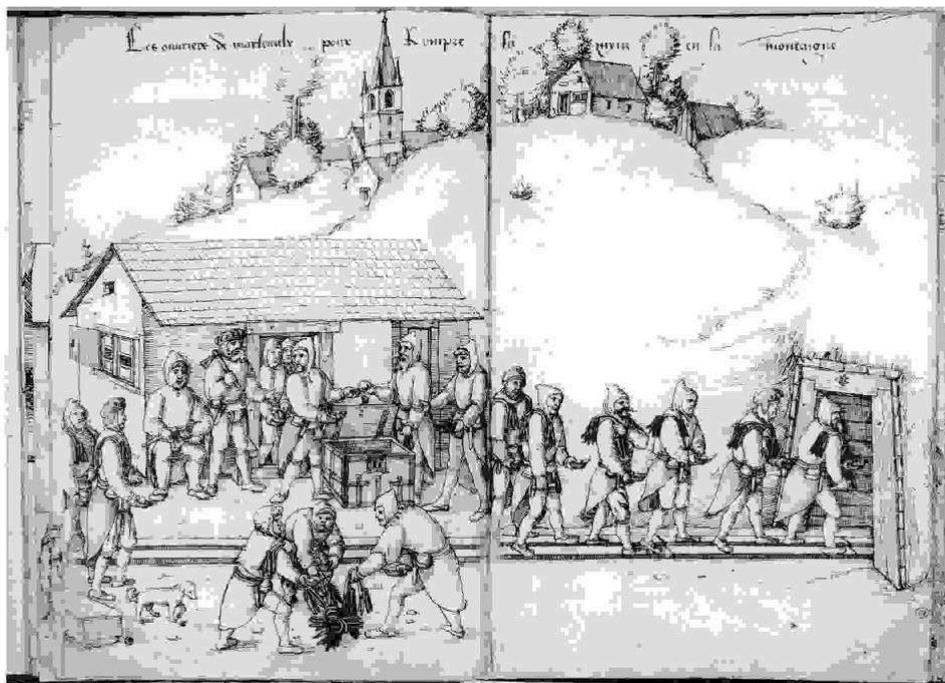
revanche, hormis la mise en place d'une voie de roulage, rien n'apparaît dans les comptes pour l'évacuation des déblais de la galerie tracée en travers-banc. Tout concorde pour faire du roulage une technique efficace et économique de transport, raison essentielle d'un succès durable : le roulage sur voie de bois a duré dans certaines régions jusqu'au début du XXe s.<sup>30</sup>.

- 28 L'importance de cette innovation est considérable. Désormais le transport du minerai n'était plus le goulet d'étranglement du système de production, il n'est plus nécessaire de consacrer à la sortie des matériaux solides une main-d'œuvre coûteuse. À Pampailly, pour une cinquantaine d'ouvriers de « martel », c'est-à-dire d'ouvriers à l'abattage, deux manœuvres, ceux qui seront appelés plus tard les *coureurs de chien*, suffisaient à cette tâche (Rendu 1983 a). La mise en place de la voie n'était pas particulièrement onéreuse et la valeur du chien de mine ne dépassait pas quelques journées de travail. Tous ces avantages expliquent le succès considérable de l'innovation.
- 29 La découverte d'éléments d'une voie de roulage, qui peut être considérée comme la plus anciennement reconnue avec certitude, confirme la place tenue par Pampailly dans l'histoire du développement de cette technique. Il est évident que l'innovation n'est pas originaire des Monts du Lyonnais, c'est à un maître mineur allemand que l'administration de la mine confia le soin de fabriquer les chariots, c'est un autre allemand qui a tracé la galerie du Vernay conçue, sans doute à la différence de la galerie de Cosne, pour le roulage. Par-là, Pampailly confirme son rôle d'entreprise de pointe, cherchant à intégrer les techniques nouvelles mises au point, en particulier, dans le monde germanique.

## L'éclairage

- 30 Les mineurs de Pampailly s'éclairaient à la chandelle (fig. 31). L'entreprise achetait le suif nécessaire à la confection des luminaires en très grandes quantités : 159 quintaux 15 livres, soit 7 795 kg en 1455. La valeur du suif représentait une part importante des dépenses de fonctionnement de la mine puisqu'elle atteignait presque 475 livres tournois (*Comptes*, p. 72). Les bêtes abattues sur place pour la nourriture des mineurs fournissaient une faible part du suif (*Comptes*, 79), l'essentiel provenait d'achats au sujet desquels les comptes ne fournissent qu'exceptionnellement le détail. Sont cités une fois Lyon, une autre fois un habitant de Feurs (*Comptes*, 630 et 1068). Aux dépenses de suif s'ajoutaient l'étope à faire les mèches, 16 livres tournois, et le salaire de l'ouvrier qui faisait les chandelles.

31 - Distribution du suif aux mineurs, devant la maison, d'après le manuscrit du peintre alsacien Heinrich Gross



Ici les mineurs sont équipés de lampes à suif alors qu'à Pampailly ils utilisaient des chandelles.  
La mine de Saint Nicolas, pl. 18-19, (énsb-a)

- 31 À proximité du porche du Cosne, dans le bâtiment situé à l'entrée du Voyage, un homme, probablement un mineur âgé, leur distribuait les chandelles conservées dans un coffre<sup>31</sup>. Le suif était transformé sur place en chandelles, comme l'indiquent les inventaires de la mine. La graisse de mouton était stockée dans sept *basnes*, coupée avec un couteau spécialement prévu pour cette tâche, elle était fondue dans des chaudrons avant d'être mise en forme dans un moule de bois. Il fallait deux petites tables pour mener à bien ce travail dont le produit était rangé dans des coffres ou *arches*<sup>32</sup>. L'ensemble du mobilier nécessaire à la confection des chandelles, conservé dans la plomberie de Cosne, était estimé par les deux inventaires de 1454 et 1455 à la valeur de 52 sous 6 deniers, auxquels il faut ajouter le prix du coffre et des *banostz* à tenir chandelles de la loge du distributeur, ce qui monte le total à 2 livres 17 sous 11 deniers, somme tout à fait modique en comparaison avec la dépense annuelle en suif ou même le salaire du « fabricant de chandelles », 12 livres 19 sous (*Comptes*, 630 et 1068). Si les dépenses d'éclairage représentent un coût important pour la mine, le fait tient essentiellement au prix du suif.
- 32 L'éclairage à la chandelle, tout autant que la respiration des mineurs, exigeait un apport en oxygène suffisant, un aérage\* de la mine.

## L'aérage

- 33 Le troisième contrat passé avec les ouvriers travaillant au percement de la galerie du Vernay prévoyait que *on doit leur faire conduire le vent dedens ladite montaigne et jusques au lieu où ilz besongneront* (*Comptes*, 1653). En effet, si l'évacuation de l'eau posait un problème vital pour l'exploitation de la mine, les besoins en air apparaissaient aussi

importants, que ce soit pour l'extraction du minerai dans les quartiers profonds ou pour le percement de la galerie du Vernay (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 274). La question de l'approvisionnement en air a dû se poser très tôt, bien avant la date où les archives en parlent, en particulier lorsqu'il a fallu abattre au feu. Les textes ne fournissent aucune donnée quant aux solutions trouvées ; cependant, l'ouverture du Voyage, à environ 170 m sous la bouche du Puits du Jour, a créé un courant d'air que les mineurs ont pu diriger dans les différentes galeries par un système de portes, comme des exemples du XVIIe s. le montrent (Grandemange 1991). Mais rien ne permet d'avancer des hypothèses quant à l'emplacement ou la nature de ces fermetures. En revanche, de nombreux indices permettent de comprendre le système d'aéragé utilisé pour donner de l'air aux mineurs qui perçaient la galerie du Vernay. Tant que la galerie n'avait pas atteint un réseau communiquant avec le jour, créant ainsi un courant d'air qu'il fallait mener jusqu'au front de taille, il fallait conduire l'air aux chantiers. Seuls les vestiges archéologiques permettent de restituer l'équipement employé. La petite galerie en pente, qui s'ouvre au-dessus de la galerie principale et la rejoint dans le porche du Vernay, est un conduit d'aéragé en grande partie détruit par l'érosion violente qui s'exerce à la surface (**fig. 32**)<sup>33</sup>. La différence d'altitude avec l'entrée de la mine créait une circulation de l'air que les mineurs conduisaient jusqu'à proximité du front de taille de la galerie, dans un faux-plafond de planches jointes à l'argile afin de le rendre étanche. L'invasion des eaux a, par deux fois, noyé la galerie et fait disparaître les traces d'argile qui pouvaient subsister sur les parois. Cependant, des encoches, ou cupules, régulièrement creusées sur ces parois, doivent être considérées, pour la plupart d'entre elles, comme les emplacements des extrémités des pièces de bois portant le faux-plafond. Leurs altitudes, situées entre 1,20 m et 1,40 m, suffisent à laisser passer un homme courbé et un chien de mine. Certes, les conditions de circulation devaient être particulièrement désagréables, mais ailleurs elles ont parfois été pires (Ancel 1992b). Un tel système d'aéragé n'était indispensable que le temps du creusement du travers-banc, pendant lequel chaque équipe ne faisait qu'un aller et retour quotidien. Là encore, la galerie du Vernay semble avoir utilisé une des techniques fondamentales qui servirent à aérer toutes les grandes mines de l'époque moderne (Grandemange 1992, pp. 407-420).

### 32 - Porche du Vernay



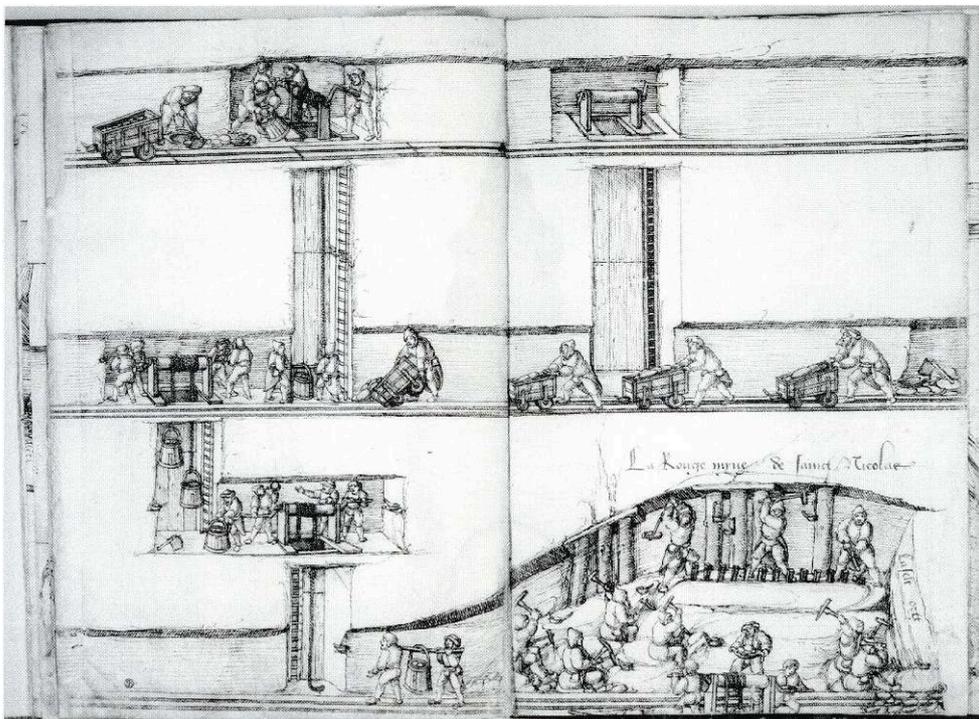
Malgré plusieurs effondrements, la galerie supérieure destinée à l'aérage, était encore partiellement conservée au moment de la découverte du site. L'ouverture inférieure servait à la circulation des hommes et au roulage

## L'organisation de l'espace

- 34 Tant la description de Dauvet que les enseignements de l'archéologie et de la géologie permettent de se représenter de manière assez sûre l'organisation interne de la mine de Pampailly. Une grande galerie creusée sur l'axe du filon, le Voyage de Cosne, donnait accès par des puits, assez régulièrement espacés, à des travaux étagés sur le même filon (fig. 17). La disposition changeait sous le Puits du Jour où la mine, particulièrement riche, s'enfonçait plus encore, mais toujours l'organisation en puits et en galeries grossièrement perpendiculaires, persistait. Ainsi quadrillé, l'espace souterrain pouvait être organisé en fonction des besoins de l'exhaure, de l'aérage, mais aussi de la circulation des hommes et des produits. L'organisation de l'espace servait aussi à l'exploration systématique du filon, et était le point de départ des dépilages des zones minéralisées. Le jeu des puits et des galeries permettait d'exploiter les gisements profonds. Au moment où Dauvet écrivait sa description de Pampailly, les mineurs extrayaient du minerai de quartiers situés sous le Puits du Jour à plus de 220 m et, un peu plus à l'ouest, dans le secteur des puits des Bonnes, à 160 m sous le même repère, profondeurs remarquables pour le XVe s.
- 35 Ces quartiers d'extraction se trouvaient nettement en-dessous de l'accès au jour, et les coûts d'exploitation se ressentaient très fortement d'une telle situation : au prix de l'exhaure s'ajoutait celui des transports ; enfin l'aérage était difficile. La solution à ces problèmes passait par la réalisation d'un travers-banc d'exhaure, situé au niveau le plus bas possible, qui devenait une pièce maîtresse du nouveau système d'exploitation.

Quadrillage de l'espace, travers-banc inférieur, Pampailly présente, dans la seconde moitié du XVe s., les traits essentiels d'une organisation de l'espace qui sera celle des mines de la Renaissance (fig. 33 et 17). Cependant, la mine porte aussi les traces de son passé. La sortie par le Puits du Jour<sup>34</sup> des produits solides montre bien les difficultés à circuler dans le Voyage de Cosne, probablement plus proche de certaines galeries de Brandes-en-Oisans ou des Cévennes, que des grands travers-bancs germaniques du XVIe s., auxquels se rattache le Voyage du Vernay (Bailly-Maître et Dupraz 1994).

33 - La coupe restituée de la mine de Pampailly (fig. 17), au milieu du XVe s., montre un quadrillage de l'espace souterrain très comparable à celui que représente Heinrich Gross



La mine de Saint Nicolas, pl. 26-27, (énsb-a)

- 36 Un nouveau système d'exploitation s'est mis en place où chacune des techniques ne prenait toute sa valeur que dans ses rapports avec les autres. Le roulage ne peut s'expliquer sans le développement horizontal de l'exploitation, qui permet lui-même de pénétrer plus profondément dans la montagne, exigeant des solutions aux problèmes d'exhaure et d'aérage. Ce système a ses points forts, le transport horizontal et l'organisation de l'espace, ses faiblesses, en premier lieu l'abattage.
- 37 Ainsi, au XVe s., Pampailly s'est doté de techniques qui apparaissent comme des techniques de pointe caractéristiques des exploitations de l'Epoque moderne. Abattage à deux hommes, faux-plafond d'aérage, roulage sur voies de bois, présence d'un grand travers-banc, autant d'éléments essentiels du système technique minier de la Renaissance. Peut-on déceler dans la métallurgie la même modernité ? La réponse est difficile, car seule l'histoire de la métallurgie différenciée du fer bénéficie à Pampailly de sources comparables à celles qui éclairent l'histoire de la mine. La métallurgie du plomb argentifère, raison d'être de l'exploitation, est beaucoup moins bien connue.

---

## NOTES

19. La mine avait alors été confiée à des *commis*, le travail de l'équipe de Jehan de Tournille consistait uniquement à évacuer eau et produits solides (*Comptes*, 476).
20. Ce texte est très connu, il a fait l'objet d'une étude de la part de Siméon Luce (Luce 1877), et d'Anne-Thérèse Rendu (Rendu 1983 a), il a été édité et commenté par Alain Bourgoïn (Bourgoïn 1989 b et c).
21. La date de 1472 est celle de l'abattage d'un arbre du boisage qui protégeait l'entrée du Vernay, la date de 1525 est donnée par les comptes du dixième (Valous 1865).
22. Le travail du charpentier de mine est très spécifique, il ne se confond pas avec celui des autres charpentiers, lorsqu'il s'agit de faire ou réparer une roue de moulin ce sont des ouvriers du voisinage qui font le travail, non les charpentiers de la mine (*Comptes*, pp. 78-80).
23. Le *bannier*, Jehan Crestin, chargé de *faire bannes et barraux nécessaires esdictes mynes* était engagé à 13 l. t. par an, soit un salaire supérieur à celui de bien des manœuvres, mais très inférieur à celui des ouvriers de martel (*Comptes*, 401).
24. Les chaînes équipant les puits sont évaluées, en décembre 1454, à 70 l. t., leurs longueurs ajoutées atteignent 413 toises pour un poids de 24 quintaux. La même estimation est faite en mars 1455, mais les chaînes sont dites *vielles et usées*, (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 263 et 301). Jehan de Lorraine livre 910 livres de chaînes pour 45 l. 10s., (*Comptes*, 160).
25. À *Estienne Clemence, la somme de 65 s. t. pour 70 journées qu'il a vacqué et besogné en ladite montaigne, à tirer terre, myne et eau [...]*, (*Comptes*, 435). Les manœuvres sont payés en fonction des journées effectuées ou encore des *piardes*, c'est-à-dire des postes, il existait des *piardes* renforcées qui pouvaient être soit des *piardes* de manœuvres, soit des *piardes* de *plonjons* (*Comptes*, 430). Pour A.-Th. Rendu, ces *piardes de plonjon* pourraient être des postes de remontée de l'eau (Rendu 1983a).
26. Après avoir refusé la candidature de *Vulgant tres subtil homme et bon noveleur mais encores bien jeune et peut n'estoit pas assez expert pour bien et seurement nyveller et conduire ledit ouvrage*, Dauvet décida, après avis des spécialistes *que on doit envoyer quérir ung nommé maistre Claus Simermant, Aimant, qui est bon maistre et expert, et qui a autresfois besogné ès autres voyages et puiz de ladite montaigne [...] lequel maistre claux demeure emprès de Basle [...]*, Vulgant et lui devaient travailler ensemble (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 316-317).
27. L'archéologie n'a découvert, à ce jour, qu'un très petit nombre de ces gouttières. En revanche, il existe des exemples de gouttières creusées dans la roche pour éviter que l'eau ne tombe dans les puits.
28. Depuis la publication sur le roulage (Benoit 1998a), qui notait déjà dans l'iconographie le présence de récipients traînés sur voies de bois, Marie-Christine Bailly- Maître a découvert à Brandes-en-Oisans une galerie aménagée avec un chemin boisé pour le transport sur des sortes de traîneaux des matériaux extraits de la mine (Bailly-Maître et Dupraz 1994, pp. 70-73).
29. En 1456, deux contrats à *priffait* sont passés avec des ouvriers pour le percement du Voyage, mais le coût de la remontée des produits, l'entretien des outils, et dans un cas la fourniture de chandelles, sont à la charge du roi. Lors de la réalisation du premier contrat, percement de 9 toises de galerie, le salaire des ouvriers représente 67 % du coût total et les frais de treuillage 24 %, dans le second contrat les chiffres sont de 68,5 % et de 25,7 % (*Comptes*, 1481-1490).
30. Des voies de roulage étaient encore en usage dans les mines de sel de Bex (Canton de Vaud) au début du XXe s.
31. *En la loge joignant où habite celluy qui distribue les chandelles* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 269). La même organisation est visible sur le manuscrit d'Heinrich Gross. Le suif, car les mineurs de la Croix-aux-Mines s'éclairaient avec des lampes à suif et non avec des chandelles, stocké dans un

coffre était distribué aux mineurs devant la petite maison située juste à l'entrée de la mine (**fig. 31**) (Brugerolles *et alii* 1992).

**32.** *Item, deux grans arches et une petite à tenir les chandelles, 12 s. 6 d. tournois. Item un moule de bois pour faire chandelle, 7 s. 6 d. Item, 7 basnes tant grandes que petites, pour tenir suif, 15 s. Item, un grant couteau à couper le suif 15 d. Item, deux tables sur quoy se font les chandelles, 2 s. 6 d. tournois* (Dauvet. Mollat éd. 1953 p. 268 et pp. 305-306).

**33.** Il est probable que le conduit supérieur du porche ait été creusé dès l'origine. À une époque qui reste à déterminer, ce conduit fut remplacé par le puits qui se trouve à 50 m de l'entrée de la mine. Il ne peut, vu sa situation, avoir d'autre rôle que celui de créer un écart de pression permettant d'amener l'air loin dans la galerie.

**34.** Dauvet affirme dans la description de la mine :...*le Puits du Jour...par lequel l'en tire à present la mine et la terre desdictes montaignes* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 273). Il avait été auparavant prévu d'installer une machine d'extraction sur le puits, mais elle ne fut jamais réalisée (Id. p. 272).

## chapitre 3. Fer, plomb et argent : les métallurgies de Pampailly

---

- 1 L'inventaire de la mine, dressé par le Procureur Dauvet en 1454, signale l'existence de trois forges, la Forge vieille, la Forge neuve à Cosne et la forge du martinet de Brussieu qui semble n'avoir été à cette époque qu'un local de rangement (**fig. 7, pl. 1**) (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 251-275). La forge du Vernay apparaît plus tard dans les comptes, en 1456, selon Dauvet, la forge faisait partie intégrante de l'exploitation minière. Lorsque l'administration royale estima la mine de Pampailly, elle énuméra :

« les mines d'argent et de plomb de la montaigne de Pampilieu et les martinetz, maisons, molins, prez, granges, forges, vignes, boys et autres quelzconques appartenances » (Comptes, 1).

### Les forges

- 2 Le cas de Pampailly n'a rien d'exceptionnel. À Brandes-en-Oisans (Isère) et à Sainte-Croix-auxMines (Haut-Rhin), des forges furent fouillées, ainsi que sur le site de Celina, mine d'or de Bohême. Les prospections dans les Vosges et la Forêt noire ont signalé des vestiges (Benoit, Guillot et Ploquin 1995, Conin *et alii* 1995). Le règlement donné par Dauvet pour la bonne marche de la mine de Pampailly spécifie ainsi :

« Item pourvoira le mieux qu'il pourra aux forges des dictes mines de bons, souffisans et diligens mareschaux » (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 348, Comptes, p. 16).

### Les forges de cosne

- 3 Les bons, souffisans et diligens mareschaux réclamés par Dauvet sont des spécialistes. Les forgerons de la mine ne feraient pas les chevaux (Comptes, p. 149), ils ne fabriquaient pas les serrures, ni même tous les clous indispensables à la vie de l'entreprise. Un fèvre du village voisin de Sain-Bel fournissait les objets de serrurerie et les clous (Comptes, p. 544, 560, etc.). Pourtant, la forge de Cosne possédait ses *clouères*, mais lorsque Jean le Maréchal apparaît dans les comptes pour avoir forgé des clous, il s'agissait de 1800 clous de montaigne, c'est-à-dire de mine<sup>35</sup>. Le règlement leur imposait de forger incessamment les *chaynes, coignetz, marteaux et aultres ferremens desdictes mines, en telle maniere que les*

*ouvriers d'icelle mynes ne chomment* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 348, *Comptes*, p. 16). Faire et entretenir les outils, telle était bien la fonction essentielle des maréchaux des mines.

- 4 Lorsque le roi afferma la mine, il dut fournir leurs outils à certains ouvriers qui travaillaient à la galerie du Vernay. Ne possédant plus de forge, il fit exécuter le travail par la forge de Cosne ; Pierre Granier en a conservé les comptes. Pour le percement de 21 toises de galerie, il fallut refaire 1 043 *poinctes de coignetz et marteaux* au prix d'un denier la pointe (*Comptes*, 181, 183, 186, 189). Travail en série, rapide, très spécialisé que le forgeron devait pouvoir mener avec d'autres tâches, comme la forge de chaînes<sup>36</sup>. Le maréchal de mine se distinguait du forgeron de village par une qualification qui apparaît plus nette encore dans les salaires. En règle générale, les maréchaux étaient affermés, c'est-à-dire engagés à temps moyennant un salaire. Comme les autres ouvriers de Pampailly, ils pouvaient être nourris et logés aux frais du roi, ou « vivre sur leur bourse ». Dans le premier cas, Jean le Maréchal et Antoine Nepveu touchaient des gages sur une base de 35 livres tournois par an qui, pour le dernier, montèrent à 50 livres tournois lorsqu'il fit ses dépenses sur sa bourse (*Comptes*, 396, 398, 399). Salaires de haut niveau, si on sait qu'un ouvrier de martel français, c'est-à-dire un mineur qualifié, vivant sur sa bourse, touchait en général de 30 à 31 livres tournois. Seuls quelques techniciens allemands de haut niveau gagnaient 50 livres et plus (Rendu 1983 a).
- 5 Malgré leurs salaires élevés, les forgerons ne pesaient pas trop sur les finances de l'entreprise : ils étaient peu nombreux. Au cours des treize mois de l'exercice 1455-56, deux hommes ont travaillé à peu près en permanence à la forge de Cosne, Jean le Maréchal, dit aussi le Lorrain ou de Lorraine, et Antoine Nepveu. Jean le Maréchal fut présent durant trois mois, dès le début de la gestion en régie, du 1er février au 1er mai 1455. Il est probable qu'il ne suffisait pas à la tâche puisqu'Antoine Nepveu effectuait des travaux à la journée : cinquante-cinq jours ouvrables lui furent payés, soit une présence effective sur la forge de plus de deux mois sur trois. Au 1er mai 1455, Nepveu devint le maréchal affermé de la mine, mais Jean le Maréchal n'abandonna pas la forge, et reçut un salaire pour cinquante-neuf journées de travail et, de plus, fournit à *priffait* la mine en *clous de montaigne* et en chaînes. Au total, l'administration lui paya une somme de 55 livres 17 sous tournois pour dix mois, nettement supérieure aux gages qu'il aurait pu espérer<sup>37</sup>.
- 6 À côté de ces spécialistes, apparaissaient épisodiquement des aides beaucoup moins qualifiés ; l'un d'eux avait déjà servi comme manœuvre dans la mine, et fit aussi partie d'une équipe chargée de compter et de remiser le plomb stocké dans les martinets. Au total, 193 jours d'aides ont été payés en treize mois, plus d'une journée de travail sur deux. Le salaire des aides restait médiocre, 10 à 12 deniers tournois la journée, alors que Jean le Maréchal, après la fin de son contrat, a été embauché à 2 sous 6 deniers tournois la journée<sup>38</sup>.
- 7 Si les manœuvres employés à la forge venaient des environs, les maréchaux appartenaient au monde des techniciens qui alors parcouraient l'Europe. Jean le Maréchal recevait dans les comptes le qualificatif d'allemand. Lorrain ou Allemand, il venait d'un pays de métallurgistes (*Comptes*, 933). Prix de la technicité requise, il avait fallu faire venir un spécialiste étranger pour le travail de la forge. Hautement qualifié, bien payé, il n'avait besoin que de peu de personnel autour de lui.
- 8 Élément indispensable du complexe minier, que représentait la forge dans l'économie de l'entreprise ? Tout d'abord un capital, car des bâtiments étaient nécessaires qu'il

fallait construire, entretenir. L'exemple du Vernay montre que la mise de fonds n'était pas considérable<sup>39</sup>. Au capital bâti s'ajoutait l'équipement. Le *Journal* de Dauvet fournit, à deux reprises, le même inventaire des deux forges. On le retrouve, similaire, au moment de l'affermage à Mermet des Fontaines<sup>40</sup>.

- 9 La répartition du matériel montre une certaine division du travail à Cosne (**tableau 2**). La grosse enclume de la Forge vieille est estimée à douze livres, 49,3 % de la valeur du matériel inventorié, les *ciseaux à tailler fer*, correspondent, sans doute, à un premier travail de mise en forme d'objets métalliques d'une certaine taille dans la Forge neuve. S'y trouve aussi la meule qui, elle, n'intervenait qu'au moment des finitions. Les cinq *clouères* de la Forge neuve, la présence d'une seule petite enclume, d'une *demi cornue*, montrent des travaux d'un type différent : fabrication des clous utilisés quotidiennement, finitions. La complémentarité des deux ateliers fait penser qu'ils devaient se trouver à proximité l'un de l'autre. En fait, les deux forges n'étaient qu'un seul et même atelier en deux pièces, division née du besoin d'agrandir les locaux. L'ensemble de l'équipement représente un capital modeste, 27 livres 6 sous 8 deniers, même en considérant que l'évaluation a pu être sous-estimée et que le matériel était usagé.

Tableau 2. Forges de Cosne d'après l'inventaire de Dauvet 1454

Forge vieille		Forge neuve	
1 enclume	12 l. t.	6 marteaux	
2 soufflets	3 l. t.	12 tenailles	2 l. 10 s. t.
6 marteaux de forge	1 l. t.	5 clouères	
13 tenailles	30 s. t.	1 demi cornue	
2 ciseaux à tailler fer	20 d. t.	2 soufflets et une tuyère de petit volume	3 l. t.
1 meule à fer	5 s. t.	1 grande tenaille et	20 s. t.
		1 grande quantité de mandrins à poinçonner	
TOTAL	17 l. 16 s. 8 d. t.	TOTAL	6 l. 10 s. t.

Les valeurs sont exprimées en livres, sous et deniers tournois

- 10 Les frais de fonctionnement, durant les treize mois de régie, portent sur des sommes beaucoup plus considérables (**tableau 3**). Les salaires, en additionnant les affermages, les journées et les travaux à *priffait* \*, se montent à 283 livres 12 sous 8 deniers, qui atteignent la somme de 293 livres 12 sous 8 deniers en prenant en compte les frais du roi pour entretenir les maréchaux<sup>41</sup>. Second poste de dépenses, les achats de fer et d'acier, dont 103 livres 12 sous 6 deniers pour le fer et 14 livres 17 sous 1 denier pour l'acier. Le fer est encore un produit cher à Pampailly au milieu du XVe s. ; produit semi-ouvré, il est acheté par la mine de 3 à 4 deniers la livre. Ainsi le salaire quotidien d'un manœuvre équivaut au prix de 3 à 4 kg de fer (*Comptes*, 156). L'approvisionnement en charbon, charbon de terre ou de bois, représente une charge de 62 livres 10 sous<sup>42</sup>. Les seules dépenses d'entretien comptabilisées touchent aux soufflets : graissage du cuir et réparations, elles sont payées 8 livres 7 deniers<sup>43</sup>.

Tableau 3. Les dépenses de la forge en 1455

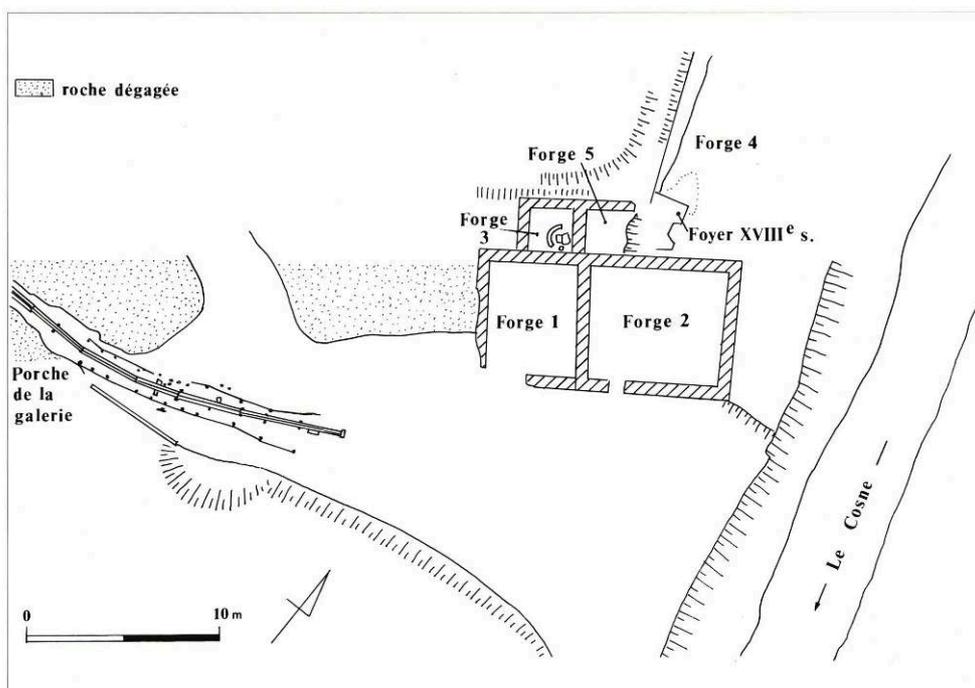
Salaires	293 l. 12 s. 8 d.	<b>62,28%</b>
Fer et acier	103 l. 12 s. 6 d.	<b>22,15%</b>
Charbon	62 l. 10 s.	<b>13,36%</b>
Entretien des soufflets	8 l. 7d.	<b>1,15%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>467 l. 15 s. 9 d.</b>	<b>99,50%</b>

- 11 Représentant un investissement limité en bâtiment et en équipement, la forge de la mine coûte d'abord par les salaires des techniciens qu'elle emploie. L'estimation du matériel, complet semble-t-il, des forges de Cosne, n'atteint pas la moitié des gages annuels d'un maréchal affermé. Coût de la spécialisation du travail, coût du métal aussi.
- 12 Le fonctionnement de la forge entre pour 2,6 % dans les dépenses de l'entreprise. L'importance de la forge, l'intérêt qu'y porte Dauvet dans son règlement, ne vient donc pas des sommes qui lui sont directement consacrées, mais du fait qu'elle représente un élément indispensable du système que constitue une grande exploitation minière. Sans une forge, sans des forgerons productifs, le système fonctionne mal.
- 13 La Forge neuve et la Forge vieille, en activité au temps de la direction de Pierre Granier, étaient toutes deux situées à proximité de la maison de Cosne, centre principal de l'exploitation, implantées près du porche le plus ancien. Là entraient et sortaient les mineurs, là leurs outils étaient entretenus.

### La forge du vernay

- 14 La forge du Vernay échappe aux inventaires, mais le compte du 1er mars 1456 au 28 février 1457 retrace l'histoire de sa création (**fig. 34 et pl. 1**). La mine venait d'être affermée à Mermet de Fontaines, le roi gardait cependant à sa charge le Voyage du Vernay, en particulier des dépenses *de fer, acier, forge, chandelles et tirage de terre* (*Comptes*, 1481). Aussi dut-il, pendant un temps, payer à Mermet de Fontaines la réparation des outils des ouvriers qui creusaient la galerie (*Comptes*, 1483, 1489). Tout poussait donc l'administration royale à construire une forge à l'entrée de la galerie du Vernay, pour des facilités techniques et l'espoir d'économies<sup>44</sup>.

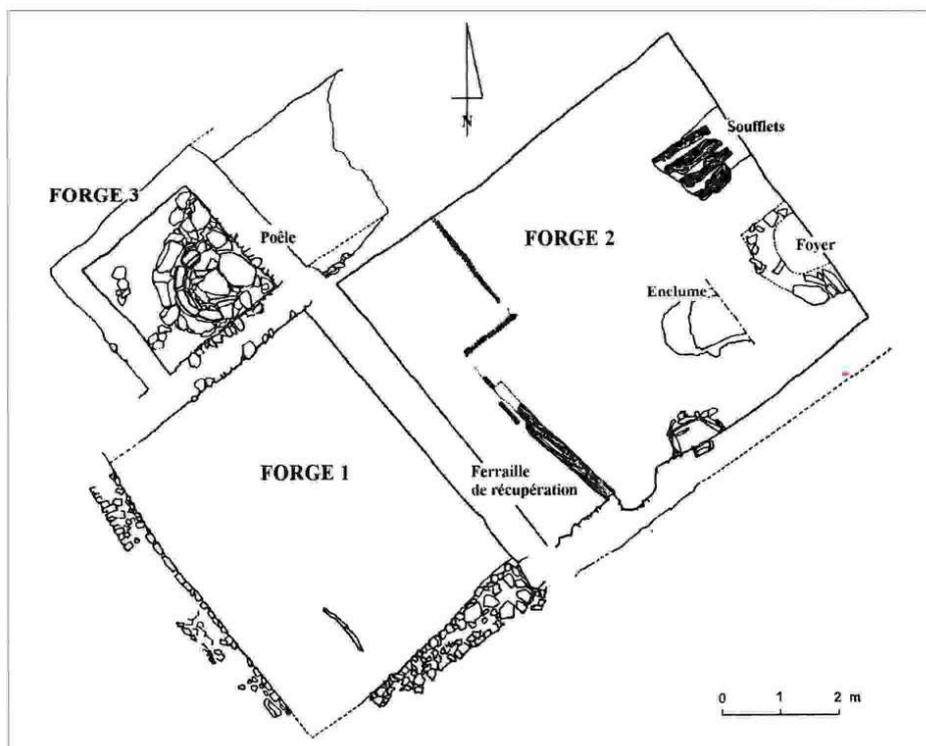
## 34 - Localisation de la force du Vernay



- 15 Le bâtiment construit comprenait, outre la forge, un logement pour les ouvriers chargés d'avancer la galerie<sup>45</sup>. Un mineur, Grégoire Longre, a reçu un salaire de 7 livres 3 sous pour creuser, dans la colline, l'espace nécessaire au bâtiment (*Comptes*, 1495). En outre, il a fallu embaucher des charpentiers et des maçons dont le rôle s'est limité à des travaux spécialisés : la construction d'un poêle, d'un foyer pour la maison et de foyers pour la forge<sup>46</sup>. Le bois représente plus de 20 % de la dépense totale, au premier rang parmi les matériaux ; aucun achat de pierre n'apparaît dans les comptes.
- 16 Les vestiges de la forge du Vernay, retrouvés en fouille, la situent à proximité immédiate du porche. L'ensemble du bâtiment s'étend, à gauche en s'avancant vers la mine, entre 20 et 35 m de l'entrée actuelle<sup>47</sup>. La forge s'inscrit donc exactement sur le passage des mineurs. L'organisation de l'espace est remarquable. Distant d'environ une cinquantaine de mètres, le martinet du Vernay pouvait, lui aussi, bénéficier des travaux effectués à la forge.
- 17 La fouille de la forge du Vernay a mis au jour un rez-de-chaussée, bâti en pierres. Il se compose de deux pièces ; un local, creusé dans la colline au niveau de l'étage, contient les vestiges d'un poêle (forge 3). Les pierres sont, sauf cas particuliers, des rhyolites de provenance locale, ce qui explique qu'elles n'apparaissent pas dans les comptes. Les murs qui restent en élévation montrent un appareil soigné de moellons de dimensions modestes liés à la terre. La maison possédait un étage, construit en pisé, chauffé par le poêle.
- 18 De forme grossièrement rectangulaire, les pièces du rez-de-chaussée sont de superficie très inégale. La plus petite, au sud-ouest, s'appuie sur la colline, sur une largeur interne d'environ 4,4 m, pour une longueur de 5,8 m. La seconde pièce, appuyée elle aussi sur le rocher, est notablement plus large, 7 m, pour une longueur comparable à celle de la première pièce (**fig. 35**). Le dernier état d'occupation, au lendemain de l'abandon, permet de reconnaître la fonction de chacune de ces pièces. Dans la plus petite, au sol de couleur brune, peu de mobilier présent, si ce n'est quelques fragments de

céramique ; la seule structure visible consistait dans les restes d'un foyer et de sa cheminée de briques et de tuileaux abattue sur le sol. Il s'agissait là de l'habitat destiné aux mineurs. À cette pauvreté en mobilier s'oppose la richesse des vestiges découverts dans la grande pièce (forge 2) (fig. 35). Le sol d'occupation, souvent noir et charbonneux, portait les traces du travail : essentiellement du mobilier métallique, du charbon de bois et du charbon de terre (encart : la houille à Pampailly au XVe s., p. 58).

35 - Plan de la forge au XVe siècle



- 19 Le long du mur nord-est, la maçonnerie d'un foyer s'élevait à une quinzaine de centimètres au-dessus du niveau du sol. Peu rubéfiés, ces vestiges devaient correspondre à la base d'un appareil dont la partie sommitale a été arasée. À un peu moins d'un mètre du foyer, une dépression entourée de battitures oxydées, c'est-à-dire de petits éclats métalliques arrachés à l'objet forgé par le marteau de l'ouvrier, signale l'emplacement de l'enclume. Le long du mur soutenant le foyer, à environ un mètre, des empreintes de planches dans un sol charbonneux marquent la place de la structure en bois qui portait les soufflets. À l'opposé de la pièce, une planche perpendiculaire au mur du fond délimite la zone où les maréchaux entreposaient la ferraille de récupération.
- 20 Sous ce sol, où des hommes travaillèrent et habitèrent entre 1456, date de la construction, et l'abandon à la fin du XVe s., la fouille a dégagé deux autres niveaux d'occupation. Au plus récent correspond un bâtiment en pierre de deux pièces, une forge et un habitat. C'est cette construction qui fut reprise et agrandie en 1456. Le foyer de forge, haut d'une vingtaine de centimètres seulement, s'appuyait sur la façade, à proximité se trouvait l'enclume (fig. 36). Cet atelier doit être attribué à Jacques Cœur. Le bâtiment de pierre remplaçait une forge antérieure, probablement en bois, composée d'une seule pièce. Son foyer a été détruit en grande partie lors des travaux

ultérieurs. Selon toute vraisemblance, cette forge avait été installée à l'époque où Hugues Jossard entreprenait la galerie du Vernay.

### 36 - Foyer de forge de l'époque de Jacques Cœur



## Outils et travail de la forge

- 21 Les trois niveaux d'occupation de la forge du Vernay ont livré un important mobilier métallique, provenant du travail, mais aussi du stockage de vieux fer. Les trois inventaires de la vieille forge de Cosne précisent de telles pratiques : *12 quintaux de ferremens vielz, tant de sercles de basnes que de barreaux, coigney vielz et autres choses* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 269).
- 22 Des clous, des pointerolles, des fragments de chaînes, une houe brisée, autant d'objets qui éclairent l'histoire de la mine. Mais la morphologie ne permet de connaître que l'aspect extérieur de l'outil ; sa fabrication, comme son utilisation, apparaissent à travers l'étude analytique<sup>48</sup>.

### La houille à Pampailly au XVe siècle

Les comptes de la mine signalent, pour l'année 1455, à côté des achats de bois et de charbon de bois, l'acquisition de « charbon de pierre » destiné aux forges.

Confirmant ces textes, la fouille de la forge du Vernay a livré de la houille en quantité non négligeable. Cette utilisation marque la première étape d'une des caractéristiques intéressantes du site puisqu'au XVIIIe s., Pampailly a joué un rôle essentiel dans la mise au point de techniques de réduction du minerai grâce à la houille.

Dans la forge du Vernay, le niveau inférieur, c'est-à-dire celui qui correspond à l'exploitation de Hugues Jossard, très mal conservé, n'a pas fourni de charbon de terre significatif, en revanche les sols de l'époque où Jacques Cœur contrôlait l'entreprise contenaient de la houille. Ainsi, il est assuré que dès les années comprises entre 1444 et 1451, le charbon de terre servait aux forgerons de

Pampailly. Mais ce sont les couches d'abandon de la forge, reconstruite et agrandie en 1456, qui a fonctionné au moins jusque dans les années 1470, que les quantités les plus abondantes de houille ont été découvertes, réparties dans tout le sol de l'atelier, mais plus particulièrement dans une zone qui correspondait à d'anciens tas de combustible minéral. Les restes d'un stockage de charbon de bois ont aussi été découverts.

Une première étude portant sur la houille de la forge du Vernay, réalisée par J.-F. Becq-Giraudon, ingénieur au BRGM, a mis en évidence la présence de deux types principaux de charbon. Un charbon de forge, ou houille maréchale, de faible teneur en soufre et dont les matières volatiles s'inscrivent dans une fourchette estimée de 22 % à 33 %, et un charbon mat, moins évolué, plus sulfureux contenant environ 37 % de matières volatiles. Il est de moins bonne qualité pour les travaux de forge.

Le premier type de charbon peut, par ses caractéristiques, provenir du gisement de Sainte-Foy-l'Argentière à environ 8 km de Pampailly, cette possibilité n'est pas une certitude tant ce type de charbon est répandu. En revanche, le charbon mat du second type est incompatible avec la production de Sainte-Foy-l'Argentière, on trouve de la houille comparable dans les gisements du Beaujolais, en particulier à Aumance et à Lucenay, mais aussi de Saint-Etienne. Quoi qu'il en soit, le charbon de Pampailly devait provenir de mines de houille dont la distance ne dépassait pas quelques dizaines de kilomètres. Les données analytiques confirment donc celles des textes et de la fouille.

La houille achetée à Pampailly possédait les qualités qui convenaient à un travail de forge. Les « maréchaux » l'utilisaient pour alimenter le foyer où ils chauffaient le fer et l'acier afin de les mettre en forme ou de les souder. Le charbon de bois, de moins bonne tenue mécanique, mais contenant beaucoup moins d'impuretés et surtout pas de soufre, était réservé à la cémentation, c'est-à-dire à l'adjonction de carbone au fer pour le transformer en acier.

Ainsi, au dernier siècle du Moyen Âge, la houille était régulièrement utilisée à la forge de Pampailly. La proximité de gisements de houille anciennement exploités, au moins à Saint-Etienne où des documents écrits attestent l'extraction de la houille au XIII<sup>e</sup> s., le coût du produit a conduit à utiliser un combustible encore peu exploité, mais d'excellente qualité pour certains types de travaux alors que la demande en charbon de bois était considérable pour la transformation des minerais.

- 23 L'étude de ce mobilier a été centrée sur l'outil le plus utilisé par le mineur, la pointerolle ou *coignet* (Guillot *et alii* 1986 et 1987, Guillot, Conin et Fluzin 1991, Benoit, Guillot et Ploquin 1995, Guillot *et alii* 1995). Les trois inventaires de la mine de Pampailly font mention de :

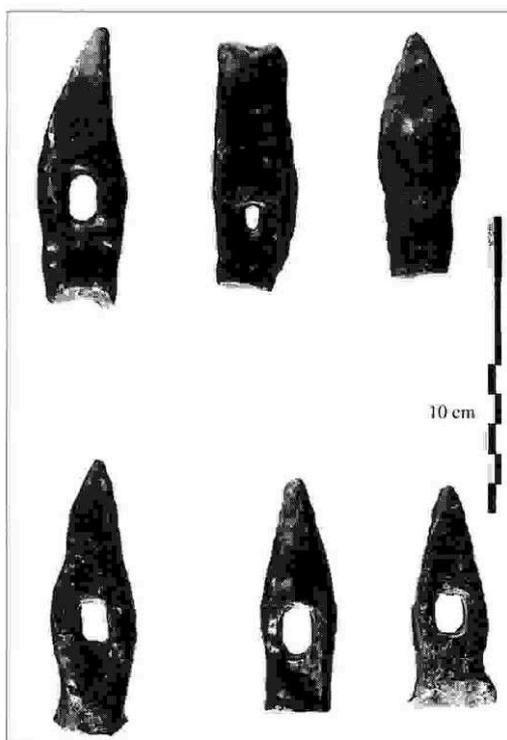
« cinquante marteaux estans en la dicte montagne ; 80 douzaines de coignetz, tant bons que mauvaiz ; 6 picques et 16 fessouers estans en la dicte montaigne » (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 301).

- 24 Ces 80 douzaines de *coignetz* ou 960 pointerolles sont utilisées par environ 50 *ouvriers de martel*, autant que de marteaux, soit en moyenne un peu plus de 19 outils par mineur. Le règlement de la mine de Pampailly stipulait que chaque *ouvrier de martel* devait apporter avec lui douze pointerolles sur le chantier

« en telle maniere que par faulte desdits martel et coignetz, il n'ait cause de chommer ne perdre temps [...] » (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 348, *Comptes*, p. 16) (fig. 37).

- 25 Sur les 19 pointerolles théoriquement à la disposition de chaque mineur, 7 restaient donc en moyenne dans la forge afin d'y subir les réparations nécessaires. Le coût de l'outillage de base d'un mineur, estimé à partir des premiers inventaires, à savoir un marteau et douze pointerolles, s'élevait à 11 sous 3 deniers tournois, soit plus du cinquième d'un mois de salaire d'un ouvrier de martel français, estimation basse car les valeurs données par les inventaires semblent particulièrement faibles<sup>49</sup>. Le prix de l'objet explique sans doute qu'il ait été rarement abandonné, à la différence de ce qui s'est produit à des époques plus tardives.

### 37 - Pointerolles usagées retrouvées sur le site de Pampailly



- 26 Outil du mineur par excellence, emblème du métier, la pointerolle constitue donc un terrain d'étude de choix des outils des mines polymétalliques, aussi bien dans le temps, elles sont encore utilisées au XVIIe s., que dans l'espace, on les retrouve dans toutes les mines européennes. Les recherches menées à Pampailly, les premières sur le sujet mais aussi celles qui portent sur le site le plus ancien, ont ouvert la voie à des travaux qui éclairent à la fois les techniques minières, le travail de la forge et la production de fer.
- 27 Parmi les douze pointerolles mises au jour au Vernay, dix proviennent de la fouille de la forge. La fouille du porche du Vernay en a livré une autre, enfin un seul outil a été découvert dans la galerie du Vernay. Toutes ces pointerolles présentent de grandes similitudes et s'inscrivent dans une même typologie, à l'exception de la plus grande dont les angles sont abattus. Elles ont des dimensions voisines, comprises entre 8 et 12 cm de longueur, légèrement plus courtes que celles des exploitations vosgiennes du XVIe s.<sup>50</sup>. L'œil, trou pour loger le manche, est toujours situé après la première moitié

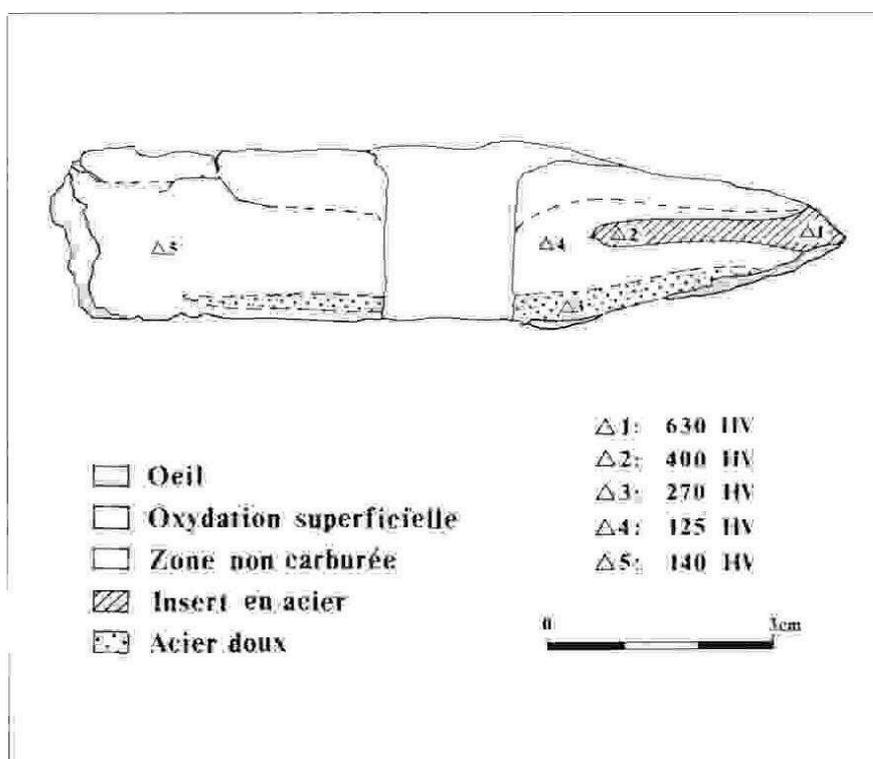
de l'outil, en partant de la pointe, et avant le dernier tiers, alors que dans les outils vosgiens l'œil pouvait être très proche de la surface de frappe.

- 28 Afin de mieux comprendre le travail spécialisé des forgerons du Vernay, il était nécessaire de poursuivre l'investigation à plus fine échelle et d'entreprendre des examens analytiques et structuraux. L'étude a porté sur quatre pointerolles ; trois ont été découvertes dans la forge, deux proviennent de la phase d'occupation la plus récente (V.84.2. et V.85.1.), une de la phase intermédiaire (V.85.3.) ; la dernière a été retrouvée sous la voie de roulage du XVIIIe s. (V.83.1.). La stratigraphie ne permet pas de la dater. L'étude analytique de ces quatre outils a pour objet la comparaison de leur mise en forme et de la composition du métal.
- 29 Les pointerolles de Pampailly sont des outils relativement massifs. Ils comportent suffisamment de métal non oxydé pour permettre une étude métallurgique significative. L'observation du métal à cœur est nécessaire. Une fois l'objet scié dans sa longueur, il est poli et attaqué à l'aide d'un réactif approprié pour révéler la structure du métal. Cette structure étant conditionnée par son histoire thermomécanique et thermochimique, il est possible, à partir d'études structurales, de déterminer en partie les processus mis en jeu lors de l'élaboration et de l'utilisation de l'objet. Les observations réalisées sont d'abord macrographiques, en lumière rasante, afin de révéler la texture du métal. Ainsi apparaît, de façon globale, la mise en forme de l'objet, signalant, en particulier, des alignements d'impuretés et des soudures. Par ailleurs, les examens micrographiques précisent les structures les plus caractéristiques, rendant possibles les corrélations avec les traitements thermomécaniques inhérents à l'élaboration et à l'utilisation de ces outils.
- 30 De plus, quelques analyses élémentaires effectuées dans des conditions difficiles ont donné des résultats fragmentaires, mais assez précis pour aboutir à des conclusions partielles. Les quatre pointerolles présentent en effet des teneurs en manganèse, nickel et cuivre, supérieures à et nettement distinctes de celles de fleurets, outils d'abattage à la poudre, datés du XVIIIe s. Ces pointerolles constituent donc un lot où la composition du métal est relativement homogène (Guillot 1985). La pointerolle découverte sous la voie de roulage peut être rattachée aux outils du XVe s. L'homogénéité du métal forgé à Pampailly fait penser que le fer, acheté essentiellement à des marchands de Lyon, les frères Villars, provenait d'une même source (*Comptes*, 156, 158, 161, 1070). Cette hypothèse ne pourra se vérifier que par la multiplication des analyses<sup>51</sup>.

Les études métallographiques ont donné des résultats plus probants. L'examen de la pointerolle V.85.3 peut être pris comme exemple (**fig. 38**). L'outil présente au niveau de la pointe une zone elliptique, plus sombre, intéressant environ le tiers de la longueur totale. La différence de contraste est due à l'action sélective du réactif d'attaque en fonction principalement de la teneur en carbone de l'acier. Ce fragment de métal, l'insert, est constituée d'un acier de composition eutectoïde (0,8 % de carbone), inséré dans une matrice en acier de teneur en carbone variable. La matrice, loin d'être homogène, est constituée schématiquement de quatre zones distinctes : trois sont ferritiques, tandis que la dernière est en acier doux. On observe, au niveau de la tête, une fissure ramifiée située à l'intersection de trois zones. Elle correspond à la rupture des soudures de forge. Il apparaît ainsi que la matrice est constituée d'un agrégat de feuilles métalliques, résultant probablement de la récupération d'anciens outils corroyés en un trousseau, c'est-à-dire une pièce métallique que le forgeron pourra par la suite mettre en forme. L'application de cette technique du corroyage, ainsi que l'ajout de l'insert en acier, nécessitent d'effectuer à la fois des soudures fer/fer et des soudures fer/acier. La température requise pour les réaliser est celle du « blanc soudant », ce qui correspond à une

température de 1 200° C à 1 400° C pour le fer et de 830° C à 1 000° C pour l'acier. La soudure fer/acier est donc la plus difficile à réaliser, car il faut que les deux métaux soient portés en même temps à leur palier de soudabilité, ce qui exige un gros écart de température pour éviter que l'acier ne « brûle »<sup>52</sup>. De plus, la formation d'oxyde sur les surfaces à souder empêche le contact intermétallique. C'est pourquoi il est nécessaire, pendant la chauffe, de parsemer de sable les surfaces à réunir, de façon à faciliter l'éclatement de la couche d'oxyde. Le sable forme alors, avec l'oxyde de fer, un silicate fluide à haute température (fayalite :  $2 \text{FeO SiO}_2$ ), qu'il faut évacuer par martelage sous forme de scories, mais qui constitue souvent, comme dans le cas présent, des alignements d'inclusions au niveau des soudures. Dans l'ensemble, ces soudures sont de bonne qualité, seules celles de la tête ont présenté une certaine faiblesse sous les sollicitations violentes de l'utilisateur. À l'inverse, la soudure de l'insert est parfaitement réalisée, ce qui dénote la maîtrise technique de ces forgerons des mines.

### 38 - Pointerolle V. 85. 3.



**LA POINTEROLLE A ÉTÉ SCIÉE EN DEUX AVANT D'ÊTRE SOUMISE À UN TRAITEMENT MÉTALLOGRAPHIQUE QUI MET EN ÉVIDENCE UN CORPS FORMÉ DE FERS DE RÉCUPÉRATION SOUDÉS ENSEMBLE, LES SOUDURES SONT MÉDIOCRES ET ONT LAISSÉ LA CORROSION SE DÉVELOPPER SUR LA TÊTE DE L'OUTIL**

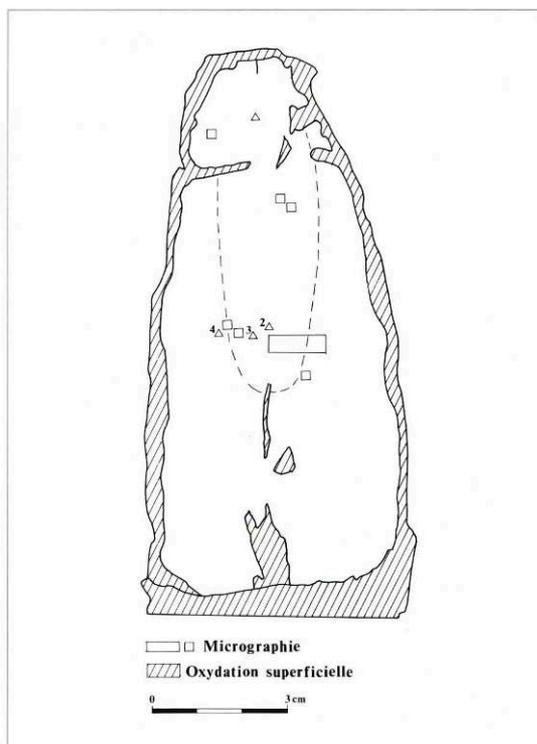
L'ensemble des microstructures observées en pointe de l'outil, et particulièrement au niveau de l'insert où apparaît une structure bainito-martensitique de micro dureté élevée<sup>53</sup> ( $H_v = 630$ ), montre l'emploi de la trempe afin d'obtenir un métal aux propriétés mécaniques correspondant aux besoins, en particulier une grande dureté pour percer la roche très résistante de la galerie du Vernay. En fait, seule la première moitié de la pointe devait être trempée à l'eau, puisqu'au cœur de l'insert la structure aciculaire laisse place à une perlite nodulaire ( $H_v = 400$ ), dans un environnement bainito-martensitique, la vitesse de refroidissement étant alors inférieure à la vitesse limite de trempe. La partie terminale de l'insert est, quant à elle, entièrement constituée de perlite nodulaire.

Les grains de ferrite de cet outil, de taille relativement élevée, ne révèlent jamais de structure maclée comme on le rencontre souvent lors de l'étude d'objets anciens

(Fluzin *et alii* 1983). L'hypothèse la plus vraisemblable quant à la formation des macles mécaniques est celle d'une forte vitesse de déformation à température ambiante. De telles structures ne s'observent donc qu'après une utilisation intensive de l'outil<sup>31</sup>. La surface de frappe ne porte pas de trace consécutive aux chocs violents du marteau sur la tête de la pointerolle. L'absence de macles et d'écrouissage fait penser que cet outil était brut de forgeage ou de reforgeage lors de son abandon. En effet, tout passage à la forge, donc tout chauffage à une température supérieure à 920° C, réinitialise la structure et annihile les déformations antérieures. Cette constatation est renforcée par le fait que l'outil, retrouvé dans le foyer de la phase intermédiaire d'occupation, ne présente aucune trace d'usure de la pointe, ni d'écrasement de la tête.

L'examen de la demi-section de l'autre pointerolle (V.84.2.) montre, en plus de l'identité de typologie, une identité de mise en forme (**fig. 39**). La matrice est globalement ferritique et la pointe est aciérée, là encore, à l'aide d'un insert de teneur en carbone plus élevée. Les mêmes structures de trempe se retrouvent au niveau de la pointe. On observe cependant, au cœur de l'insert, une grande fissure longitudinale, l'extrême pointe étant elle aussi décorée de fines fissures. Ces défauts consécutifs à un acier trop dur, trempe à l'eau sans revenu d'adoucissement, sont apparus lors de l'utilisation de l'outil. Après une phase d'amorçage puis de propagation lente, la rupture peut devenir brutale et l'outil inutilisable. Cette pointerolle, contrairement à la précédente, avait besoin d'être reforgée, la pointe est en effet très émoussée et la surface de frappe est fortement écrouie.

### 39 - Pointerolle V. 84.2.



- 31 Ces observations, comme celles effectuées sur les autres pointerolles du Vernay, montrent une unité d'élaboration primaire, correspondant à la mise en place au sein d'une matrice globalement ferritique, d'un insert en acier par une soudure en «gueule de loup». Les documents écrits fournissent, à ce sujet, une indication supplémentaire. Ils font entre autres mention de l'achat de

« 71 livres de fer carré [...] pour faire les restes desdits coignetz et marteaulx et de 12 quarreaux d'acier plat [...] pour faire les poinctes desdits marteaulx et coignetz » (*Comptes*, 1487, 1488).

- 32 Sans être d'une technologie difficile, la fabrication d'un tel outil requiert une certaine habileté et une grande spécificité. C'est pourquoi le roi fait appel à des forgerons hautement qualifiés. L'archéologie vient au secours des textes pour estimer le prix de cette qualification. Les pointerolles retrouvées à Pampailly ont une masse comprise entre 200 et 350 g. En incluant la perte au feu dûe au forgeage, le maréchal doit utiliser environ une livre de métal, dont 10 % d'acier, pour réaliser un coignet neuf. Si le prix de la livre de fer est bien connu d'après les comptes, entre 3 deniers et 3 deniers 3 pictes (*Comptes*, 156, 158, 159, 1482, 1487), celui de l'acier ne peut être cerné avec précision. On peut néanmoins estimer le coût de la matière première entre 3 et 5 deniers, soit environ le tiers du prix du *coignet* neuf mentionné dans l'inventaire de la Forge neuve de Cosne du 3 mars 1455<sup>55</sup>. La plus-value apportée par le travail du spécialiste est donc à peu près égale au double du prix du métal.
- 33 Outre la fragilité de la pointe due à la trempe sans revenu, une grosseur de grain élevée incompatible avec une bonne tenue mécanique et des soudures de qualité très variable entraînent l'utilisation d'outils aux caractéristiques mécaniques inégales. D'une résistance suffisante pour attaquer les roches dures, ces objets s'usaient ou se rompaient d'autant plus rapidement que leur emploi était intensif. Le nombre de pointerolles emportées sous terre par chaque mineur en est la preuve. Le forgeron, en plus de l'élaboration des outils, devait donc les entretenir chaque jour, reforger pointes et têtes. Les techniques employées variaient avec la réparation à entreprendre et les habitudes du maréchal. Sur la pointerolle V.84.2, en pointe de l'insert, deux fissures délimitent une plage de structure particulière. La structure et la microdureté élevée indiquent qu'il s'agit de martensite, caractéristique d'une trempe à l'eau. Le forgeron a rechargé la pointe brisée avec un fragment d'acier, médiocrement soudé, avant de tremper l'extrémité de l'outil. Sur un autre outil, la pointerolle V.83.1., la zone martensitique est très réduite, elle est entourée de bainite ; sur un outil usé, le maréchal a cimenté la pointe au lieu de la recharger.
- 34 À travers les données du laboratoire, des textes et du terrain, la forge du Vernay apparaît, avec ses hommes et leurs savoirs, dans une organisation de l'espace, dans un complexe économique et technique. Les lieux, la chronologie, les matériaux, permettent d'affirmer que le travail de la forge était le même à l'époque de Jacques Cœur, à celle de la régie royale et à celle des héritiers de l'Argentier. Une vision précise des techniques d'élaboration des outils, de leur entretien, de leurs réparations est maintenant possible. Les textes fournissent les données chiffrées indispensables, montrant le travail permanent du forgeron, les prix et les salaires, et ainsi une estimation des coûts. L'analyse paléométallurgique donne la composition des métaux, leurs modifications thermodynamiques, en bref, toutes les techniques de mise en œuvre. La pointerolle, outil fondamental des mineurs, répandu dans l'Europe entière, apparaît de conception élaborée, puisque l'outil se compose à la fois de fer et d'acier, selon une technique déjà appliquée à bien des armes ou des outils au Moyen Âge. Mais il ne s'agit pas ici d'armes de luxe ou même de couteaux, dont l'usage est prévu pour durer longtemps, mais d'outils destinés à s'user vite, d'outils qu'il était nécessaire d'entretenir quotidiennement. Conception intelligente de l'outil, mais réalisation délicate ; il fallait savoir souder le fer et l'acier, cimenter, tremper, meuler, en un mot dominer toutes les techniques de la forge.

## Le traitement des minerais argentifères

- 35 Produire de l'argent, telle était la raison d'être de la mine de Pampailly, la raison de l'intérêt qu'y portaient Jacques Cœur, puis le roi. Le traitement du minerai, sa transformation en métal, occupent ainsi une place aussi importante dans l'histoire du site que l'extraction, comme le confirme le règlement donné par Jean Dauvet qui précise, dans son article 15 :

*« Item, visitera, ledit gouverneur, souvent au moins deux ou trois fois la semaine les martinets desdictes mynes d'argent tant de Cosne, du Vernail que de Brucieu, et verra comment les maîtres fondeurs et affineurs besongent tant aux recuiz de la myne qu'à tirer et laver les regretz et fondre et affiner [...] » (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 349).*

- 36 Ces travaux se divisaient, comme auparavant et encore de nos jours, en deux séries d'opérations. Les premières se situent avant la fusion et relèvent de l'enrichissement du minerai ou, pour reprendre un vocabulaire très actuel, de la minéralurgie. Les secondes concernent la production du métal dans le four de fusion et son affinage, elles appartiennent à la métallurgie.
- 37 Malgré leur importance primordiale, la minéralurgie et la métallurgie de Pampailly restent encore moins bien connues que l'extraction minière. Une première raison tient à l'organisation du travail : alors que le pouvoir royal exploitait la mine en régie directe, il donnait à ferme le travail du minerai. Si les quantités produites sont connues, comme le nom des maîtres fondeurs, le nombre, les emplois et la qualification du personnel qui travaillait sous leurs ordres demeurent inconnus. Les techniques de traitement du minerai apparaissent partiellement à travers les documents laissés par l'administration royale de 1454 à 1457. Ces textes sont d'une interprétation souvent difficile. Les métallurgistes utilisaient un vocabulaire spécifique pour décrire les installations et les produits. Ce vocabulaire, très éloigné du nôtre, est parfois encore incompréhensible. Cependant, à partir des inventaires du minerai en cours de traitement, des inventaires de biens meubles des martinets et de leurs annexes, ainsi que des comptes de réparations de ces installations, une description de la minéralurgie et de la métallurgie à Pampailly devenait possible. Malgré ses imprécisions, elle apparaissait d'autant plus souhaitable qu'aucun autre site médiéval ne permet d'aller aussi loin dans la connaissance des techniques de traitement du minerai.
- 38 Ces sources écrites, malgré leurs lacunes, ont longtemps été le seul moyen d'approcher le traitement du minerai à Pampailly. La découverte d'un bief médiéval conduisant l'eau, en rive droite, sur le site du Vernay, a fourni une première indication. La fouille de l'été 1995 a permis de découvrir un atelier métallurgique important sur la rive gauche. Trop récents pour être assimilés et correctement interprétés, les résultats archéologiques de ces dernières années doivent être pris en compte. Ils modifient considérablement le point de vue limité tiré de l'interprétation des textes.

### Les martinets

- 39 Au milieu du XVe s., trois martinets\* appartenaient alors à la mine : le martinet de Cosne, situé sur la rive gauche du ruisseau, face au porche de Cosne, la plus ancienne et la plus occidentale des entrées de la mine ; le martinet de Brussieu, situé à l'ouest du

martinet de Cosne, probablement à proximité de l'actuel moulin de Charfetaïn, et le martinet du Vernay, seul à avoir été partiellement fouillé (pl. 1).

- 40 En 1455, au moment où l'activité reprend à Pampailly, le martinet de Cosne, proche du siège de l'entreprise, n'était pas le plus actif. En 1455, sa production d'argent, 251 marcs, aussi bien que les stocks présents sur le site au moment de l'inventaire de Dauvet, le mettaient, sensiblement au niveau du Vernay, martinet plus récent, qui donna 214 marcs d'argent la même année. Le plus gros centre producteur, avec 393 marcs d'argent, se trouvait à Brussieu, c'est-à-dire, si l'hypothèse de localisation présentée est exacte, en un lieu où l'énergie abondait. Les données de 1457 confirment cette suprématie et font du Vernay encore le plus petit producteur<sup>56</sup>. Le martinet de Brussieu possédait une installation très complète avec en particulier une plomberie. Une forge, d'habitude placée à l'entrée de la mine pour l'entretien des outils, y fut même, un temps, en fonctionnement (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 261). Malheureusement rien n'a été découvert, à ce jour, de ce martinet.
- 41 Du martinet de Cosne, certains vestiges sont perceptibles au sol, en particulier la marque d'une arrivée d'eau sur la rive gauche du Cosne (commune de Brullioles). La maison de Cosne, centre administratif de l'exploitation et habitat principal des mineurs peut être, avec beaucoup de vraisemblance assimilée à une grosse maison dotée d'une chapelle au nom de saint Nicolas, saint patron des mineurs au XVe s. Malheureusement, l'accès de ces terrains nous a été jusqu'à ce jour refusé même pour y effectuer une prospection électrique. Les prospections faites en rive droite n'ont livré que des vestiges médiocres. Comme l'affirmait le texte de Dauvet, la maison de Cosne se situe face à la mine, c'est-à-dire sur l'autre versant du ruisseau. Le martinet de Cosne se situerait entre la maison et le Cosne.
- 42 Le besoin en énergie hydraulique pour laver, broyer, fondre et affiner le minerai a fixé l'activité des martinets en bordure du Cosne. À côté des appareils utilisant la force de l'eau, se trouvaient aussi les *muretz\** et les plomberies, installées là où le métal sortait des fours, c'est-à-dire à proximité du ruisseau.
- 43 La découverte d'un système d'adduction médiéval laissait entendre que des ateliers métallurgiques se trouvaient sur la rive droite du Cosne, fait qui confortait les données du *Journal* de Dauvet et plaçait le martinet du Vernay sur la même rive que la mine. À ce jour, ces installations de rive droite n'ont pas été découvertes. L'importance considérable du colluvionnement a empêché d'y accéder facilement, mais l'opération est maintenant prévue. En revanche d'importants vestiges ont été mis au jour au Vernay, sur la rive gauche, montrant l'ampleur des installations métallurgiques dans la seconde moitié du XVe s. (pl. 1).

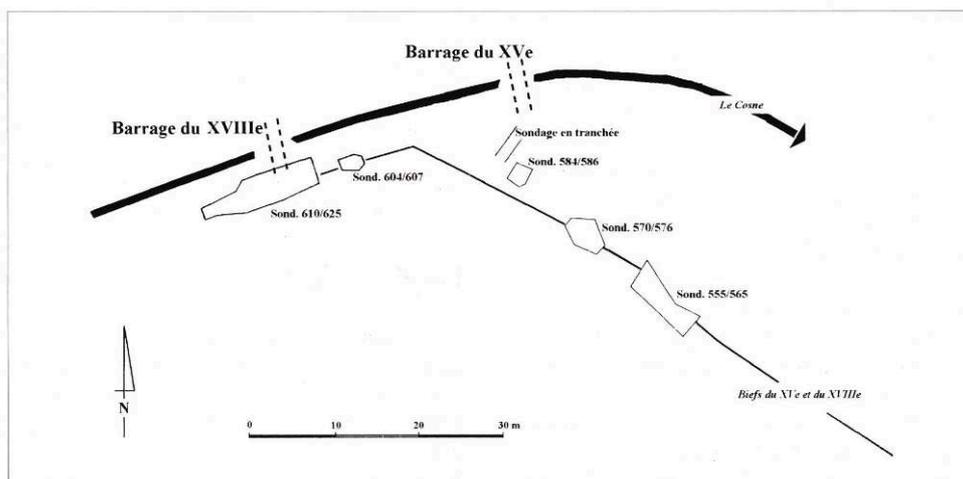
## L'énergie : les biefs

### À Charfetaïn

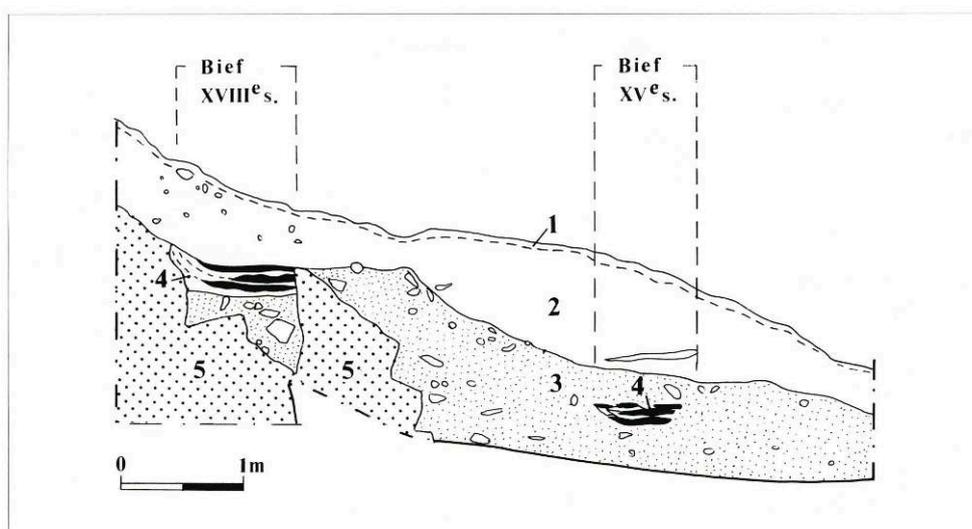
- 44 Sur la rive droite du Cosne, les mineurs disposaient d'une énergie hydraulique abondante fournie par un bief dérivé du ruisseau. Un sondage effectué sur le bief, béal\* selon la terminologie locale, du XVIIIe s. a révélé l'existence d'une canalisation antérieure, recouverte par les colluvions dans lesquelles le bief du XVIIIe s. avait été creusé (fig. 40 et 41, pl. 1). La stratigraphie, l'aspect des colluvions provenant de versants non défrichés, tout laisse entendre que ce bief est l'œuvre des exploitants du

Moyen Âge. Il prend son départ à 80 m en aval à l'emplacement où le moulin de Charfetain rejetait dans le ruisseau, l'eau qui l'avait mis en mouvement.

#### 40 - Barrages et prises d'eau sur le Cosne à Charfetain



41 - Coupe effectuée sur le bief. Le bief supérieur, du XVIIIe s., est creusé dans les colluvions qui recouvrent le bief inférieur qui est médiéval

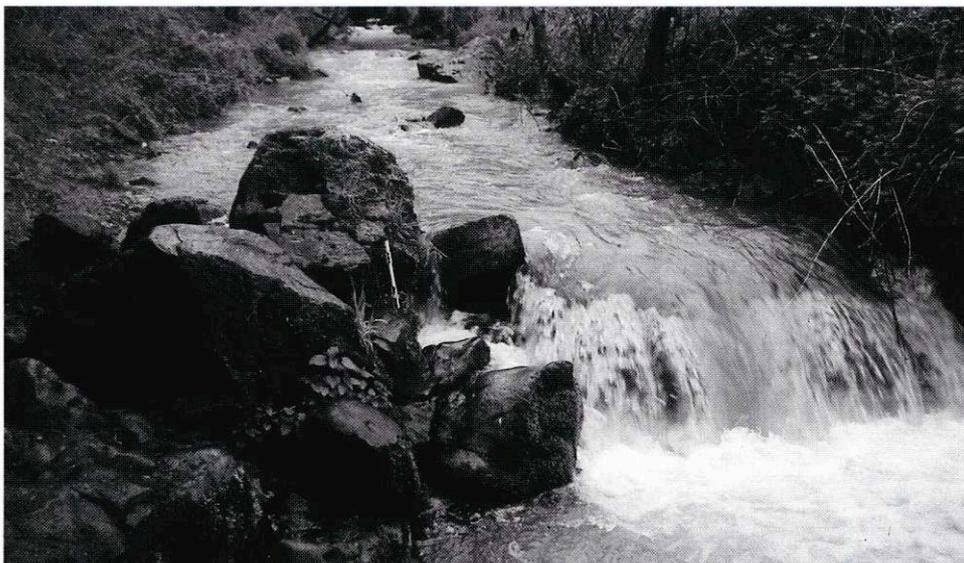


- 1 : HUMUS
- 2 : COLLUVIONNEMENT RÉCENT
- 3 : COLLUVIONNEMENT ANCIEN
- 4 : COLLUVIONNEMENT LAVÉ SIGNALANT LE PASSAGE D'UN BIEF
- 5 : ROCHE

- 45 Les racines d'un arbre imposant ont détruit la prise d'eau sur le Cosne, mais les vestiges du barrage sont encore visibles sur la rive gauche du ruisseau. La digue du XVe s. est établie sur une barre rocheuse ; de gros blocs demeurent encore en place, même si la partie centrale a été emportée par les eaux. La construction d'un tel ouvrage s'avère très simple : sur un affleurement rocheux qui crée déjà une dénivellation, il suffit de placer des rochers d'une masse telle qu'elle résiste au flot, de placer des pierres de moindre dimension dans les espaces vides, peut être de combler le tout avec de la terre. Facile à mettre en place, ces barrages ne demandaient qu'un entretien limité ; il fallait

cependant réparer les dégâts produits par des crues. Les techniques n'ont guère évolué au cours des siècles, puisque le bief qui conduisait au moulin de Charfetain, encore en service au début du XXe s., a été construit sur ce modèle (fig. 42). L'importance du bief était telle que l'eau coulant en été dans le Cosne à notre époque n'aurait pas suffi à le remplir.

#### 42 - Vallée du Cosne, barrage du XVe s. qui dérive les eaux vers le bief de la rive droite

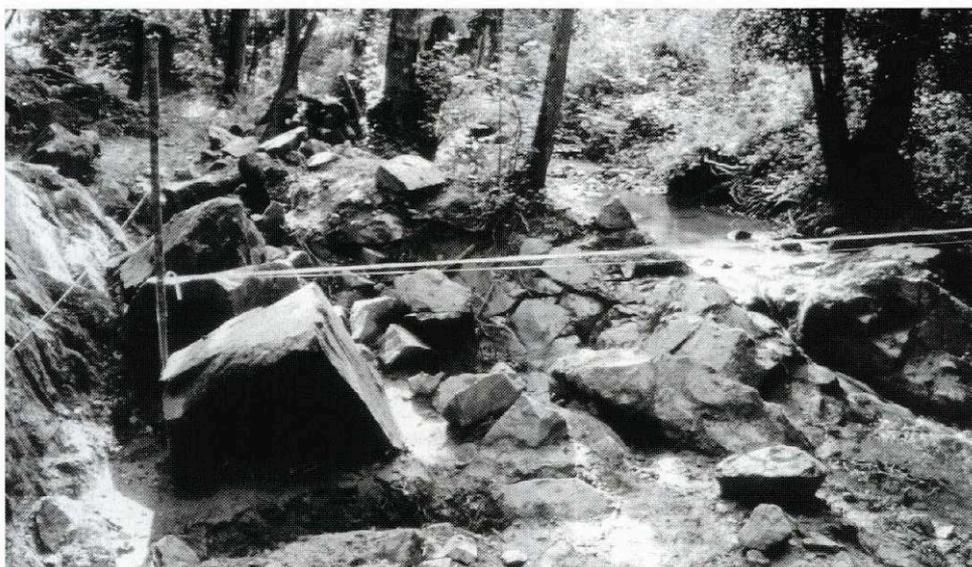


LA PARTIE CENTRALE DU BARRAGE A ÉTÉ EMPORTÉE

#### *De Charfetain au Vernay*

- 46 À partir de ces données, ce bief, ou béal 2, le bief du XVIIIe s. découvert le premier portant le numéro 1, a fait l'objet de recherches particulièrement poussées au cours de la campagne de 1994. À Charfetain, sa trace apparaît très nettement dans les sondages. Bien que le bief médiéval débute nettement en amont du béal du XVIIIe s., puisque les deux digues qui permettent les dérivations sont distantes de 40 m, la topographie contraint rapidement les deux canalisations à suivre un même chemin entre les rochers en place. Le contact s'effectue à quelques mètres de la prise d'eau du XVe s. (fig. 43). En effet, le muraillement établi entre la dérivation et le ruisseau par les *Intéressés* au XVIIIe s. repose en partie sur le béal médiéval. À ses débuts, le bief du XVIIIe s. recouvre presque exactement l'installation médiévale, ce qui correspond parfaitement aux termes de l'acte de vente aux *Intéressés* qui fait allusion à un *béal qui existoit ci devant*. Le béal médiéval se caractérise par une largeur particulièrement importante et sa profondeur peut être estimée, par lecture sur la coupe, à 0,66 m sous le béal du XVIIIe s., lui-même très bien marqué.

## 43 - Vestiges du barrage du XVe siècle



La recherche s'est surtout poursuivie vers l'aval par une série de sondages. D'abord creusé dans les colluvions, le bief a parfois rencontré le rocher. Deux sondages (sondages-384 et-356) sur la roche n'ont pas permis de retrouver le passage. Tout laisse à penser qu'en ce cas l'eau passait dans des canalisations en bois, les *chenaux* des comptes. En revanche, le béal a été nettement repéré dans les colluvions de la pente sous le sondage-382. La pente est irrégulière, relativement accentuée dans sa partie initiale et beaucoup plus faible par la suite. Une estimation du dénivelé et un examen de la topographie ont conduit à effectuer des sondages sur l'épaulement qui domine, à l'ouest, le porche de la mine. Ces sondages se sont révélés positifs : les coupes laissent voir le passage d'un bief (**fig. 44**). Le béal a été ensuite creusé dans la roche en place, à vrai dire d'une dureté moyenne jusqu'au niveau de la mine où il disparaît. La trace de son passage s'arrête au-dessus du ravin formé par l'entrée actuelle de la mine, mais tout laisse supposer que le bief passait autrefois au-dessus de l'ouverture de la mine, ouverture que les éboulements ont fait reculer, détruisant le passage de l'eau. Cette hypothèse est confirmée par l'emplacement du béal, retrouvé dans la coupe en bordure du chemin, au sud du porche où il est à nouveau creusé dans des colluvions.

#### 44 - Passage du bief au-dessus de la forge



#### *Au Vernay*

- 47 Le bief se termine à environ 25 m de la fosse du bocard du Vernay. Il est plausible de penser qu'à l'aplomb de la fin du béal se trouvent les installations métallurgiques utilisant la force hydraulique, c'est-à-dire les fours de fusion et d'affinage connus par les textes.
- 48 L'énergie est en effet abondante, la chute d'eau dépasse à coup sûr 10 m. Elle est peut-être inférieure à la hauteur de chute du XVIIIe s. mais en tout cas plus que suffisante pour actionner des roues. On sait cependant qu'une hauteur de chute aussi importante n'est pas directement utilisable et qu'il a été nécessaire de réaliser un système de contrôle au XVIIIe s. qui conduisait à une perte considérable de l'énergie potentielle.
- 49 Si la hauteur de chute demeure inconnue, la section utile du béal a pu être mesurée dans les sondages qui dominent la mine. L'étude stratigraphique détaillée a mis en évidence des effondrements de berges et des coulées de colluvions qui permettent de retrouver les dimensions initiales du béal, alors qu'actuellement son versant amont a été largement emporté par l'érosion. Il devrait être possible, en connaissant les dimensions du béal et sa pente, d'évaluer un débit moyen à condition de fournir une estimation convenable du coefficient de rugosité des parois et du fond du canal.
- 50 Ainsi une dérivation apportait l'eau nécessaire à la mise en marche des soufflets et aux différents traitements du minerai. Elle provenait d'une canalisation dont la longueur avoisine 600 m<sup>57</sup>. Son tracé était en partie imposé par la présence de la mine que le bief devait surmonter, créant ainsi une dénivellation notable.
- 51 Découvert en 1995, un bief d'un type comparable, mais encore insuffisamment étudié, apportait l'eau aux installations métallurgiques de la rive gauche.

## La minéralurgie

- 52 Rien n'est dit dans les textes du premier tri qui pouvait être effectué dans la mine ou sur le carreau\*, mais la présence de *marteaux à cachier mine* ou *cachouer* prouve que le *scheidage*\* était régulièrement pratiqué<sup>58</sup>. Le minerai cassé était criblé et il est très probable que le passage au crible ait été effectué dans un bac rempli d'eau, s'accompagnant ainsi d'un premier lavage ou débouillage<sup>59</sup>. Après ces premières opérations, ou parfois avant selon la nature des minéraux extraits, le minerai était grillé dans des *muretz*, terme explicite qui fait penser à des constructions de faible hauteur comparables aux stalles de grillage qu'Agricola présente à plusieurs reprises (**fig. 45**)<sup>60</sup>. Les minerais de Pampailly sont des minerais complexes ; il existe une zone de cémentation\* qui a donné des carbonates ou des oxydes, mais l'essentiel provient de sulfures : galène, en premier, parfois chalcoppyrite\* et cuivres gris, qui composent le filon. Un grillage\* dans un foyer largement ouvert à l'air, en milieu oxydant, s'avérait donc indispensable pour transformer les sulfures en oxydes avant la réduction\*<sup>61</sup>. L'opération, qui se faisait probablement au bois, durait longtemps et s'effectuait en plusieurs étapes<sup>62</sup>. Le grillage possédait aussi un effet mécanique : sous l'action de la chaleur, la gangue se fissurait, explosait parfois, facilitant les opérations ultérieures.

45 - Stalles de grillage représentées dans le *De re metallica* d'Agricola (1556)



Leur forme permet d'évoquer les *muretz* de grillage cités dans le Journal de Dauvet

**BIBLIOTHÈQUE DE L'ÉCOLE DES MINES DE PARIS**

- 53 Le grillage ne nécessitait que des installations peu coûteuses et faciles à bâtir. Les autres traitements exigeaient des équipements plus complexes. L'eau jouait un rôle essentiel dans le fonctionnement de la plupart de ces installations. Des moulins, pour broyer le minerai et sa gangue, équipaient les martinets de Cosne, de Brussieu et du

Vernay (fig. 46)<sup>63</sup>. Les meules usagées, réutilisées dans la construction du bâtiment qui contenait la forge du Vernay, construit en 1456, étaient de dimensions nettement inférieures à celles des moulins à blé<sup>64</sup>. Façonnées en granite ou en amphibolite, elles étaient entaillées de profondes stries radiales qui permettaient de broyer les fragments filoniens et de libérer le minerai diffus (fig. 47) (encart : les meules, p. 70). Dans l'ignorance où étaient alors les mineurs du bocard, machine à piles qui écrase les produits sortis de la mine, il fallait recourir au moulin pour séparer le minerai disséminé dans la gangue. Comme à Brandes au XIVe s., à Orzals au XIIIe ou à Aulus (Bailly-Maître 1994)<sup>65</sup>, la technique reste médiévale, mais des différences sensibles avec le site alpin apparaissent dans les installations de lavage.

46 - Moulin à minerai d'après Agricola (*De re metallica*)



BIBLIOTHÈQUE DE L'ÉCOLE DES MINES DE PARIS

- 54 D'après les textes, le minerai réduit en poudre était ensuite lavé, soit au râble\*, soit au plat. Connue de très longue date, le lavage a pour but de séparer le minerai des éléments non métalliques, boues ou fragments de gangue du minerai. Le principe physique est très simple, il s'agit de donner à l'eau une vitesse telle qu'elle se charge des éléments les moins denses, qu'elle évacue, alors que les fragments métallifères, plus lourds, restent. Les deux méthodes décrites, fondées sur ce principe, s'appliquaient, soit à des minerais différents, soit à des stades particuliers des opérations. Le râble est une sorte de râtelier qui se termine, non par des dents, mais par une planche de bois perpendiculaire au manche et qui sert à remuer le minerai et surtout à le retenir, dans le courant d'eau qui passe dans le lavoir. Chaque martinet possédait ses lavoirs<sup>66</sup> De ces lavoirs, rien de précis n'apparaît à travers les textes et les exemples connus par l'iconographie du XVIe s. montrent de nombreux types d'appareils (Benoit 1990). De la même manière qu'un chercheur d'or ou un prospecteur isole les éléments précieux dans sa batée, les ouvriers

pratiquaient le lavage au plat, sans doute pour les opérations les plus délicates portant sur des minerais riches, ou pour les phases terminales. Les opérations de lavage se répétaient, afin de retirer tout le minerai des produits qui avaient été broyés et d'éviter au maximum les pertes<sup>67</sup>.

### Les Meules

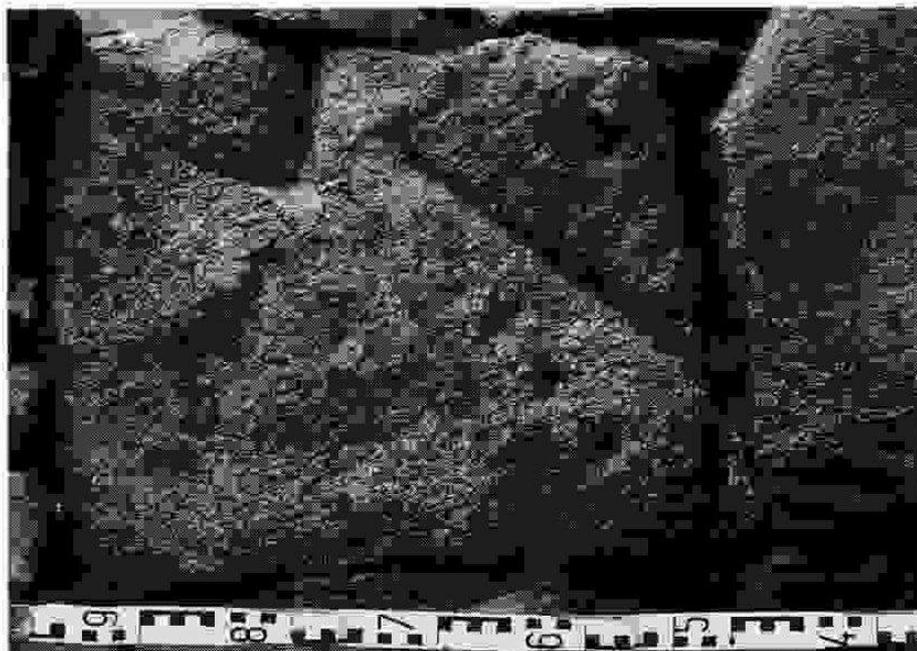
Trois meules ont été retrouvées dans la bâtiment de la forge du Vernay. Réutilisées dans la construction du bâtiment qui contenait la forge du Vernay, toutes trois incorporées dans les murs de la pièce qui servait d'habitation, au rez-de-chaussée, à côté de la forge au sens strict du terme. Deux d'entre elles forment le contrecœur d'une cheminée, alors que la troisième se trouve dans le mur qui s'appuie sur la colline. La construction du bâtiment, connue par les comptes, remonte à 1457 ; les meules sont donc antérieures.

D'après les fragments retrouvés, on peut estimer leur diamètre de 60 à 90 cm, diamètre inférieur à celui des meules à grain connues. En revanche, elles sont épaisses, une vingtaine de centimètres. Façonnées en granite, abondant dans la région, elles sont entaillées de profondes stries radiales qui permettaient de broyer les fragments filoniens et de libérer le minerai diffus (**fig. 47**). Dans l'ignorance où étaient alors les mineurs du bocard, machine à piles qui écrase les produits sortis de la mine, il fallait recourir au moulin pour séparer le minerai disséminé dans la gangue.

On ne sait d'où elles proviennent exactement, mais, au milieu du XVe s., trois moulins, pour broyer le minerai et sa gangue, équipaient les martinets de Cosne, de Brussieu et du Vernay. De tels moulins représentent un investissement incontestable. Or, une très large part des minerais de Pampailly sont contenus dans une gangue de baryte qui, selon les expérimentations réalisées sur le site, se broie très facilement à la main après un chauffage d'environ un quart d'heure, c'est-à-dire un temps largement inférieur à celui d'un grillage. On peut donc supposer que les meules servaient essentiellement à broyer les minerais très disséminés dans des gangues dures, voire très dures, comme les gangues siliceuses. Des meules du même genre ont été retrouvées sur plusieurs sites médiévaux argentifères en France, à Brandes-en-Oisans (Isère) où l'exploitation a duré du XIIIe au XIVe s., au Castel-Minier (Ariège), où les meules peuvent être datées du XIVe s., et enfin à Peyrusse-le-Roc (Aveyron), site où l'extraction a duré de la Tène au XVIe s. La *Correspondance* d'Alphonse de Poitiers confirme cette utilisation : le frère de saint Louis, un des propriétaires des mines d'Orzals, demande à plusieurs reprises que des moulins à minerai soient construits sur le site pour accroître la production de métal précieux.

Or, à Brandes-en-Oisans comme à Pampailly, où la gangue est essentiellement barytique, les meules semblent n'avoir joué qu'un rôle complémentaire, alors qu'à Orzals et à Peyrusse-le-Roc, sites où la gangue est siliceuse, les meules sont considérées comme indispensables.

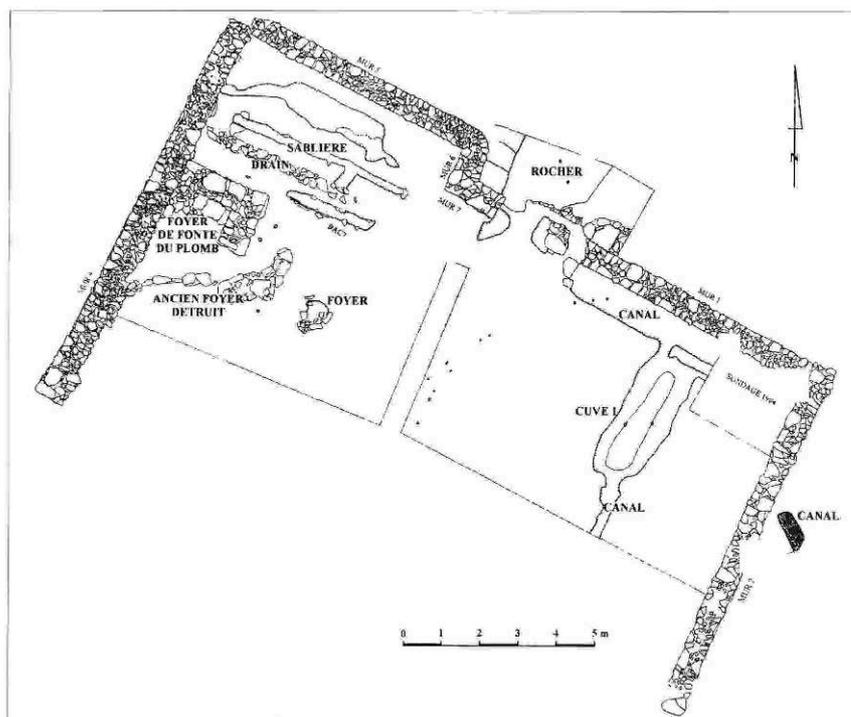
47 - Fragments de meules réemployés comme contre-cœur de cheminée dans la pièce d'habitation jointe à la forge au Vernay



- 55 Malgré le manque de recul, les fouilles de 1995 permettent d'aller au-delà des données des textes<sup>68</sup>. Des installations de lavage ont existé au XVe s. sur la rive gauche du Cosne (fig. 48). Deux bacs remplis de sables de lavage et de *schlamms*\*, ont été découverts à un niveau inférieur sous le bâtiment qui contenait une fonderie de plomb à la fin du XVe s. (fig. 49). Le bief, capté dans le Cosne, environ 500 m en amont, les alimentait au débouché d'une brusque pente. Le système d'accumulation et de stockage de l'eau, indispensable pour réguler l'arrivée d'eau sur les roues ou dans les lavoirs, demeure pour l'instant inconnu. Il ne reste qu'une canalisation creusée dans le sol qui conduisait l'eau au premier bac et qui se continuait par une conduite en planches, alimentant la seconde cuve. Une étude sommaire du dépôt de la première cuve indique clairement qu'il s'agit d'une fosse de lavage et non d'un bac de décantation. Les sédiments se sont déposés au fil d'une eau en mouvement. La cuve se vidait d'ailleurs par un petit canal creusé dans la terre en sa partie aval, marque d'un écoulement et non d'une stagnation des eaux comme dans une cuve de décantation. La seconde cuve, quoique de forme différente, semble avoir eu une fonction semblable. Sans aucun lien avec le réseau hydraulique, une dernière fosse contenait des déchets de lavage mêlés sans structure organisée : elle a servi de dépotoir pour des sables de nulle valeur après des opérations de lavage. Dans l'état actuel de la recherche, il est difficile d'expliquer le fonctionnement du système de lavage du Vernay. Sa datation reste pour l'instant incertaine : les bacs de lavage sont antérieurs au dernier état du bâtiment, puisque le mur est (mur 2) recoupe la conduite en planches, fait que confirme la stratigraphie. Il n'est pas impossible que ces installations correspondent à une partie des lavoirs qui apparaissent à plusieurs reprises dans le *Journal* de Dauvet et dans les comptes (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 260-261 ; *Comptes*, 37, 45, 69, 1410). En effet, toujours sur la rive gauche du Cosne, des sables et des *schlamms* sont apparus au fond d'un sondage destiné à retrouver le bief. Ce dépôt, dont l'importance nous échappe encore, se situe

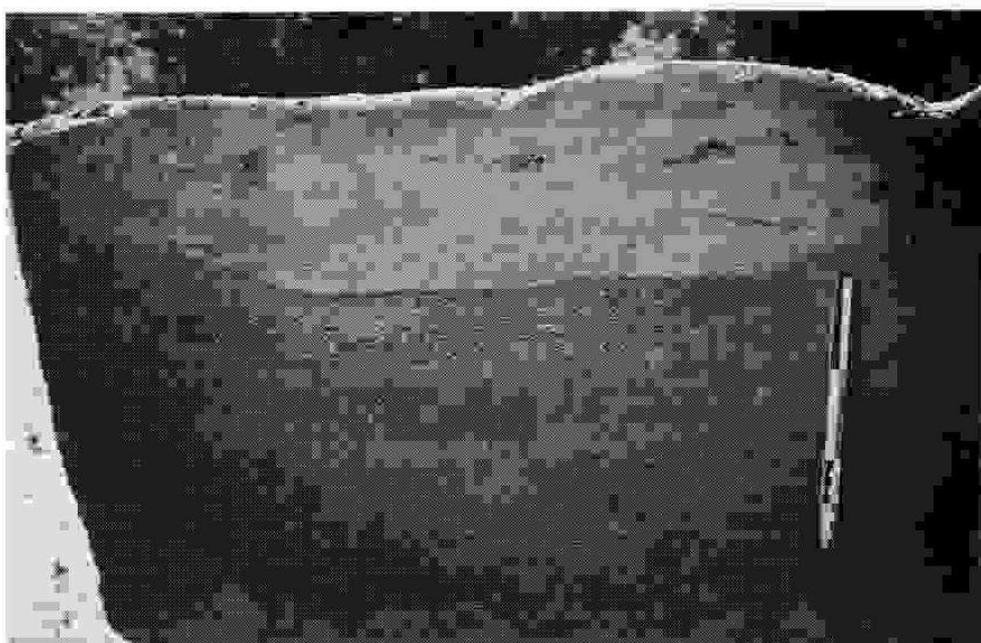
sous le passage du bief dans son état d'utilisation terminale. Là encore, la laverie est antérieure à la dernière phase d'activité de l'atelier.

#### 48 - Installations minéralurgiques et métallurgiques du Vernay, sur la rive gauche du Cosne



FOUILLE DE 1995

#### 49 - Coupe dans un bac de lavage sur la rive gauche du Cosne



- 56 Ainsi les lavoirs à minerai du site de Pampailly se sont déplacés au cours des différentes phases de l'activité. Installés un moment en rive gauche, face à l'entrée de la mine et des premiers ateliers du Vernay, ils ont ensuite laissé leur place à d'autres installations industrielles. La localisation des lavoirs de la dernière phase d'activité reste à découvrir, tout comme le mode de fonctionnement des installations dont les vestiges nous sont parvenus.
- 57 Ces découvertes de 1995 revêtent une importance toute particulière, puisqu'elles mettent en évidence une installation de lavage en liaison directe avec le « martinet du Vernay » connu par les textes. Ces lavoirs se différencient nettement de ceux de Brandes, aux XIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> s., et de ceux du Samson au XVI<sup>e</sup> s. (Bailly-Maître 1994, Grandemange 1994). Ils marquent une étape dans l'histoire des techniques de lavage du minerai.

## La métallurgie

- 58 Une fois grillé et lavé, le minerai déjà transformé en oxyde subissait une fusion réductrice qui produisait du plomb d'œuvre ou du cuivre noir, le *cuivre peloux* des textes ; des opérations d'affinage séparaient ensuite l'argent du plomb<sup>69</sup>. La fonte et l'affinage du minerai avaient lieu dans chacun des trois martinets (*Comptes*, 15-54), mais les textes ne donnent que peu de renseignements sur les appareils. Les fours de réduction, probablement des fours à cuve, recevaient l'air que leur fournissaient des soufflets mus par la force hydraulique. Dérivée du Cosne, une canalisation, dont la partie terminale était en bois, conduisait l'eau sur la roue construite par un charpentier local. Le plomb d'œuvre passait ensuite dans la *fournaise et affinasion*, c'est-à-dire le four d'affinerie (Rendu 1983 b). Hormis le fait que le four du martinet de Cosne a été équipé d'une cheminée, peut-être pour accroître le tirage, mais plus probablement pour mieux évacuer les fumées de plomb particulièrement nocives<sup>70</sup>, les renseignements font défaut quant aux techniques employées. L'affinage\* devait s'effectuer, comme partout en Europe à l'époque, par coupellation\* (**fig. 50**). Le plomb d'œuvre était fondu en atmosphère oxydante, sous l'effet d'un courant d'air envoyé par des soufflets. Le plomb se transformait en litharge, alors que l'argent, beaucoup plus résistant à l'action de l'oxygène, demeurait sous forme métallique. Simple à expliquer avec les termes de la chimie actuelle, la coupellation nécessitait de la part du fondeur une habileté certaine.

## 50 - Four de coupellation. Graduel de Saint-Dié entre 1504 et 1514



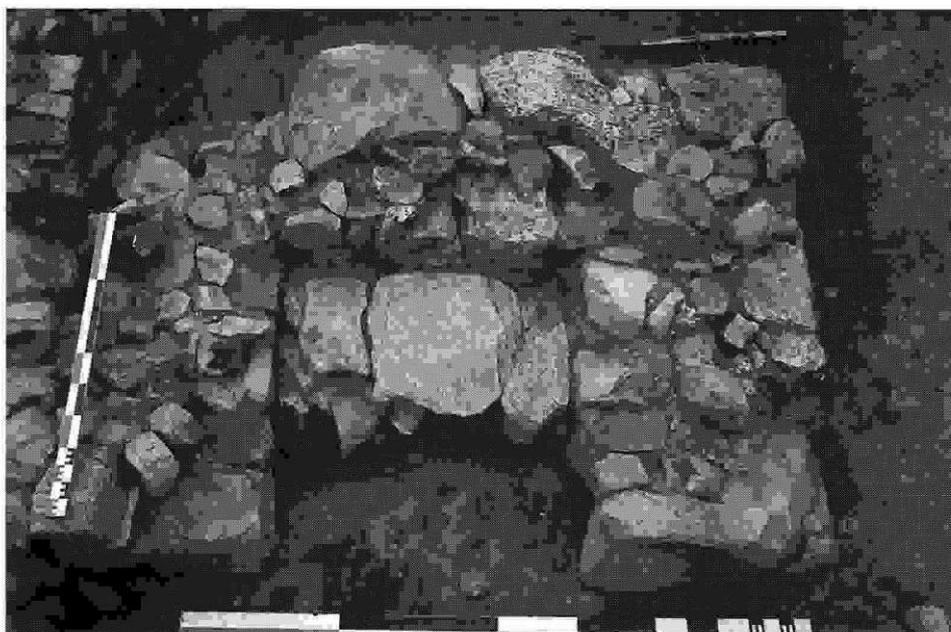
MÉDIATHÈQUE VICTOR HUGO - SAINT-DIÉ-DES-VOSGES

- 59 À ces installations de traitement du plomb, Pierre Granier ajouta un four d'affinage du cuivre, lui aussi alimenté en air par une soufflerie hydraulique, signe probable de la découverte, en profondeur, de minerai de cuivre en quantité notable. Il fallait affiner du *cuivre peloux* et du *lait de mine*, c'est-à-dire du cuivre noir et, sans doute, un produit à base de zinc contenant encore de l'argent (Benoit et Deroin 1994). Les comptes signalent l'actualité du besoin<sup>71</sup>. Ils chiffrent la dépense effectuée pour sa construction, 17 livres, dont 80 % pour la seule roue hydraulique. La somme est faible et montre une installation de petites dimensions, mais surtout très simple et sans doute d'un rendement médiocre, différant de la véritable usine que décrit Agricola un siècle plus tard (Rendu 1983 b).
- 60 L'archéologie vient modifier la simplicité de ces données. Sur la rive gauche du Cosne, le bâtiment qui recouvre en partie l'ancienne installation de lavage a servi d'atelier de travail du cuivre (fig. 48). À l'est du bâtiment, un imposant amas de scories porte des traces vertes d'oxydes ou de carbonates de cuivre. Des coulures de cuivre métalliques y sont mêlées. La stratigraphie montre qu'elles proviennent de fours de réduction situés sur la pente, au-dessus de la fouille de 1995.
- 61 Dans un bâtiment construit en au moins deux phases, la partie occidentale semblant plus ancienne que la construction orientale qui recouvre les lavoirs, des niveaux de travail métallurgique ont été mis au jour. Au dernier stade de l'occupation, le bâtiment occupe une surface d'environ 185 m<sup>2</sup>. Les murs latéraux sont rectilignes et construits, pour chacun d'eux, en une seule campagne. Il n'en va pas de même pour le mur du fond qui est coupé par une ouverture donnant sur la pente en direction de l'amont. Dans sa partie occidentale, il présente un décrochement ; l'angle face à la pente est arrondi. Le long de ce mur, où les infiltrations d'eau demeurent importantes même en cas de

sécheresse, un plancher avait été mis en place, reposant sur une sablière grossièrement parallèle au mur. À 0,70 m de la sablière, un drain conduisait l'eau vers un puisard percé le long du mur ouest. L'existence de ce drain s'explique par la présence d'un foyer accolé au même mur. Une série de trous de piquets dessine une courbe limitant l'espace qui contient le four de la partie orientale du bâtiment.

- 62 Trois murs entouraient la sole rubéfiée du four, qui s'élevait à 0,45 m au-dessus du sol, mais le foyer s'ouvrait à l'air libre sur le quatrième côté (**fig. 51**). Il ne porte pas, hormis la sole d'argile cuite, de traces importantes de rubéfaction. En revanche, il apparaît que des pierres de remploi, provenant d'un autre four, ont servi à le construire. Aucune voûte ne le recouvrait, aucun système de soufflage n'est perceptible. De toute évidence, il n'était pas conçu pour atteindre des températures élevées. Des coulures de plomb oxydées retrouvées dans la structure de l'appareil, alors que les scories brillent par leur absence, témoignent de son usage. Il a servi à refondre du plomb métallique et non à produire ou affiner du métal.
- 63 Avant même toute analyse, la conjonction de scories de fonte de métaux cuivreux et de fours de fusion s'explique par la présence d'un atelier d'affinage de cuivre argentifère. Depuis l'Antiquité, les hommes savent que pour extraire l'argent du cuivre, il est indispensable de passer par l'intermédiaire du plomb. La fusion conjointe de plomb et de cuivre argentifère donne un solide biphasé dont les éléments se séparent sous l'effet de la chaleur en atmosphère suffisamment réductrice. Après séparation, l'argent passe, en majeure partie, dans le plomb. Le XVe s. marque en Allemagne une étape décisive dans l'amélioration des techniques fondées sur ce principe, amélioration due d'une part aux capacités de récupération de l'argent contenu dans les scories, d'autre part à une bien meilleure connaissance du rapport de masse devant exister entre le cuivre argentifère et le plomb. Pour arriver à des résultats satisfaisants, les métallurgistes allemands de la fin du XVe et du début du XVIe s. refondaient le plomb en des blocs de masse connue pour les enfourner ensuite avec des quantités pesées de cuivre. De toute évidence, l'atelier de la rive gauche du Cosne appartient à cette famille d'établissements métallurgiques ; cependant, il reste à déterminer quelle est sa place dans l'évolution de la technique (Suhling 1976 et 1994, Guillot-Benoit 1994).

## 51 - Martinet du Vernay, rive gauche

**LE FOUR DE REFONTE DU PLOMB**

- 64 Dans un niveau, scellé par le sol de la dernière occupation, les vestiges d'un four plus ancien, sans doute, celui dont les pierres ont servi à la construction du dernier appareil, portent également des traces de coulures de plomb oxydé. Un premier atelier de refonte du plomb existait antérieurement, sans qu'il soit actuellement possible de déterminer à quel état des structures architecturales il est lié.
- 65 Ainsi, il apparaît qu'au cours de la seconde moitié du XVe s., et peut-être les toutes premières années du XVIe, les exploitants de Pampailly n'ont cessé de développer les capacités de traitement du minerai de cuivre. Au four construit au Martinet de Brussieu, sur l'ordre de Pierre Granier en 1455, s'ajoutent, probablement dans les années suivantes, des installations au Vernay qui ont été refaites et agrandies à une date inconnue. Malgré un effort pour exploiter le minerai de cuivre argentifère, à une époque où le cuivre possède déjà une valeur élevée, Pampailly reste, au temps de l'exploitation royale, avant tout une entreprise productrice de plomb et d'argent, comme l'essentiel des centres producteurs de métal blanc au Moyen Âge.
- 66 Le XVe s. est marqué en Allemagne par la découverte d'un nouveau procédé d'extraction de l'argent du cuivre, le *saigerprocess* ou « procédé par liquation et ressuage » qui a totalement bouleversé les conditions techniques et économiques de la production d'argent et de cuivre. Les vestiges retrouvés à Pampailly pourraient correspondre à une des premières applications de cette méthode hors du monde germanique. Seule la poursuite de la fouille permettra de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

**Le coût du traitement**

- 67 Les données sont encore moins précises concernant le traitement du plomb. La litharge issue de la coupellation n'apparaît qu'incidemment dans les comptes. À la différence de

ce qui se passe au XVI<sup>e</sup> s. à Wissembach (Rech 1992), elle ne faisait que rarement l'objet d'un commerce. Il fallait donc que les métallurgistes la réduisent dans un four, sans doute le même que celui qui servait à la réduction du minerai. Le métal obtenu était soit vendu en saumons, soit transformé en tables dans les plomberies des martinets de Cosne et de Brussieu (Dauvet, Mollat éd. 1953, p. 268).

- 68 Que représentaient les frais de transformation du minerai dans la valeur du métal affiné ? L'affermage des martinets ne permet pas de les connaître avec précision, mais un compte apporte des renseignements exceptionnels. En 1457, alors que la mine était affermée, les *priffauteurs* découvrirent du minerai dans la galerie du Vernay. La découverte appartenait au roi, puisqu'il conservait à sa charge le percement de la galerie. Pierre Granier a gardé le compte de la fonte et de l'affinage qui a donné 7 marcs 1 once d'argent, valant à la monnaie de Lyon 62 livres 15 sous 9 deniers tournois. Le coût du traitement, une fois le minerai extrait, se montait à 15 livres 6 sous 8 deniers soit 24,4 % du prix de vente. Le transport de la mine au martinet comptait peu (2,4 %), en revanche le travail de grillage, lavage, fonte et affinage atteignait 46,5 % de la dépense, juste un peu moins que la valeur du bois et du charbon (51,1 %) (*Comptes*, 1676-1678). Cette répartition des dépenses se retrouve au niveau global de l'exploitation ; le bois, essentiellement utilisé comme combustible, occupe une place considérable dans les dépenses de l'entreprise, avec 10 %, au troisième rang après les salaires et la nourriture (*Comptes*, Introduction p. CXXXIV).

## NOTES

35. Le terme montagne est très souvent utilisé pour désigner la mine, influence probable du monde germanique ou *Berg* signifie à la fois mine et montagne (*Comptes*, 160).
36. Un contrat montre Jehan de Lorraine ou Jean le Maréchal, par ailleurs forgeron salarié de la mine, livrer 910 livres de chaînes (*Id.*, 160).
37. Les revenus de Jean le Maréchal le mettent parmi les techniciens les mieux payés de la mine, au même niveau que les maîtres de montagne les plus cotés (*Comptes*, 160, 161, 396, 398, 399, 449, 451).
38. Le valet de maître Bertrand et le neveu de Nepveu n'avaient toujours pas été payés au moment de la clôture du compte (*Id.*, 338, 448, 450, 451, 626, 1079, 1080).
39. Le total des frais de l'aménagement de la forge du Vernay en 1456 a coûté 34 l. 16 s. 3 d. mais cette somme comprend aussi la construction d'un logement, celle d'un poêle à pots et les équipements en bois de l'atelier : billot et bac à eau.
40. Dauvet a fait faire des inventaires à deux reprises, le premier du 7 au 9 décembre 1454, le second le 5 mars 1455 (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 268-269 et 306-307). Un troisième inventaire a été établi au moment de l'affermage à Mermet des Fontaines, le 25 février 1456 (n. st.), (*Comptes*, p. 274-275).
41. Antoine Nepveu, maréchal affermé, change de statut à partir du 1<sup>er</sup> mai 1455. Jusque-là, lui-même et son prédécesseur touchaient des gages fondés sur la base d'un salaire annuel de 35 l. Désormais le maréchal reçoit 50 l. non seulement pour ses gages mais aussi pour ses *depens*. La

correction du calcul, pour estimer les frais du roi, a consisté à tout rapporter à une base de 50 l. par an.

42. Dans l'incapacité où nous sommes de déterminer ce que représentent les mesures, *charges* de charbon de terre et *basnes* de charbon de bois, il est impossible de savoir quelle a pu être la consommation de chacun de ces combustibles.

43. Les dépenses ne prennent pas en compte la valeur du cuir qui semble élevée. L'inventaire établi par Dauvet signale 40 cuirs de bœufs et 6 de vaches estimés à 79 l. 10 s. t., ils n'apparaissent plus au moment de l'affermage à Mermet des Fontaines, dans le troisième inventaire. Ont-ils servi à la forge ou aux martinets (*Comptes*, 412, 1077. 1078) ?

44. *Autre despence faicte par ledit commis en edifices faiz durant ladicte année, au devant de l'entrée dudit grant voyage pour l'abitacion dudit maistre et de ses ouvriers, et aussi pour la forge nécessaire pour ta façon dudit grant voyage* (*Comptes*, p. 335). Les dépenses pour ces constructions occupent les articles 495 à 1509.

45. La dépense totale se monte à 34 l. 6 s. 3 d. dans laquelle il est impossible de faire le partage entre la dépense pour l'habitation et la dépense pour la forge (*Id.*, 1495 à 1509).

46. *Item, pour faire faire a certains maçons les fourneaulx de ladicte forge [...]; 1505, Item, pour faire faire le poesle et le fourneau de ladicte maison.* (*Id.*, 1502).

47. En raison des effondrements après chaque abandon des travaux, le porche a reculé. Il est impossible de fixer la distance exacte entre l'entrée de la mine et la forge, au milieu du XVIe s. Nous estimons que le porche a dû reculer d'environ une dizaine de mètres entre le temps de l'exploitation médiévale et la réouverture de la mine en 1981.

48. Ces études ont été réalisées au Laboratoire de Physico-Chimie des matériaux de l'Université de Technologie de Compiègne et au Laboratoire d'Ingénierie de Surface de l'Institut polytechnique de Sévenans, dans le cadre de l'U.R.A. 34 du CNRS, puis de l'U.P.R. A0423, Paléométaballurgie du Fer et Cultures.

49. D'après les inventaires, une pointerolle est estimée à 7 d. ob. t., un marteau à 3 s. 9 d. t., soit un total de 11 s. 3 d. t. ou 135 d. t. Le salaire modal d'un ouvrier de martel français vivant sur bourse est 30 l. t. par an, soit 2,5 l. t. par mois. Le second inventaire, celui de mars 1455, compte 40 *coignetz de fer neufz pour la montaigne*, 2 l. 10 s., soit une valeur de 15 d. par pointerolle neuve, le double de l'estimation de la valeur moyenne des *coignetz tant bons que mauvais*. Au prix de la pointerolle neuve, l'équipement du mineur reviendrait à 18 s. 9 d., soit environ deux cinquièmes du salaire mensuel.

50. Sur 37 pointerolles provenant de la mine inférieure à la Fontaine des Chouettes, les dimensions extrêmes sont 8,4 cm (deux outils) et 18,4 cm (un outil). La longueur moyenne étant de 11,5 cm (Grandemange J. et Y., *Mines du Val de Lièpvre*, rapport de fouille 1983).

51. Les analyses élémentaires effectuées sur le métal n'ont donné que des résultats fragmentaires. L'utilisation de techniques d'analyses différentes (spectrométrie d'absorption atomique et spectrométrie d'étincelles pour le métal, dosage pondéral pour le carbone) et le petit nombre d'objets étudiés, ne permettent pas d'émettre des conclusions définitives.

52. *Cours de technologie d'atelier*, vol. V : *La forge*, Paris, 1934.

53. Les essais de microdureté ont été effectués sous une charge de 300 g. Le résultat correspond à la moyenne de dix mesures. Plus la valeur de la microdureté est élevée, plus la dureté du métal est importante.

54. La caractérisation et la formation des macles mécaniques dans le fer ont été étudiées en microscopie électronique en transmission sur les têtes de fleurets retrouvées à Pampailly. Des essais de reconstitution en forge artisanale ont montré qu'il était possible d'obtenir leur formation jusqu'à 400° C, en augmentant la violence de la sollicitation (Guillot *et alii* 1986).

55. *40 coignetz de fer neufz pour la montaigne*, 2 l. 10 s. soit 15 d. le coignet (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 253).

56. Les chiffres de production d'argent au cours de la période qui va du 1er mars 1457 au 31 octobre 1457 donnent pour Brussieu, 210 marcs, pour Cosne, 148 marcs et seulement un peu moins de 94 marcs pour le Vernay.
57. Le parcours du bief n'est pas totalement connu ; la distance est estimée en fonction des points extrêmes découverts, qui ont été fouillés, et de la topographie.
58. *Au martinet de Cosne [...] deux marteaux de fer appelés cacheurs, pour cachier mine, 2 s. 6 d., Au martinet de Brussieu [...] quatre cachouers de mine, 3 s. 4. d. Au martinet du Vernail [...] deux marteaux de moulin, deux cachouers à cachier mine, 7 s. 6 d.* (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 267-271). Les mêmes objets apparaissent dans les inventaires suivants (Id. p. 305).
59. *Au martinet de Cosne [...] ung crible de fer à passer mine, 5 s. t.* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 267) ; dans le second inventaire, on trouve au martinet de Brussieu : *trois cribles, les deux de cuivre et l'autre d'acier pour cribler la mine, 10 s.* (Id. p. 307). L'opération pourrait être assimilée à un débouillage\*.
60. *Des muretz es lesquelles l'en cuist la mine* existaient au martinet de Brussieu (Id. p. 261).
61. La galène PbS se transforme en monoxyde de plomb PbO, selon la réaction suivante :  $PbS + O^2 \rightarrow PbO + SO^2$ .
62. Les *recuits de mine crue*, laissés aux *muretz* du martinet de Cosne, n'ont subi qu'un seul feu (Id. p. 210).
63. Une meule de grandes dimensions a été retrouvée dans le Cosne, face au moulin de Charfetain. Elle provient d'un moulin de type battoir qui a pu servir à écraser le minerai, mais aussi bien d'un appareil destiné à un tout autre usage (Id. p. 260 - *Comptes*, 514, 1395-1399).
64. Sur ce sujet consulter : Benoit (P.), Bailly-Maitre (M.-Ch.), Dubois (CL), Serres (G.), *Meules rotatives médiévales pour le broyage des minerais*, à paraître dans les actes du colloque "*Techniques et économie antiques et médiévales. Le temps de l'innovation*", tenu à Aix-en-Provence du 21 au 23 mai 1996.
65. Des moulins à minerai existaient au XIIIe s. à Orzals, des meules médiévales ont été découvertes à Castelminier et à Peyrusse-le-Roc (Aveyron) (cf. note 64).
66. Les lavoirs apparaissent à de nombreuses reprises dans les *Comptes*, ils sont cités, aussi par Dauvet, en particulier comme repères lors de l'évaluation des minerais et des différents produits en cours de traitement (*Journal*, pp. 260-261).
67. [...] *et le petit monceau qui est devant le molin à mine oultre les lavouers a esté lavée, c'est assavoir les trois parties deux fois au roable et deux fois au plat, et la quarte partie a esté lavée une foiz seulement au roable* (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 300).
68. L'étude des sables de lavage et des *schlamms* est effectuée par Christophe Marconnet dans le cadre d'une thèse de l'Université de Paris I.
69. Le cuivre, produit en petites quantités, était fondu sur place, mais l'affinage avait lieu à Saint-Pierre-la-Palud, mine qui produisait essentiellement ce métal (*Comptes*, p. 369).
70. Les menaces d'empoisonnement par les vapeurs de plomb au cours de la coupellation sont signalées dans le *De re metallica* (Agricola, France-Lanord trad. 1987).
71. Fabrication d'une roue hydraulique *pour servir à fondre et affiner le lait de myne et cuivre peloux estant audit martinet de Bruycieu, et autre myne cuyvreuse qui deresenavant seroit tirée desdictes mynes* (*Comptes*, 517).

## chapitre 4. Économie et société de la mine : vie locale et importance nationale

---

- 1 Pampailly a produit annuellement, en 1455 et 1456, plus de 200 kg d'argent et plus de 40 tournois de plomb. Le cuivre n'apparaît qu'en 1457 et compte peu. Malgré cette production variée, Pampailly s'affirme sur le plan économique comme une mine d'argent : le métal blanc l'emporte de très loin en valeur. Sa vente rapporte 7 070 livres tournois, 86,7 % des ressources de l'entreprise.

### Une entreprise rentable ?

- 2 Malgré une telle somme, le bilan est déficitaire, puisque les dépenses atteignent 9 297 livres contre 8 147 de recettes. Mais les arriérés de salaires, la dépense de la réouverture de la mine de Joux, imputée sur les recettes de Pampailly, se montent à 1 291 livres, comblant en réalité un déficit apparent. Par ailleurs, l'investissement est important ; le Voyage du Vernay, les constructions et la réparation des logements et des installations industrielles atteignent 777 livres, 8 % des dépenses. Malgré les difficultés d'une reprise, la mine de Pampailly apparaît comme une entreprise rentable, dans laquelle les recettes dépassaient largement le coût du fonctionnement<sup>72</sup>.
- 3 Parmi les dépenses, outre le bois et le charbon, qui atteignaient 10 % en 1455, l'entreprise devait acheter des matières premières, en particulier le suif des chandelles, le fer, l'acier et le cuir des soufflets, au total seulement 8,5 %. Le prix de la main-d'œuvre pèse lourd dans le budget de la mine. Il représente 41,3 % des dépenses, auxquelles s'ajoute le coût de la nourriture des mineurs, soit 19 %. Il faudrait pouvoir chiffrer exactement la valeur du salaire à l'intérieur des contrats de *priffait*, mais on peut estimer que près des deux tiers des sommes dépensées par l'entreprise en 1455 ont servi à rémunérer le travail. Prix du travail humain, en un temps où les seules machines sont mues par la force hydraulique, en un lieu où l'investissement consiste essentiellement à aménager l'espace souterrain au marteau et à la pointerolle, prix de la technicité aussi, puisque les salaires des spécialistes sont particulièrement élevés.

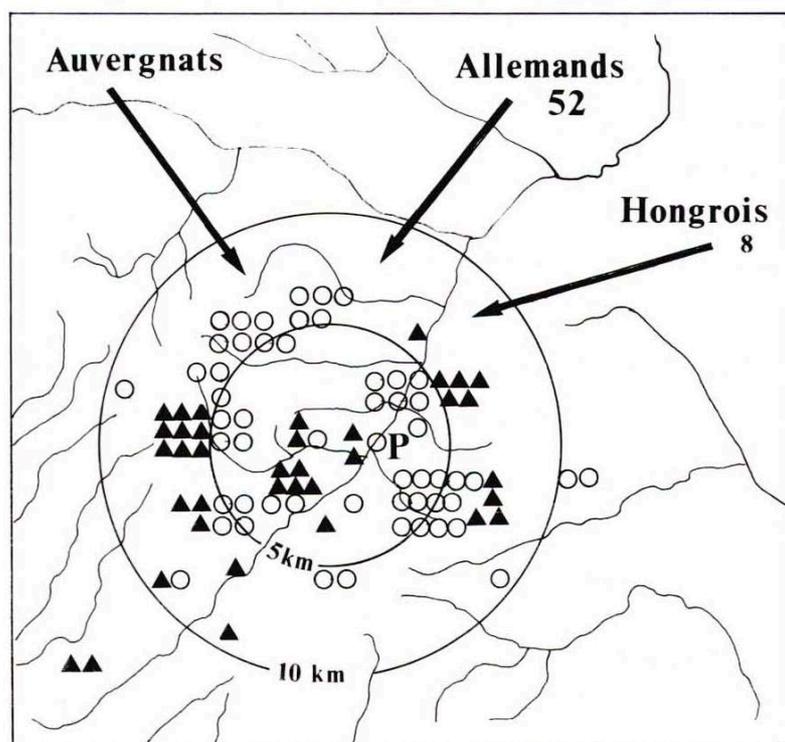
## Les hommes

### Des spécialistes allemands et des manœuvres locaux

- 4 Les comptes mettent en valeur l'abondance de la main-d'œuvre travaillant à la mine (Rendu 1983 a, Benoit et Rendu 1989). En 1455, 275 noms y figurent, d'ouvriers et de manœuvres, d'administrateurs et de serviteurs, de transporteurs et de fondeurs. Mais les chiffres ne doivent pas tromper. Toutes ces personnes n'ont pas travaillé à la fois, et tous les travailleurs ne sont pas cités. L'embauche se faisait soit par affermage, c'est-à-dire à temps, souvent à l'année, ou à *priffait*, c'est-à-dire à la tâche. La plus grande partie des ouvriers de la mine étaient affermés, au moins ceux qui abattaient et transportaient le minerai. En revanche, des contrats étaient passés à *priffait* avec des équipes chargées de travaux particuliers, tel le creusement d'une galerie. Les martinets étaient confiés par contrat à un maître fondeur payé au poids du métal fourni. Celui-ci devait se charger de rétribuer tout son personnel dont le nombre, la qualification et les salaires nous échappent. Les charretiers recevaient un paiement proportionnel au nombre de transports effectués. Les mêmes hommes pouvaient s'embaucher un temps à *priffait*, puis devenir des salariés affermés. Enfin, des manœuvres, ou des ouvriers en attente de contrat, s'engageaient à la journée.
- 5 Malgré les difficultés d'évaluation inhérentes à ce type d'embauche, l'importance du personnel peut être estimée. Les *ouvriers de martel*, ceux qui abattaient le minerai de leur marteau et de leur pointerolle, se comptaient au nombre de 45. Ils avaient besoin de l'aide de 53 manœuvres pour porter, déblayer ou actionner les treuils. S'ajoutait un personnel de haute qualification et d'encadrement : 4 charpentiers, 1 ou 2 forgerons selon les mois et 1 ou 2 *maîtres de montagne*. En tout, une centaine de personnes travaillaient directement pour la mine, répartie à peu près également entre qualifiés et non-qualifiés, à laquelle s'ajoutait le personnel d'administration et de service, 12 personnes, dont le cuisinier ou la servante. Il faudrait pouvoir ajouter les ouvriers travaillant aux martinets. Il faut donc estimer à plus de cent cinquante personnes le personnel payé par l'entreprise que représente alors Pampailly, sans compter la population qui vit indirectement du travail de la mine, les agriculteurs qui l'approvisionnent mais, plus proches, les bûcherons et charbonniers qui fournissent le bois nécessaire à l'équipement minier et surtout le charbon de bois consommé en quantités considérables dans les fonderies.
- 6 Le recrutement de la main-d'œuvre est, quant au nombre d'employés, majoritairement local (**fig. 52**). L'onomastique le prouve, plusieurs mineurs portant des noms se retrouvant dans la toponymie des villages des alentours<sup>73</sup>. Tous les manœuvres étaient français, et environ la moitié des mineurs qualifiés, les *ouvriers de martel*. Les techniciens et les ouvriers qualifiés venaient souvent de contrées lointaines : ils portaient, dans les comptes, le qualificatif d'Allemands. En fait, ils étaient originaires de la Forêt Noire, comme Claus Smermant, d'autres de Lorraine, comme Jean le Maréchal, ou même de Hongrie : 8 Hongrois travaillaient à Pampailly en 1455 (Rendu 1983 a). Les *maîtres de montagne*, qui dirigeaient les travaux souterrains, étaient des Allemands que l'entreprise avait recrutés pour leur haute qualification. Lorsqu'il s'agit d'engager un *maître niveleur* pour conduire les difficiles travaux de la galerie du Vernay, Jean Dauvet décida d'envoyer chercher Claus Smermant à Bâle (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 317). Les

*ouvriers de martel*, les mieux payés, considérés comme les plus qualifiés, sont des Allemands. La situation est comparable chez les fondeurs. Rien n'est connu du personnel subalterne ; tout laisse croire qu'il se composait de Français. En revanche, si Mermet de Fontaines comptait parmi les maîtres fondeurs, les autres venaient d'Allemagne comme Hans Frere, Jean Chilin (*Comptes*, 15-52), et le spécialiste de très grande réputation Hans Brohart, de Brisach, qui fut engagé par Dauvet en même temps qu'il recrutait Smermant (encart : Un technicien allemand, Hans Brohart, p. 80). Ces deux techniciens de haut niveau venaient de la Lorêt Noire (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 311)<sup>74</sup>. La prépondérance technique du monde germanique, dans le domaine des mines et de la métallurgie des non-ferreux, se fit sentir à Pampailly, autre signe de l'importance du site.

#### 52 - La main-d'œuvre employée à Pampailly en 1455



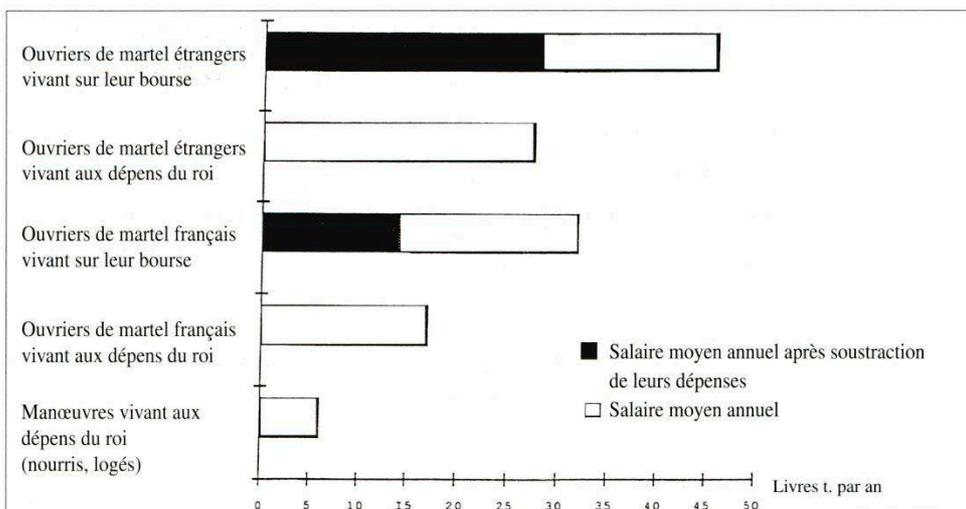
L'origine d'une partie seulement de la main-d'œuvre est connue.

Cercle : transporteur ou charbonnier

Triangle : main-d'œuvre minière

- 7 Le travail de la mine était dur, mais bien payé, au moins pour ce qui concerne l'encadrement et les ouvriers qualifiés. Alors que dans la Lrance du XVe s., les salaires ruraux étaient inférieurs à ceux des villes, les mineurs de Pampailly touchaient des rétributions supérieures à celles des maçons urbains. Même si les sommes que recevaient les manœuvres semblent faibles, leur salaire réel comprenait la nourriture et le logement (fig. 53).

## 53 - Salaires des mineurs de Pampailly



### Un technicien allemand : Hans Brohart, maître fondeur et affineur de Brisach

Pour relancer l'exploitation, Jean Dauvet recherchait un maître fondeur et affineur de grande qualité. Il fut prévenu par un autre fondeur, Jean Chilin, du passage à Lyon, d'un maître fondeur et affineur, Jehan Brouhart, du pays d'Allemagne [...] qui est très noble homme et expert en son mestier et riche et puissant. En fait Brohart est bourgeois de Brisach, sur la rive droite du Rhin, au pied de la Forêt Noire, vieille région minière et métallurgique. Il lui écrit le 23 février 1455 et le fait venir à Pampailly pour que ses qualités soient évaluées par des personnes considérées comme expertes. Le 6 mars 1445, le contrat de Hans Brohart est établi après consultation des autres maîtres fondeurs.

Par ce contrat, il est tenu d'habiter sur le site, au martinet de Brussieu. Son salaire dépend de la production puisqu'il doit toucher, pour chaque quintal de cuivre, 27 s. 6 d., pour chaque marc d'argent, et le plomb qui en vient, 25 s. t. Comme souvent dans les contrats du temps, la possibilité de trouver de l'or dans les produits d'affinage est évoquée. Il s'agit d'une clause de garantie, non d'un espoir réel. Outre le minerai, il doit aussi traiter les *regretz*, trouvés dans la mine. Il doit assumer toutes les dépenses de fabrication, à l'exception du bois et du charbon qui lui sont fournis par l'administration de la mine qui s'engage aussi à mettre à la disposition du fondeur et affineur un martinet tout équipé. Sa qualification dépasse son métier de fondeur puisqu'il donne son avis, le 7 mars, avec les autres maîtres mineurs, sur la reprise des travaux miniers et le choix d'un maître niveleur pour conduire les travaux au Vernay. Le choix se porte sur Claus Smermant de Bâle. Brohart, qui retourne en Allemagne, est chargé d'aller le chercher. Avant de partir, il participe, le 11 mars, à l'équipe d'experts qui inventorie les biens des mines de Saint-Pierre-la-Palud et de Chessy. Il fait partie du personnel technique très qualifié qui participe à la direction de l'entreprise, tout en effectuant son travail spécifique d'affineur. À ce titre il touche, au cours de l'année comptable 1455, 623 l. 15 s. pour les 507 marcs 2 onces d'argent qu'il a affiné, en plusieurs opérations, dans les différents martinets du site.

Il apparaît pour la dernière fois dans le compte de production en février 1456.

Parti ensuite pour la Lombardie, il serait revenu en France, mais pas à Pampailly,

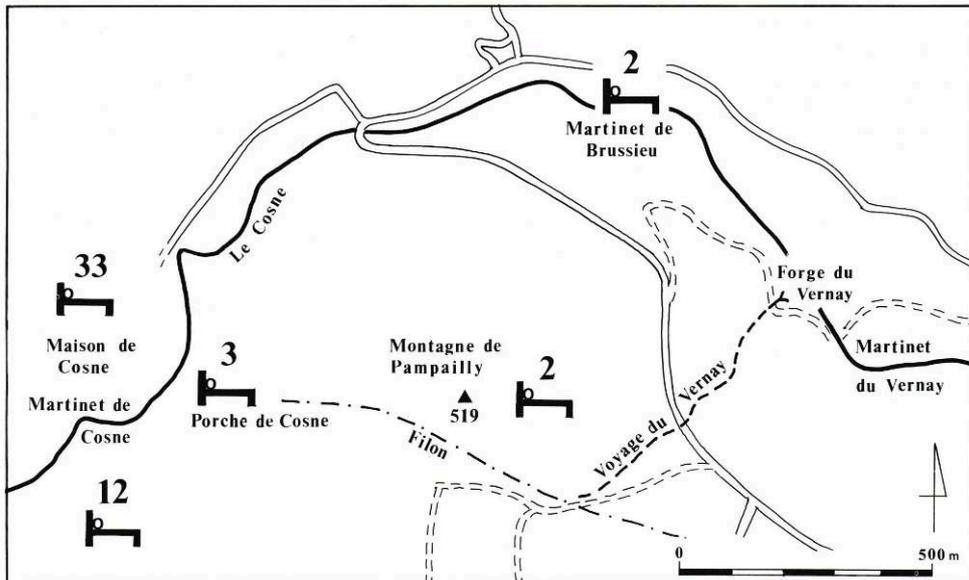
dans des conditions inconnues. Pierre Granier n'apprécie pas la situation et envoie un mineur, Pierre Drillhac, porter l'ordre à Brohart de reprendre son travail. Mission qui, semble-t-il, n'a pas été couronnée de succès.

Hans Brohart appartient à ce monde des techniciens très qualifiés de la fin du Moyen Âge et de la Renaissance dont les capacités sont recherchées et qui ne craignent pas de se déplacer quand des situations intéressantes se présentent.

## Hiérarchie, contraintes et avantages

- 8 À ces mineurs, le Procureur Dauvet a donné un règlement qui fait de la mine un lieu particulier soumis à une juridiction spécifique (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 347-355, *Comptes*, pp. 14-27 ; Luce 1877). L'encadrement des hommes apparaît très strict : il était interdit aux mineurs de porter des armes, aux manœuvres de sortir sans autorisation du périmètre de l'exploitation. La majeure partie du personnel était logée et nourrie sur place, *aux dépens du roi*. Pratiquement, le logement dans les locaux de la mine était obligatoire pour les manœuvres, fréquent pour les *ouvriers de martel*. En règle générale, plus les statuts et le salaire du mineur montaient dans la hiérarchie, plus le pourcentage de ceux qui habitaient hors de la mine augmentait. La carte des lits sur le site met en évidence l'importance de la maison de Cosne, à côté du lieu où se trouvaient déjà les installations métallurgiques et la forge la plus importante (fig. 54). L'administration de la mine siégeait aussi dans la maison.

54 - Répartition des lits destinés à la main-d'œuvre de Pampailly, d'après l'inventaire des 4 et 5 mars 1455

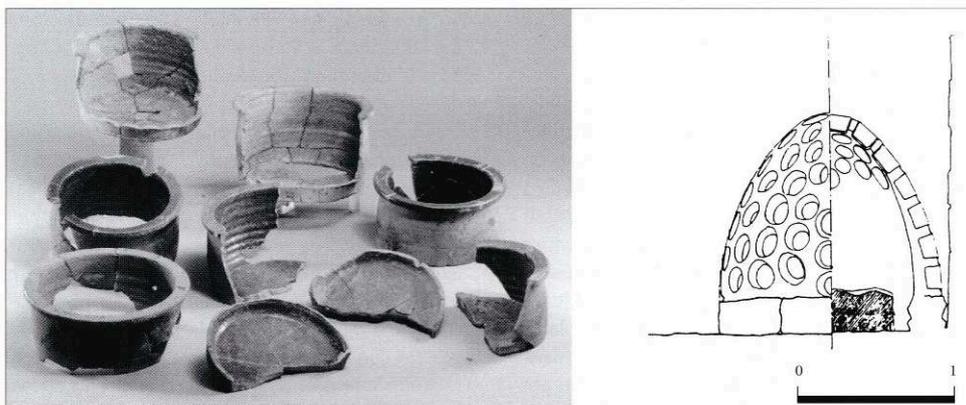


La maison de Cosne était un bâtiment d'une belle ampleur, puisque les inventaires signalent 13 pièces, dont 8 chambres, dans lesquelles dormait le personnel. Le couchage, comme la vie quotidienne, était hiérarchisé. Les deux administrateurs, logés sur place, bénéficiaient d'une chambre pour deux ; les allemands étaient aussi logés séparément. Les ouvriers et les manœuvres mangeaient dans la pièce principale sur quatre tables. La nourriture était préparée dans des poêles en fer, des chaudrons ou des pots de cuivre, mais certainement aussi dans des marmites en terre qui n'apparaissent

pas dans les comptes, mais dont deux échantillons ont été découverts en fouille. Les mineurs mangeaient dans des écuelles en bois et coupaient leur viande sur des tranchoirs, eux aussi en bois. Ils buvaient dans des gobelets d'étain<sup>75</sup>. Un équipement très convenable donc, qui correspondait à une nourriture riche et abondante. Les comptes de la mine donnent une vision globale des dépenses de bouche pour 1455. La consommation des mineurs en viande, poisson ou vin apparaît très supérieure à celle des habitants de Rouen à la même époque (Rendu 1983 a, Bois 1976, p. 100).

- 9 Bien nourris, les mineurs étaient aussi chauffés, nécessité indispensable pour des hommes travaillant en milieu très humide, dans une région où les hivers sont rudes. Les inventaires de Dauvet et les comptes de Pierre Granier signalent cinq poêles, deux dans la maison de Cosne, un dans chacune des petites maisons situées à proximité des porches de la mine. Les fouilles du Vernay ont permis de mieux comprendre les systèmes de chauffage utilisés au XVe s. Le bâtiment, construit en 1456 comprenait, outre la forge, au moins deux pièces d'habitation. L'une, au rez-de-chaussée, possédait une cheminée dont le conduit et peut-être le manteau étaient en briques et en tuileaux. L'étage était chauffé par un poêle dont seule une partie de la base reste en place (Benoît *et alii.* 1987, Leguay 1992) (**fig. 34**). Les tessons de céramique ont permis de reconstituer l'appareil : il s'agit d'un poêle à pots, c'est-à-dire d'un appareil monté sur un soubassement de pierre, ici de forme ovale, et couvert d'une voûte ou d'une sorte de coupole composée de pots de terre cuite, maintenus ensemble par une chape d'argile (**fig. 55**). La paroi des pots de faible épaisseur laissait facilement passer la chaleur. Ce type de poêle, commun dans les pays germaniques, semble être ignoré dans la région lyonnaise au XVe s. ; aucun exemplaire n'a été retrouvé à l'ouest de Pampailly. La fabrication de pots, comme la construction de l'appareil, indiquent que les artisans locaux chargés du travail n'avaient guère d'expérience en la matière. Tout laisse croire qu'il s'agit, à Pampailly, d'un modèle importé par les mineurs allemands (encart : le poêle à pots du Vernay, p. 83).

#### 55 - Les pots de terre cuite du poêle à pots et le poêle à pots



#### **Le chauffage à Pampailly : le poêle à pots du Vernay**

Dans une région aux hivers rudes, les ouvriers de Pampailly avaient besoin de se chauffer. La fouille de la forge du Vernay a mis au jour les vestiges de deux appareils de chauffage mis en place lors des travaux d'agrandissement du bâtiment en 1456. Dans la pièce d'habitation du rez-de-chaussée, à côté de la forge, existait une cheminée dont le contrecœur se composait de deux meules de granite usagées.

Fait plus rare, un poêle chauffait l'étage du bâtiment. Dans une petite pièce creusée à flanc de colline, des blocs de granite placés verticalement dessinaient une forme grossièrement circulaire ouverte du côté par lequel il était possible d'accéder.

Au moment de la découverte de cette structure, déjà de nombreux tessons d'un type bien particulier avaient été découverts, corpus largement complété par la fouille du poêle. Ils provenaient de pots qui ont pu être reconstitués. Leur hauteur varie entre 10 et 11 cm pour une ouverture d'un diamètre compris entre 17 et 21 cm. Les parois, lisses à l'extérieur, présentent par contre, à l'intérieur, des marques nettes de tournage. Un engobe recouvre la face intérieure de la paroi, engobe recouvert dans la très grande majorité des cas par une glaçure plombifère verte, couleur due sans doute à une adjonction de cuivre.

Des traces d'argile rouge et de fumées fournissent des indications quant à l'utilisation de ces vases et permettent d'interpréter les vestiges découverts et de présenter une reconstitution du poêle. Sur un sol formé de dalles de pierre locale recouvertes d'une sole d'argile, des blocs de granite dressés formaient la base de l'appareil d'un diamètre d'environ 1,5 m. Une coupole d'argile couvrait l'ensemble, on peut estimer sa hauteur à un demi diamètre. Dans ce dôme d'argile les pots s'encastraient, l'ouverture tournée vers l'extérieur, comme l'atteste la présence de suie et d'argile sur les parois, afin de faciliter les échanges de chaleur à travers une paroi beaucoup plus mince que celle de la voûte d'argile. Dans son étude, Julie Leguay estime à une soixantaine le nombre de pots utilisés. Une cheminée de briques assurait le tirage.

Les données des fouilles confortent celles des textes. D'après la lecture du Journal du Procureur Dauvet et des comptes de la mine, quatre poêles à pots existaient sur l'ensemble du site de Pampailly au moment de la construction du cinquième, celui du Vernay. Trois dans la maison de Cosne et un dans le bâtiment situé à l'entrée du Voyage de Cosne. La construction de deux de ces appareils apparaît à travers les *Comptes*, un à Cosne et celui du Vernay. Des ouvriers locaux les ont construits et les pots provenaient du même atelier, celui des potiers Thomas et Pierre de Montmusart, son fils, établis à Saint-Martin-Lestra, village situé à une quinzaine de kilomètres à l'ouest de Pampailly

Si les poêles à pots apparaissent dès le IXe s., la région lyonnaise ne les connaît, selon l'état des données actuelles, qu'à partir du XVIe s., encore ne se diffusent-ils réellement qu'aux XVIIe et XVIIIe s. Les poêles à pots de Pampailly témoignent donc d'un moyen de chauffage, inconnu alors dans la région, modèle importé par les mineurs et les métallurgistes allemands et réalisé, avec quelques difficultés, selon l'exemple du Vernay, par des artisans locaux.

## Un monde ouvert vers l'extérieur

- 10 Le monde des mineurs et des métallurgistes de Pampailly apparaît donc comme un monde à part avec son règlement, qui est presque une législation, avec ses habitants regroupés, avec sa production agricole, ses techniciens et ses ouvriers dont certains parlent des langues étrangères, ses salaires supérieurs à ceux du pays avoisinant. Mais cette impression, donnée surtout par le règlement, correspond-elle à une réalité ? La mine de Pampailly ne saurait survivre coupée de son milieu. Outre les achats agricoles

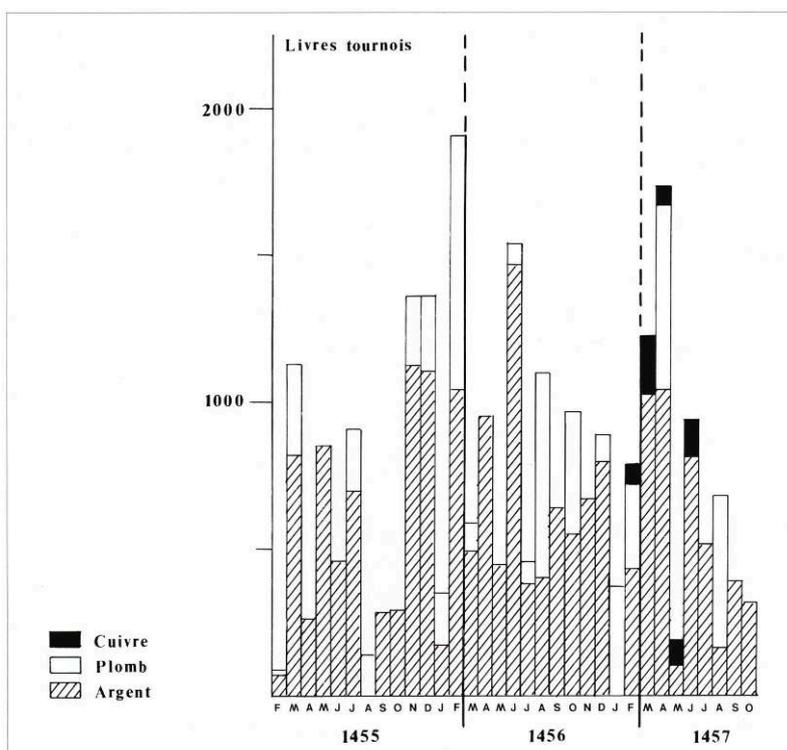
indispensables, la mine utilisait quotidiennement les services des voituriers du pays pour transporter le minerai, le bois et le charbon. Leurs noms changent souvent, plus que des transporteurs spécialisés, ce sont des paysans à qui la mine fournissait un revenu complémentaire (Rendu 1983 a). Pampailly donnait du travail directement et indirectement à la main-d'œuvre locale.

- 11 Pampailly était avant tout un centre minier et métallurgique, mais l'exploitation possédait aussi des biens fonciers, champs, vignes et prés, et deux moulins, à Charfetain et à la Giraudière (*Comptes*, 86-95). Par ailleurs, l'inventaire signale une *bouticle de la marchandise* où se trouvaient stockés quelques objets métalliques et plus encore du tissu, en particulier des draps locaux de Saint-Symphorien et de Châtillon ou de pays voisins, comme ceux du Forez. S'y ajoutaient des couvertures d'Auvergne et des futaines de Chambéry. Il est impossible de savoir si ces marchandises étaient destinées à couvrir les besoins des ouvriers de la mine, loin de tout centre d'approvisionnement important, ou si Pampailly servait de relais pour un plus large commerce. Cependant, le poste le plus élevé du compte de la marchandise, plus de 60 %, n'est pas tenu par les tissus, mais par du cuir déposé par un tanneur de Brussieu (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 309-310, Lorcin 1974 pp. 438-441). Ces activités étaient très secondaires, puisque le total des recettes des moulins et de la production agricole se monte à 25 livres 7 sous en 1455, et que l'inventaire de la boutique de marchandise n'atteint pas 120 livres, y compris les 73 livres 10 sous de cuir. Plus que les sommes en jeu, ces faits montrent d'une part à quel point le capitalisme industriel du temps était lié au commerce, l'exemple de Pampailly étant, à une toute petite échelle, l'image des affaires de Jacques Cœur, d'autre part, combien l'industrie minière et métallurgique se trouvait incluse dans la société rurale.
- 12 Si Pampailly était une implantation industrielle dans un monde rural, elle s'en distinguait par une population d'ouvriers salariés hautement qualifiés, vivant à un rythme très différent de celui des paysans, mais elle n'était pas coupée de son environnement. Acteur essentiel de la vie économique locale, elle fournissait des emplois, distribuait des salaires, participait au commerce local et faisait travailler les artisans. Son poids régional, essentiellement fonction de la vente des métaux autres que l'argent, est plus difficile à estimer.

### L'argent de Pampailly et la monnaie de Lyon

- 13 Centre de production de métaux, lieu de consommation aussi, Pampailly se trouvait placé au sein d'un marché relativement complexe (**fig. 56**). L'entreprise achetait du fer et de l'acier, vendait du plomb et du cuivre sur un marché libre. Elle vendait par contre son argent sur un marché extrêmement réglementé : tout le métal blanc devait être livré à Lyon à un prix fixé par le pouvoir royal. Par ailleurs, les quantités vendues comme la valeur des métaux impliquaient des conditions d'achat et de vente très disparates.

## 56 - Production métallique de Pampailly



- 14 Tout l'argent produit à Pampailly, comme tout l'argent extrait dans le royaume, devait être expédié à la monnaie royale<sup>76</sup>. S'il est impossible de savoir si Jacques Cœur a respecté la réglementation, il est certain qu'au temps de la régie royale le métal précieux n'échappait pas au monnayage (fig. 57). Les comptes de Pierre Granier signalent que l'argent était acheminé à Lyon, l'atelier monétaire le plus proche (*Comptes*, 15-47, 1413-1452, 1560-1603). De la Monnaie de Lyon ne subsistent, pour cette période, que quelques noms et peu de chiffres. En revanche, les comptes de la mine donnent la liste des quantités d'argent livrées, avec la date, le poids et le prix : 8 livres 11 sous 3 deniers tournois le marc, puis, à partir du 10 juin, 8 livres 16 sous 3 deniers tournois le marc (tableau 4).

## 57 - Monnaie frappée à Lyon à l'époque où l'argent de Pampailly alimentait l'atelier monétaire

Gros, revers, croix fleurdelisée, on lit l'inscription *Benedictus sit nomine domini*

Tableau 4. Poids des livraisons d'argent de Pampailly à la monnaie de Lyon

Années	Nb. de mois	Marc	Onces	Deniers	Kg
1455	13	854	6	22	209,228
1456	12	832	3	15	203,743
1457	8	470	5	15	115,205
<b>TOTAL</b>		<b>2158</b>		<b>4</b>	<b>528,18</b>

- 15 Quelle part représente la production des mines de Pampailly dans l'alimentation en métal de la Monnaie de Lyon, à côté du billon, ramassis destiné à la fonte de toutes les espèces non autorisées à la circulation, que ce soit des monnaies décriées ou étrangères ? Il est difficile d'en juger, les données chiffrées faisant défaut. Les résultats de l'enquête de John Day et Huguette Bertrand pour les métaux précieux donnent pour Lyon (tableau 5) :

Tableau 5. Quantité de métaux précieux frappée à la monnaie de Lyon

Années	Or	Argent
1427	152 kg	1137 kg
1457	37 kg	
1460	97 kg	949 kg

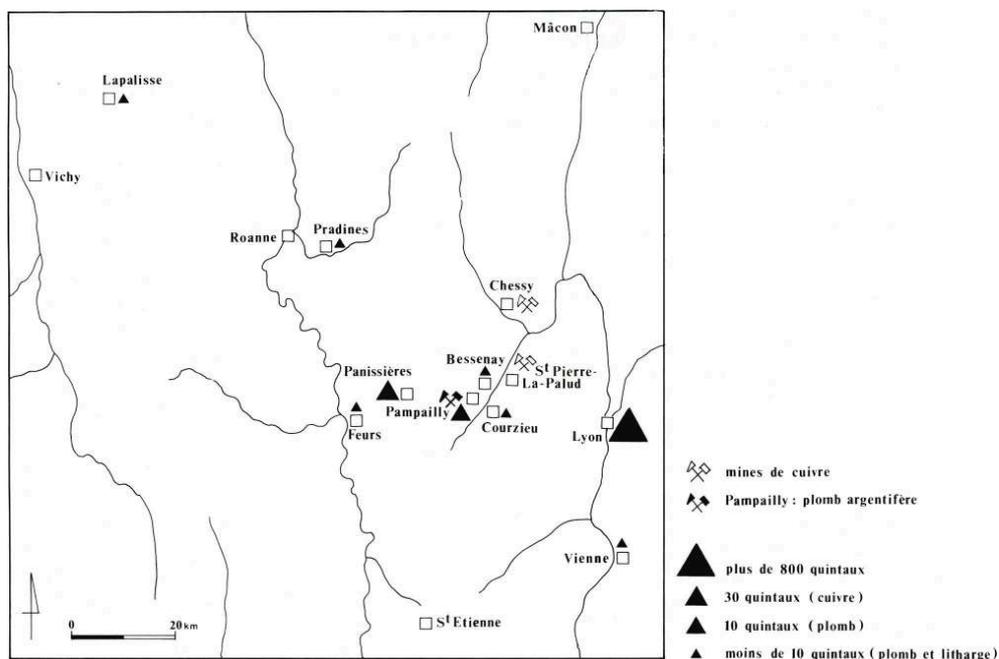
- 16 Seules les données de l'année 1427 sont certaines, mais cette date est beaucoup trop éloignée de la période d'activité de Pampailly pour qu'il soit possible de les utiliser : les conditions et les nécessités de l'époque étaient fort différentes. Si l'on se fie aux années 1457 et 1460, l'activité moyenne de la Monnaie de Lyon semble se développer au milieu du XVe s., et se poursuivre jusque vers 1500. En considérant l'estimation de 1460 comme exacte, Pampailly aurait fourni environ 21 % du métal ayant servi à fabriquer des espèces d'argent à la Monnaie de Lyon, part importante si on tient compte de l'importance des refontes de billon (Day et Bertrand 1987). Les raisons mises en avant par Charles VI dans son ordonnance transférant la Monnaie de Mâcon à Lyon, c'est-à-dire l'existence de mines nombreuses dont étaient issues *nombre de matières d'argent de plomb et de cuivre* apparaissent fondées, d'autant qu'à côté de Pampailly d'autres mines fournissent leur part de métal, très modeste parfois ou plus importante, comme celle de Joux. On peut estimer à environ un quart la part des mines des Monts du Lyonnais et du Beaujolais dans la production de l'atelier de Lyon, part considérable quand on sait que l'essentiel du monnayage médiéval provient de la refonte.

### Le marché du plomb et du cuivre

- 17 Avant même que l'exploitation ne reprenne, le Procureur Dauvet avait mis en vente les stocks de métaux saisis. Du 7 janvier au 13 mai 1455, il adjugea 484 quintaux 25 livres de plomb, provenant entièrement de Pampailly, et 89 quintaux 20 livres de cuivre de Chessy, de Saint-Pierre-la-Palud et, à un bien moindre degré, de Pampailly (Dauvet, Mollat éd. 1953 pp. 278-279, 290, 302 ; 363, 367, 368). En 1455, Pampailly a vendu 327 quintaux 98 livres de plomb, alors qu'il faut attendre 1457 pour que les comptes signalent une vente de cuivre de 34 quintaux, issus de l'impôt du dixième dû au roi (*Comptes, 1626-1640*).
- 18 Le plomb, en tables ou en masses, fut vendu lors de l'adjudication des biens de Jacques Cœur, très régulièrement à 45 sous le cent<sup>77</sup>, au cours d'opérations qui portaient sur des masses pesant de 13 à 150 quintaux. Par la suite, les prix ont varié de manière notable. Du plomb en masse atteignit parfois 55 sous le quintal emporté à la mine, alors qu'il était laissé à 40 sous ; encore devait-il être livré à Lyon. De telles variations s'expliquent facilement par le volume des marchés. Les prix les plus élevés concernaient de petites quantités, un véritable commerce de détail, alors que le plomb à 40 sous le quintal relevait de contrats qui portaient toujours sur plus d'une tonne. Le cuivre, beaucoup moins abondant, coûtait environ quatre fois plus cher que le plomb. Lors de l'adjudication de 1455, son prix varia de 9 à 10 livres le quintal. En 1457, il valait de 9 livres 12 sous 6 deniers, vendu en petites quantités, à 6 livres 17 sous 6 deniers, en masses plus importantes.

- 19 À deux reprises, Dauvet se plaignit de la valeur insuffisante des métaux à Lyon, du plomb en particulier vendu en dessous des prix de détail pratiqués dans bien des régions de France ; il envoya son clerc à Avignon dans l'espoir d'obtenir de meilleurs prix (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 342, Benoit 1985). À ce qu'il apparaît à travers les rares données qui nous soient parvenues, il semble bien que l'écoulement du cuivre n'ait pas posé de problème majeur : ainsi, tout le stock fut vendu rapidement en 1455. Des difficultés surgirent pour le plomb. Tout laisse penser que le marché lyonnais, qui apparaît à travers ces comptes comme une place importante pour le commerce des métaux, intégra difficilement des arrivées massives de plomb, métal dont le réemploi facile permettait de constituer d'importants stocks.
- 20 Lors de la vente des biens saisis à l'Argentier, tous les adjudicataires du plomb sont des Lyonnais, et se présentent comme des marchands. Par contre, lorsque la mine vendit ses propres produits, elle opéra avec une clientèle beaucoup plus variée : clientèle locale tout d'abord, de mineurs et de métallurgistes travaillant à Pampailly, habitant dans les villages voisins de Bessenay, Brussieu et Courzieu, acquéreurs de faibles quantités de plomb en masse. Des hommes, dont le métier n'est pas identifié, vinrent des environs de Feurs, de Roanne et même de Vichy pour s'approvisionner à la mine. Là encore, les achats portèrent sur de médiocres quantités. La fonderie, qu'elle soit à Pampailly, à Saint-Pierre-la-Palud ou à Chessy, alimentait un commerce de détail. Cependant, toutes les grosses affaires furent conclues avec des marchands lyonnais (fig. 58).

58 - Lieux de vente du plomb et du cuivre de Pampailly en 1455



- 21 Quelques personnalités ressortent parmi ces acquéreurs. Il est impossible de savoir qui étaient les modestes artisans qui ont acheté quelques livres, voire quelques quintaux de cuivre ou de plomb à la mine, hormis parfois leur profession. Certains Lyonnais apparaissent mieux en lumière. Maître Thomas est qualifié dans le *Journal* de Dauvet de potier d'étain, dans les *comptes* de *pintier*, les deux termes étant synonymes, un *pintier* est un fabricant de pintes, pots à boire ou mesures. Ces *pintiers* contrôlaient, dans de

nombreuses villes de France, une large part du marché des métaux non-ferreux (Benoit 1985). Le qualificatif de maître le rattachait encore plus au monde de l'artisanat très qualifié. Il était le second acheteur de plomb, intervenant deux fois au moment de l'adjudication des biens de Jacques Cœur, puis deux fois encore au cours de l'année 1455. Au total, il a acquis 214 quintaux et 45 livres de plomb, soit plus de 10 tonnes. Il était également le second acheteur du cuivre saisi puisqu'il acquiert 92 quintaux 20 livres, soit 4,5 tonnes, pour 829 livres 16 sous. La totalité de ses achats s'est montée à 1 195 livres tournois. S'il est probable qu'il a encore des liens avec le monde des artisans, il a de loin dépassé la situation d'un simple potier d'étain et appartenait au monde des marchands. Plus importants encore apparaissent les frères Villars, Pierre et Jean, marchands de Lyon<sup>78</sup>. Déjà associés de Jacques Cœur dans le commerce du sel sur le Rhône, dans ses affaires immobilières et financières, ces *maîtres saulniers et ferratiers*, étaient de loin les principaux partenaires de la mine dans le commerce des métaux. Déjà acheteurs et fournisseurs au temps de Jacques Cœur, ils livraient aux forges de la mine l'essentiel du fer et de l'acier, pour une valeur de plus de 90 livres, mais surtout lui achetèrent pour 487 livres 18 sous 4 deniers de plomb, en deux opérations, dont l'une porte sur 232 quintaux, plus de 11 tonnes.

- 22 Lyon d'où venait le fer, où partait l'argent et l'essentiel du cuivre, apparaît comme un important marché des métaux, alimentant l'artisanat local mais surtout redistribuant des produits importés. Mais cette réalité ne saurait cacher des réseaux moins importants, quant aux masses de produits échangés, mais vitaux pour la vie régionale et locale. Des villes moyennes pouvaient aussi jouer un rôle dans la diffusion des produits métalliques, ainsi Vienne, Roanne, Feurs ou Vichy ont dû tenir ce rôle comme Châtillon-sur-Seine l'a tenu en Bourgogne (Chapelot 1985, Benoit 1985). Plus encore, du petit centre de Panissières venait le seul acheteur qui ne soit pas Lyonnais lors de la vente de 1455. Trois acheteurs de cuivre sur sept, en 1457, sont issus de ce village et un du village voisin de Villechenève, parmi eux, un marchand peyrelier, c'est-à-dire chaudronnier de bronze. Tout laisse à penser que ce bourg, à une quinzaine de kilomètres à l'ouest de Pampailly, a développé un artisanat en rapport direct avec la production minière de la région (Dauvet, Mollat éd. 1953 p. 368 ; *Comptes*, 1647, 1648, 1649). Par Lyon, Pampailly est d'une part, entré dans le circuit du commerce des métaux de la France du centre-est et du sud-est et d'autre part, a participé au mouvement national et international des métaux précieux.
- 23 Née à une époque où la crise marquait le pas, la mine de Pampailly est un exemple très précoce de la reprise de l'activité minière des dernières décennies du Moyen Âge. Dans un royaume qui a toujours manqué de métal précieux, dans une conjoncture où l'argent était particulièrement recherché, sa richesse, réelle, et l'espoir qu'elle représentait, ont attiré hommes et capitaux. Dans un premier temps, ceux de la grande ville la plus proche, Lyon, puis, après les malheurs de la première moitié du XVe s., les fortunes et les pouvoirs les plus considérables du royaume : Jacques Cœur, et enfin le roi lui-même. La saisie des biens de l'Argentier n'a fait que renforcer la position de la monarchie dans une affaire où elle était déjà partie prenante. Dès 1444, le roi s'impliquait très fortement dans les affaires de Pampailly en exigeant de l'Argentier la reprise des travaux du Vernay. Ce schéma, initiative locale, capitaux urbains, interventions des très grosses fortunes liées au pouvoir, se retrouve quelques décennies plus tard à Schwaz, où, après l'intervention des marchands d'Augsbourg, Jacob Fugger s'est intéressé de très près à la production minière et métallurgique (Egg 1964). La réussite fut plus étincelante, mais ce processus met en évidence l'intérêt fondamental qu'il y

avait pour les grands à contrôler la production d'argent à la source, c'est-à-dire à la mine et dans les fonderies.

- 24 Que cette intervention de capitaux venus de l'extérieur ait entraîné l'innovation à Pampailly est un fait indéniable. À une époque où la main-d'œuvre est le principal poste de dépense d'une mine, la venue de techniciens étrangers de haut niveau a été, sans doute, la principale source d'innovation dans la seconde moitié du XVe s. La mine existait alors déjà, elle avait même acquis des dimensions remarquables, mais l'appel à l'extérieur, capitaux et techniciens, a seul permis la réalisation de la pièce maîtresse de l'organisation de l'espace souterrain, le grand Voyage du Vernay. C'est un technicien allemand qui a dirigé le percement de la galerie, c'est un autre technicien allemand qui se charge de fabriquer un chien de mine, élément clé du nouveau système. L'investissement a attiré des hommes porteurs de techniques déjà mises au point ailleurs et antérieurement, dans le monde germanique, probablement au cours de la première moitié du XIVe s. Au lendemain de la crise, la destruction de vieilles structures, la disponibilité de capitaux, les besoins d'un marché, ont largement favorisé le développement de l'innovation, la mise en œuvre de ces différentes techniques rassemblées en un système d'exploitation radicalement différent de ce qui, selon toutes les découvertes faites à ce jour, était connu auparavant.

## NOTES

72. Tous les chiffres sont tirés de l'introduction de la thèse de Rendu (A. Th.) - *Comptes d'exploitation des mines de Pampailly et de Joux en Lyonnais, Comptes de Pierre Granier (1454-1457)*. Les conclusions que je propose sont radicalement opposées aux siennes. Sa vision, pessimiste, partait de l'*a priori* d'une restitution de la mine aux enfants de Jacques Cœur pour des raisons économiques, hypothèse impossible à retenir actuellement.

73. Les *comptes* indiquent la provenance de certains ouvriers originaires de villages voisins (Montrottier, Courzieu, L'Argentière, etc.), d'autres portent les noms de hameaux des environs : Charachon, Jussieu... (*Comptes*, 698-1022).

74. Comme Smermant, Brohart appartient au monde des mineurs et métallurgistes de la Forêt noire (Dauvet, Mollat éd. 1953, p. 311).

75. Toutes ces données proviennent des inventaires de Pierre Granier. L'étude de la vaisselle et du poêle a été réalisée par Julie Leguay dans un mémoire de maîtrise (Leguay 1992, pp. 96-110).

76. Cette partie du texte doit beaucoup à M. Dhenin, Conservateur au Cabinet des Médailles de la Bibliothèque nationale.

77. Exceptionnellement lors de la liquidation du stock, le prix n'atteignit que 42 s. 6 d. (Dauvet, Mollat éd. 1953, p. 367).

78. M. Mollat insiste sur l'activité des frères Villars dans le commerce du sel sur le Rhône et les liens qu'ils entretenaient dans ces affaires avec Jacques Cœur (Dauvet, Mollat éd. 1953, pp. 83-87).

---

## **Au XVIII<sup>e</sup> siècle, la Révolution de la houille**

---

## chapitre 5. Pampailly au XVIII<sup>e</sup> siècle

---

- 1 Alors que l'enquête sur le site de Pampailly avait pour objectif la connaissance d'une grande exploitation minière et métallurgique à la fin du Moyen Âge, les aléas des découvertes archéologiques ont conduit à poursuivre la recherche jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> s. Au départ, il s'agissait uniquement, dans notre esprit, d'effectuer correctement la fouille des couches supérieures du niveau médiéval, mais rapidement l'importance des vestiges mis au jour a imposé une étude plus complète. La chose était d'autant plus aisée que les travaux menés sur le site, s'ils échappaient chronologiquement au cadre que nous nous étions fixé, s'inscrivaient parfaitement dans notre problématique. Deux questions se posaient en effet. Il importait en premier lieu de savoir ce que le système d'exploitation des mines et les méthodes de traitement du minerai employées devaient aux techniques de la fin du Moyen Âge et de la Renaissance. Par ailleurs, en présence des innovations révélées par la fouille, il s'agissait de connaître les raisons qui avaient fait abandonner les techniques anciennes, donc de percevoir dans le temps long leurs limites, et de saisir les modèles qui avaient pu alors être suivis, de la même manière qu'au dernier siècle du Moyen Âge l'influence du monde germanique avait fortement marqué l'exploitation (Benoit et Grandemange 1986, Benoit 1989, Benoit et Leclère 1994 et 1995, Benoit et Rendu 1989).

### Les hommes de la reprise

- 2 Les découvertes touchant à l'exploitation au XVIII<sup>e</sup> s. ressortent de l'étude du porche et de la galerie du Vernay, où les vestiges de l'Epoque moderne recouvraient parfois ceux du Moyen Âge. Elles tiennent surtout aux fouilles réalisées au Vernay, sur l'emplacement d'installations métallurgiques. Dès 1981, des sondages sur le site présumé du martinet du Vernay avaient mis au jour des murs et de la céramique datée du XVIII<sup>e</sup> s., caractéristiques d'un habitat. Les fouilles ont repris en 1987 et, au terme de sept années de travaux, ont dégagé un vaste ensemble de structures industrielles, allongé sur une centaine de mètres dans la vallée du Cosne, dominant le ruisseau sur un

emplacement en partie creusé dans le versant de la colline et en partie construit en terrasse.

- 3 À l'extrémité nord, une fosse rectangulaire allongée, perpendiculaire au ruisseau, a été identifiée comme l'emplacement d'une roue de moulin alimentée par-dessus. Elle est bordée au sud par un replat qui portait les traces d'installations de lavage. Plus au sud subsistent les restes d'une bâtisse arasée. On sait, par le cadastre napoléonien, que la maison a été occupée jusqu'aux environs de 1830. À l'extrémité sud du site enfin, un quatrième édifice, de plan grossièrement carré d'une dizaine de mètres de côté, contenait un four de réduction du plomb.
- 4 Dernier indice d'une activité industrielle, l'omniprésence de la bruyère qui remplaçait la couverture arborée<sup>79</sup>. Ce sont là les vestiges d'une activité métallurgique dont les sources du XVIIIe s. permettent de fixer les débuts et de connaître, au moins partiellement, les acteurs.

### Les *intéressés* aux mines de cuivre du lyonnais

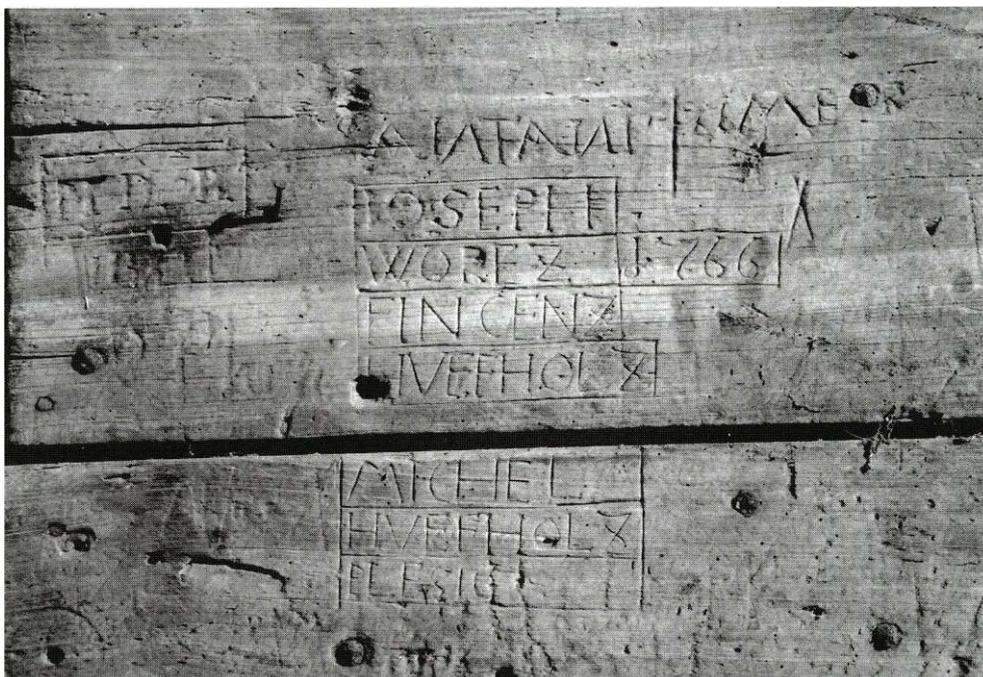
- 5 Dans les régions proches de Lyon, comme dans toute l'Europe, la fin du XVIIIe s. a été marquée par un fort besoin de métaux. Pour répondre à la demande, il fallait à la fois trouver de nouveaux gisements de minerais et les moyens de les convertir en métal. L'est du Massif Central, vieille zone de production des métaux non-ferreux, connut alors un regain d'activité, encouragé par les concessions accordées par la monarchie. Les mines de plomb du Forez furent exploitées par la famille Blumenstein (Chermette 1989). Dans les Monts du Lyonnais et du Beaujolais, l'extraction reprit sur des sites tout ou partiellement abandonnés depuis le Moyen Âge. Le marchand de fer lyonnais Jean Blanchet obtenait en 1745 une concession qui lui accordait le monopole de l'exploitation du cuivre, du vitriol et de la couperose, dans un rayon de plus de 13 kilomètres autour de Saint-Pierre-la-Palud (Bourgoin 1985, Poyet 1861). L'année suivante, il fondait avec le métallurgiste Jars et le financier Pernon, l'association des *Intéressés aux mines de cuivre du Lyonnais*. L'exploitation de Pampailly au XVIIIe s. s'inscrit dans le cadre d'une grande entreprise, bénéficiant de capitaux importants, grâce à Blanchet et à Pernon, mais aussi à la présence d'ingénieurs de très haut niveau : les Jars. Le fondateur de l'association des *Intéressés* eut trois fils, dont deux impliqués dans le développement de l'entreprise. Le troisième Gabriel le Jeune, né à Lyon en 1732, est un personnage célèbre. Dès sa jeunesse, il entra à l'École des Ponts et Chaussées, probablement en 1754<sup>80</sup>. En 1757, le gouvernement l'envoya en tournée en Europe Centrale puis en Grande-Bretagne, pour prendre connaissance des techniques métallurgiques utilisées dans des pays d'ancienne tradition comme dans les régions où s'effectuait une véritable révolution industrielle. Correspondant de l'Académie des Sciences dès 1761, à vingt-neuf ans, il en devint membre à part entière en 1768, en même temps que Lavoisier dont il était le concurrent. À cette époque, il voyageait encore, non plus pour apprendre les secrets de l'étranger, mais pour porter la bonne parole dans les provinces du royaume. En août 1769, un coup de soleil le frappa au cours d'une de ses tournées ; il en mourut. Cette activité de métallurgiste officiel ne l'empêcha pas de mener des recherches « appliquées » dans les mines du Lyonnais où s'employaient ses frères, Gabriel l'Aîné et Antoine Gabriel (encart : les *Voyages métallurgiques* de Jars, p. 94).

- 6 Il est difficile de savoir combien de temps et dans quelles conditions ces hommes exploitèrent le site. Blanchet fit rouvrir la mine en 1764 et, pour les auteurs du XIXe s., Pampailly aurait cessé de produire en 1772, année au cours de laquelle les *Intéressés* ont abandonné le site (Poyet 1861, Fournet 1861). Cependant, les données de l'archéologie infirment cette idée, puisque des boisages du porche d'entrée ont été datés de 1786<sup>81</sup>. Il est donc raisonnable de penser que Pampailly a été exploitée jusqu'à la veille de la Révolution, dans des conditions que les sources écrites ne permettent pas d'élucider entièrement. Il est probable que les Jars restèrent impliqués dans l'affaire, puisque le cadastre de 1826 porte plusieurs propriétés à leur nom sur des terrains industriels<sup>82</sup>.
- 7 Encore une fois, la mine de Pampailly a bénéficié de l'apport de capitaux lyonnais, mais, à la différence de ce qui s'est produit au Moyen Âge, jamais l'intérêt qu'elle a suscité auprès des industriels ou des banquiers n'a dépassé le niveau régional. En revanche, la présence de la famille Jars a certainement été un facteur essentiel, permettant d'expliquer l'importance novatrice du site.

### Des mineurs et des métallurgistes mal connus

- 8 À la différence des propriétaires de l'entreprise, les mineurs et les métallurgistes du temps de la reprise de l'activité minière restent beaucoup moins bien connus que leurs prédécesseurs du XVe s. Les registres paroissiaux contiennent, dans les mines liées à la série de la Brévenne, de nombreuses indications concernant les mineurs de Saint-Pierre-la-Palud et de Sain-Bel, mais beaucoup plus rarement relatives à Brussieu. Huit noms seulement apparaissent, dont un ouvrier maçon mort accidentellement sur le site. Les autres apparaissent comme mineurs, maréchal ou forgeron. Parmi eux, deux portent des noms français. L'un est qualifié de mineur à Chevinay, village situé à une dizaine de kilomètres de Brussieu et l'autre, d'*ouvrier aux mines de cuivre et de plomb*, est originaire de Saint-Germain-Laval en Forez, à environ 40 km. Les cinq derniers portent des noms germaniques, trois sont originaires de Sainte-Marie-aux-Mines. Leur qualification semble supérieure, puisqu'à côté de deux ouvriers mineurs sont cités un maréchal et deux maîtres mineurs dont un à Saint-Pierre-la-Palud<sup>83</sup>. Au moins dans un cas, la famille s'est établie, puisque Samuel Chesre, dit aussi Berger, originaire de Sainte-Marie-aux-Mines, fils du maître mineur de Saint-Pierre, a abjuré *l'hérésie calviniste* pour se convertir au catholicisme avant d'ouvrir une auberge<sup>84</sup>. Les registres paroissiaux, de par leur nature, ne portent aucune indication touchant les mineurs dont le passage sur le site n'est marqué ni par un mariage, ni un décès, ni un baptême, ou, cas plus rare, une abjuration. L'inscription de trois noms gravés sur une porte en bois confirme la présence sur le site d'ouvriers allemands inconnus des autres sources écrites (fig. 59).

59 - Porte de ferme en bois retrouvée à Brussieu avec les noms de trois ouvriers Allemands : Joseph Worez, Fincenz Huefholz et Pilsic, l'orthographe de ce dernier nom demeure incertaine



**LE NOM DE JOSEPH WOREZ SE RETROUVE, GRAVÉ DANS LE PIERRE, SUR LE SOUBASSEMENT DE LA CROIX DU LIEU-DIT LE CHAMBEAU, À LA SORTIE DU VILLAGE, SUR LE CHEMIN MENANT À LA MINE. RENSEIGNEMENTS COMMUNIQUÉS PAR B. CHAZALLET**

### Les voyages métallurgiques de Jars

De son vivant, Gabriel Jars a rédigé des rapports concernant ses voyages à travers l'Europe. Il présenta ces communications devant les différentes sociétés dont il était membre. En 1761 il avait été élu membre associé de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon et correspondant de l'Académie Royale des Sciences de Paris, quatre ans plus tard, en 1765, il fut honoré de la même fonction à la Royal Society of Arts de Londres avant d'être élu membre de l'Académie des Sciences en 1768. À la mort du grand métallurgiste, son frère Gabriel l'Aîné, métallurgiste et écrivain lui aussi, puisqu'on lui doit plusieurs mémoires présentés à l'Académie de Lyon, portant en particulier sur l'usage de la houille en métallurgie et le traitement des minerais de cuivre, rassembla les œuvres du défunt et les publia chez Regnault à Lyon, en trois volumes, la parution s'échelonna de 1774 à 1781 (fig. 4).

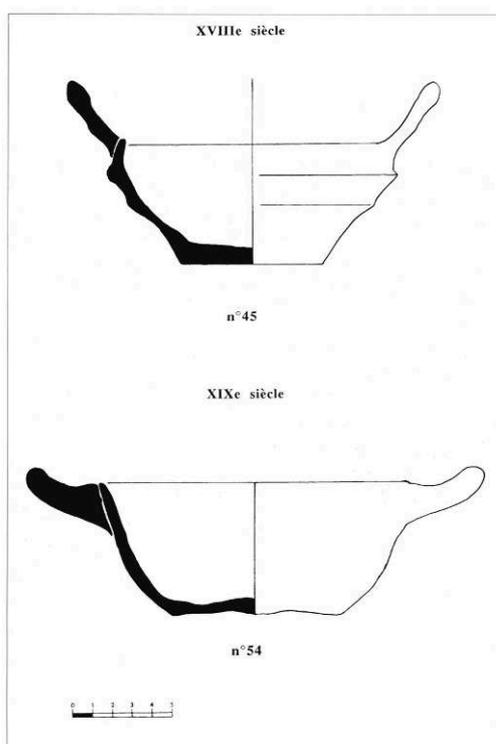
L'ouvrage, connu depuis sous le nom de *Voyages métallurgiques*, possédait en fait le titre de *Voyages métallurgiques ou recherches et observations sur les mines et forges de fer, la fabrication de l'acier, celle du fer-blanc, et sur plusieurs mines de charbon de terre, faites depuis l'année 1757 jusques et y compris l'année 1769, en Allemagne, Suède, Norwege, Angleterre et Ecosse. Suivies d'un mémoire sur la circulation de l'air dans les mines et d'une notice sur la jurisprudence dans les mines de charbon dans le pays de Liège, la province de Limbourg et le comté de Namur*. Le titre, malgré sa longueur, ne donnait qu'une idée partielle de l'œuvre puisque plusieurs mémoires traitent des non-ferreux.

Après la dédicace et la préface, l'ouvrage contient un Eloge à M. Jars, prononcé à l'Académie Royale des Sciences de Paris, le 23 avril 1770 par M. de Pouchy,

secrétaire perpétuel, qui est encore une des meilleures sources sur la vie du grand métallurgiste. Les œuvres de Jars débutent par un Premier Mémoire servant d'introduction, ou *Dissertation sur le fer et l'acier*, qui présente les idées de Jars sur la nature du fer et de l'acier, sujet alors débattu. Suivent ensuite différents mémoires d'importance très inégale qui décrivent les exploitations minières et métallurgiques, les techniques mises en œuvre, mais aussi, parfois, la juridiction régissant ces activités dans différents pays. Les textes sont accompagnés de gravures de grande qualité. Les *Voyages métallurgiques* de Jars constituent une des meilleures sources pour la connaissance de l'extraction des minerais et de la production des métaux en Europe dans la seconde moitié du XVIIIe s.

- 9 La vie de ces mineurs et de ces métallurgistes nous échappe en grande partie, cependant certains habitaient sur le site. En effet, la fouille de la maison d'habitation située entre les installations de lavage et le four de réduction du Vernay apporte des données sur leur genre de vie, malgré la destruction du sol d'habitation et de tous les aménagements intérieurs. Le bâtiment comprend deux pièces de 4,50 m sur 5 m sans liaison entre elles (**fig. 72, martinet 3**). L'existence d'un étage apparaît peu probable selon le résultat de la fouille. On peut supposer donc qu'il s'agissait là de logements de petites dimensions mais relativement soignés, puisque les murs étaient enduits à l'intérieur. Des tessons ont été relevés en abondance, dans la maison, mais aussi dans les couches d'effondrement retrouvées devant les vestiges du mur de façade. Ils témoignent d'un habitat : vaisselle de cuisine dont un pot tripode allant au feu, des poêlons et des casseroles, de la vaisselle de table, des jattes, une assiette, de nombreuses écuelles, des pots à conserve et même un récipient percé de trous qui n'est rien d'autre qu'une faisselle à égoutter le fromage (cf. annexe céramique en fin de volume) (**fig. 60**). Les couches de destruction de cette maison ont livré la majeure partie, environ 65 %, de la céramique du site. La quasi-totalité des tessons du XVIIIe s. ramassée à Pampailly est glaçurée (93,2 % des tessons) et engobée (89,5 %). Les décors abondent, principalement les décors géométriques qui marquent la poterie la plus abondante sur le site et qui est commune à toute la région et même à d'autres provinces. Se distinguent certaines productions de faïence, à vrai dire assez rare, et de céramiques venues de centres connus, mais relativement éloignés : Meillonas, près de Bourg-en-Bresse et Lamage dans la Drôme. Par ses caractéristiques, la céramique retrouvée à Pampailly ne se distingue en rien de celle qu'employaient à l'époque les habitants de Lyon et des agglomérations voisines (Faure-Boucharlat *et alii* 1996 ; cf. annexe).

## 60 - Écuellen à oreilles retrouvées dans la maison d'habitation



- 10 Malgré les faiblesses de la documentation écrite, on retrouve à Pampailly au XVIIIe s. une population ouvrière dont certains traits rappellent ceux des travailleurs de la fin du Moyen Âge : la présence d'ouvriers qualifiés d'origine germanique s'accompagne de signes d'un niveau de vie loin de la misère. Il est malheureusement difficile d'aller au-delà.

## NOTES

79. L'étude palynologique a montré que la forêt était beaucoup moins abondante alors, que de nos jours. L'espèce la plus représentée à la fin du XVIIIe s. était la bruyère et parmi les arbres, le pin ; or le pollen de pin peut voyager sur de grandes distances. En 1990, la bruyère avait disparu et la végétation était celle d'une forêt où dominant les chênes, viennent ensuite les charmes et les noisetiers, Archéolabs réf. ARC90/R888P.

80. La biographie de Jars reste à écrire. Les auteurs ne sont même pas d'accord sur la naissance et le nombre des frères Jars ; pour Fournet (Fournet 1861) suivi par Chermette (Chermette 1981), le grand métallurgiste serait le troisième des frères, alors que pour Bourgoïn, et Bishop, auteurs de la notice Jars Antoine Gabriel, du *Dictionary of scientific Biographies*, publié sous la direction de Gillispie C.C., il serait le second. La première hypothèse est à retenir (communication P. O. Ducreux).

81. Datation en dendrochronologie obtenue en 1992, Archéolabs réf. RC92/R1264D.

**82.** Il est possible que les recherches poursuivies dans les fonds des notaires locaux apportent un jour des précisions sur cette affaire. Il est cependant à noter que la famille Jars se trouvait, selon le cadastre de Brussieu de 1826, propriétaire en nom propre de terrains ayant appartenu aux "Intéressés". L'hypothèse d'une reprise de l'exploitation par un groupe d'hommes, dont les Jars, est à retenir.

**83.** Dépouillements effectués par Martine Rege-Gianas et Bruno Chazallet.

**84.** Samuel Berger apparaît à cinq reprises dans le registre paroissial de Brussieu, il est d'abord qualifié de maréchal (1769), puis de maréchal et cabaretier (1774), aubergiste ensuite pour retrouver enfin le statut de maréchal (1777).

## chapitre 6. Des techniques minières traditionnelles

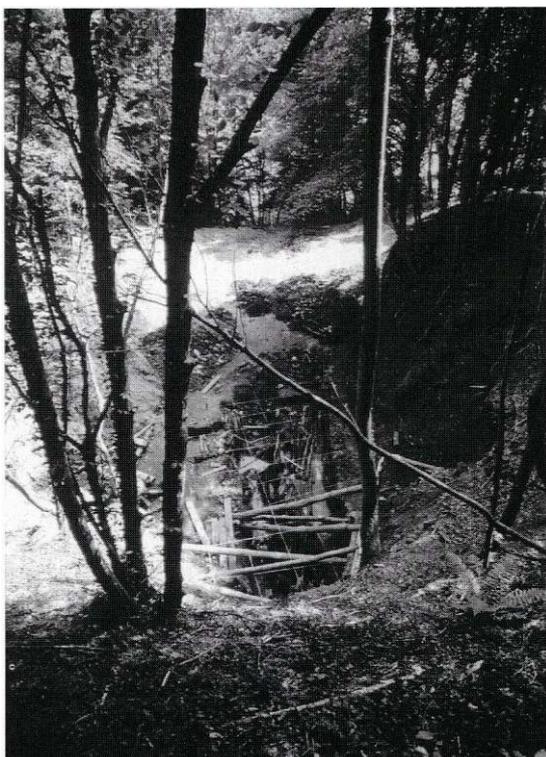
---

- 1 Les fouilles ont montré que les mineurs avaient rouvert la mine par la galerie du Vernay, solution logique puisqu'elle permettait d'accéder à des quartiers profonds maintenant inaccessibles.

### Le porche du Vernay au XVIIIe siècle

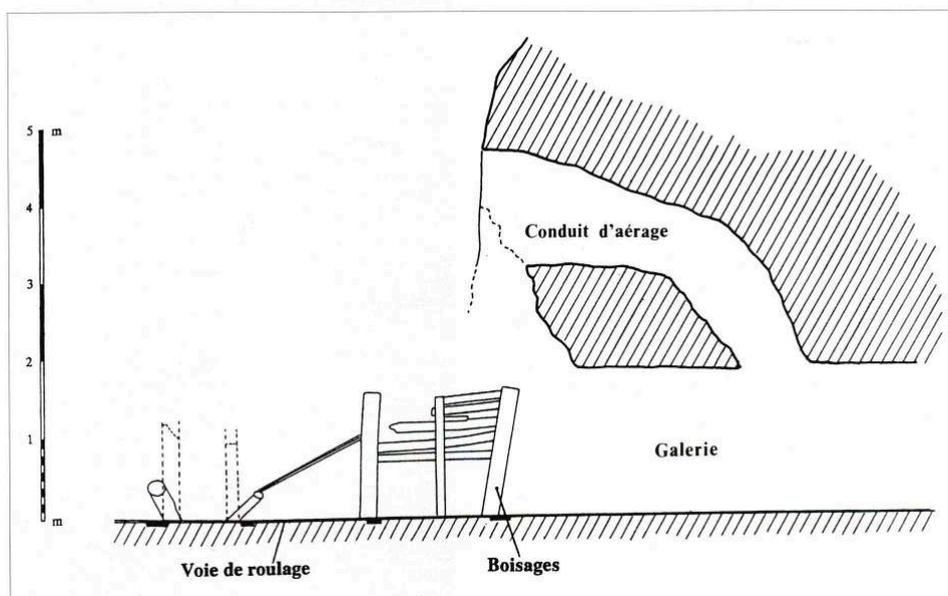
- 2 Les fouilles de l'entrée du Voyage du Vernay ont mis au jour des structures qui datent de la réouverture de la mine au XVIIIe s. (**fig. 61, 62**). À la sortie de la galerie, un boisage protégeait la voie de roulage contre l'éboulement des parois. À la limite du porche, des planches glissées entre la paroi de la galerie et des poteaux verticaux, préservaient un passage particulièrement sensible (**fig. 63**). À plus de 2 m au-dessus du sol, une encoche demeurait le dernier vestige d'une protection plus importante contre les menaces d'éboulements de la voûte. Au-delà du porche, le boisage s'étendait sur une longueur de 13 m des deux côtés de la voie, formant une galerie d'accès (**fig 34**). Le système d'assemblage qui faisait reposer les longrines l'une sur l'autre, en alternance à chaque travée, créait une barrière à claire-voie, sans clou ni cheville, montrant un souci d'efficacité et d'économie. Ici, des fagots bouchaient les orifices susceptibles de déclencher un éboulement, selon une technique traditionnelle encore en usage au début du XXe s.

## 61 - Fouille du porche du Vernay

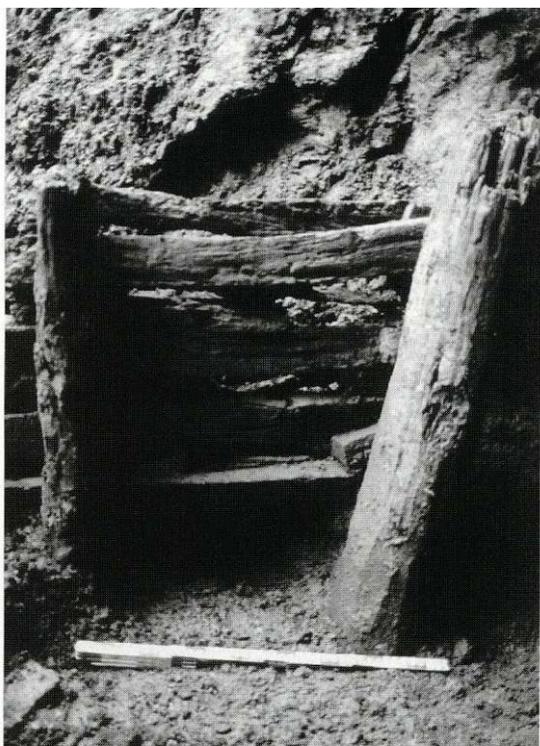


- 3 Les longrines qui forment les éléments horizontaux, grossièrement mis en forme, provenaient de troncs de résineux fendus. Ce sont, en quantités égales, des demis et des quarts de troncs de 1,80 à 2 m de longueur. La structure de ces arbres est caractéristique d'une croissance lente ; ils provenaient donc, de lieux éloignés du fond de vallée du Cosne où les arbres poussent vite. Les poteaux de bois blanc qui retenaient les longrines appartiennent à une catégorie d'arbres à croissance rapide, ce qui laisse à penser qu'ils ont été coupés sur place, alors que les longrines provenaient des achats de résineux nécessaires à l'équipement interne de la mine<sup>85</sup>.

62 - Coupe du porche de la galerie du Vernay avec le boisage de l'entrée de la mine



63 - Boisage en place à l'entrée de la mine



- 4 Les poteaux verticaux, de forme cylindrique, ont un diamètre de 18 à 21 cm et une hauteur variant de 1 m à 1,50 m. La plupart n'ont pas été écorcés, beaucoup sont en bois blanc, exceptionnellement en chêne. Ces poteaux ont été posés sur le sol, calés contre la paroi rocheuse, ne laissant au sol qu'une empreinte de quelques millimètres de profondeur. Certains ont été posés sur des cales en bois de récupération.

## La voie de roulage

- 5 La voie de roulage qui sort de la mine s'étend sur deux mètres au-delà du couloir qui la protège. Son trajet a dû s'adapter aux conditions imposées aux mineurs par la géologie, ceci expliquant sa sinuosité et l'inégale longueur des limandes. Les pièces qui la composent ont été confectionnées avec un minimum de travail, à la différence de la voie du XVe s. Les limandes de sapin possèdent des longueurs variables de 1,30 m à 4,10 m, des traverses les relient entre elles. Généralement en bois blanc, elles se regroupent en trois ensembles. Des traverses simples maintenues en place par un système de cales, sans être clouées aux limandes, servaient à corriger la pente et à stabiliser la voie. Des traverses de jonction, plus importantes, liaient entre elles les paires de limandes au moyen de clous (**fig 64**). Enfin la traverse finale, particulièrement large, terminait la voie. Elle reposait sur une couche foncée, compacte et dure, constituée d'un gros gravier. Tassé par le passage fréquent des mineurs et le poids des chariots, ce cailloutis avait certainement un rôle de calage.

64 - Partie terminale de la voie de roulage du XVIIIe s. déposée et remontée

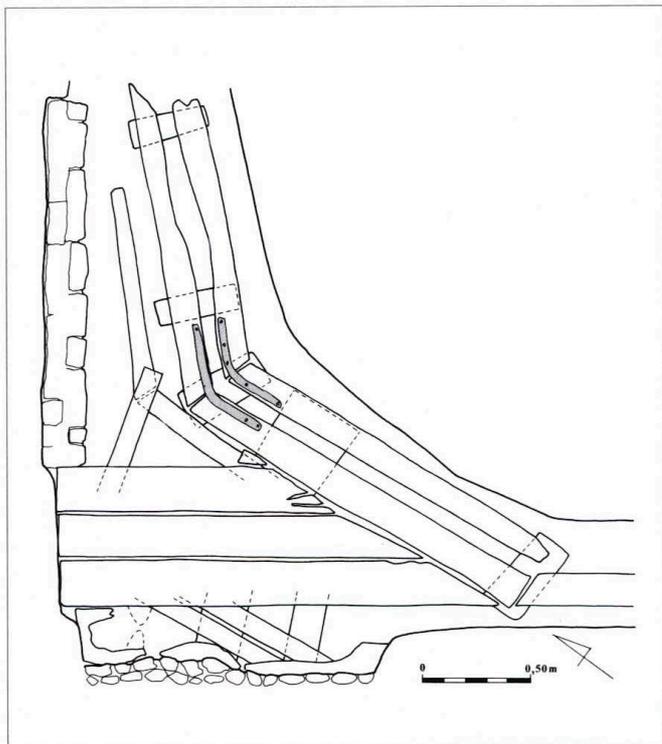


- 6 L'état d'usure des limandes est très variable. Certaines sont creusées de larges et profondes ornières laissées par les roues du chien de mine ; tandis que d'autres ne portent pas de traces. Il semble qu'elles aient été changées peu avant l'interruption de l'exploitation. L'état de la voie de roulage confirme que la mine de Pampailly a produit au XVIIIe s. et que des travaux d'entretien y ont été pratiqués, ce que manifeste par ailleurs l'étude de la galerie.

## La galerie du Vernay

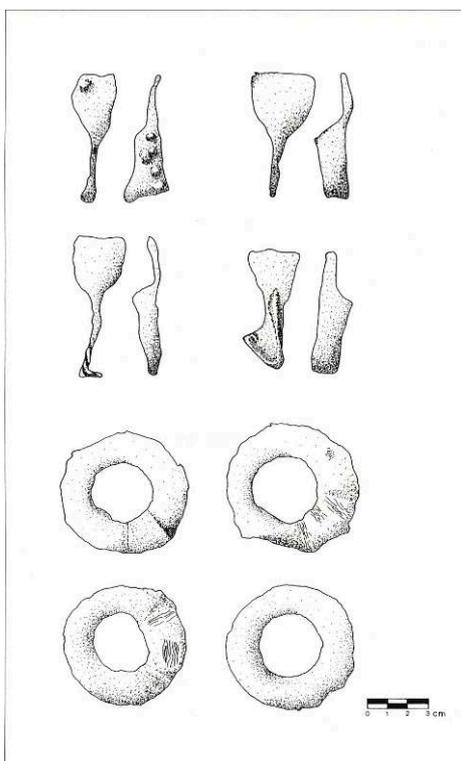
- 7 Percée en travers-banc, elle était beaucoup mieux conservée que les galeries creusées sur le filon, particulièrement ébouleuses sur le site. D'importants travaux de boisage furent réalisés sur la partie du Voyage du Vernay foncée sur l'axe filonien et il est certain que les mineurs atteignirent les zones d'exploitation. La présence d'éléments de pompes datés de cette époque, stockés dans une partie plus large de la galerie, prouve que les puits inférieurs au niveau de la galerie d'exhaure avaient été atteints et qu'il fallait les dénoyer<sup>86</sup>. En revanche, le Puits du Jour, médiéval, devait être comblé puisque les *Intéressés* ont, en 1768, acheté un terrain à proximité pour foncer un nouveau puits<sup>87</sup>. Pour mettre la mine en exploitation, les mineurs du XVIIIe s. ont employé des méthodes qui devaient beaucoup au système technique en vigueur aux XVe et XVIe s. Ils utilisèrent la galerie du Vernay, à peine rectifiée en un endroit, y creusèrent un espace, peut-être destiné au stockage, qu'ils comblèrent ensuite. Ils installèrent une voie de roulage tout à fait comparable à celle que le maître mineur Claus Smermant avait mise en place au milieu du XVe s. (**fig. 65**). Elle ne s'en distinguait que par un recours plus fréquent au métal, en particulier par l'emploi de bandes de jonction en fer pour lier les limandes, et par une finition de moindre qualité. Les éléments métalliques des chiens de mine, retrouvés en abondance dans la galerie du Vernay, sont tout à fait semblables à ceux que représente le *Schwazerbergbuch* au milieu du XVIe s. Il s'agit essentiellement de rondelles et de clavettes de fixation des roues et de clous de guidage dont un en excellent état de conservation (**fig. 66**). Ces pièces métalliques qui servaient à guider l'avant du chariot en s'insinuant entre les limandes, étaient munies d'un cylindre de tôle, roulant librement sur son axe, qui limitait les frottements (**fig. 67**) (Benoit 1989, Benoit et Grandemange 1986 ; *Schwazerbergbuch*, Winkelmann éd. 1977, p. 136). Les nouveaux boisages exhumés par la fouille du porche du Vernay sont, en bien des points, semblables à ceux de la Renaissance tels que nous les font connaître les fouilles et l'iconographie. Les éléments de pompes en bois (**fig. 68**) retrouvés dans un élargissement de la galerie évoquent les engins décrits par Agricola (Agricola, France-Lanord trad. 1987). L'espace, enfin, s'organisait en fonction des structures d'exploitation mises en place au temps de Jossard, de Jacques Cœur et de Pierre Granier. Seule innovation majeure, l'emploi de la poudre à canon pour abattre le minerai. Connue, mais exceptionnellement pratiquée dès la fin du XVIe s., l'abattage à la poudre apparaît au cours du XVIIe s. (Vergani 1987, Pierre 1992). Les traces de son utilisation à Pampailly sont rares, puisque seule la galerie du Vernay a pu être étudiée, mais l'abondance des fragments de fleurets\*, outils qui servaient à forer les trous où les mineurs plaçaient la charge de poudre, retrouvés dans la forge du XVIIIe s., montre que les nouveaux travaux de creusement ou d'abattage utilisaient la force de l'explosif (**fig. 69**)<sup>88</sup>. Les travaux de mise en forme de ces outils à la forge s'avèrent très comparables à ceux qui permettaient la fabrication, l'entretien et la réparation des pointerolles du XVe s. (Guillot, Bertin et Rebière 1992). Dans l'ensemble, l'apparition de la poudre n'a pas, à Pampailly, comme dans nombre d'autres mines polymétalliques reprises en Europe au XVIIIe s., bouleversé les structures d'exploitation. Les innovations décisives qui transforment les techniques d'extraction sont ailleurs. Elles se situent dans les mines de houille où apparaissent les machines d'exhaure à vapeur et les rails métalliques. À cette relative permanence des techniques minières mises en œuvre à Pampailly, s'opposent les transformations décisives dans la minéralurgie et la métallurgie.

65 - À l'endroit où Claus Smermant avait décidé de *prendre à main senestre*, la galerie fait un angle droit



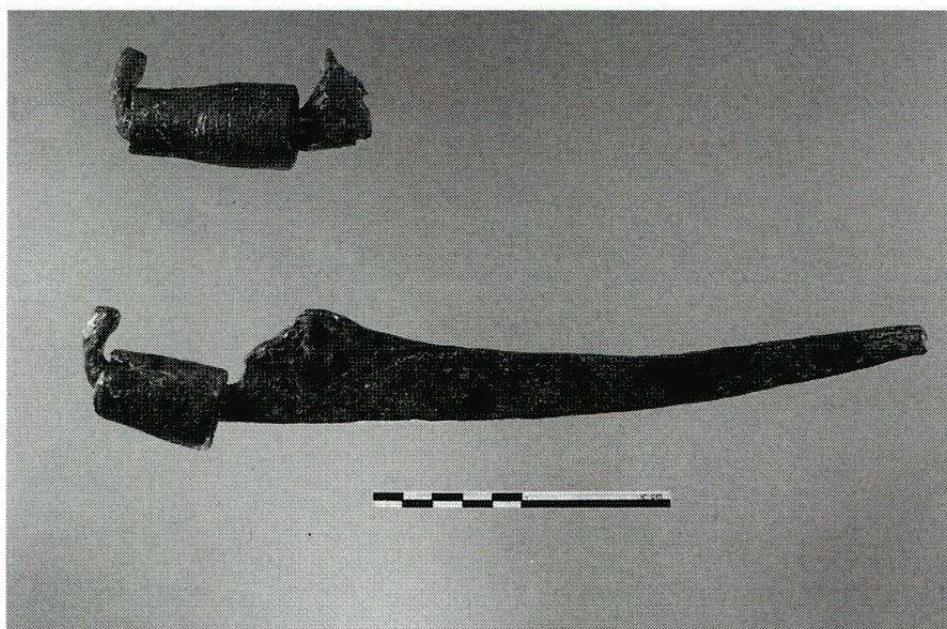
Il a fallu renforcer la voie de roulage pour qu'elle puisse résister aux forces de frottement accrues

## 66 - Voyage du Vernay



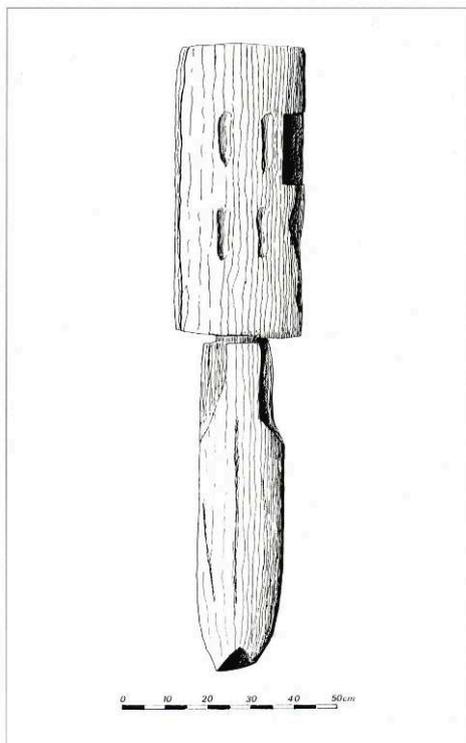
Clavettes et rondelles de chien de mine

## 67 - Voyage du Vernay



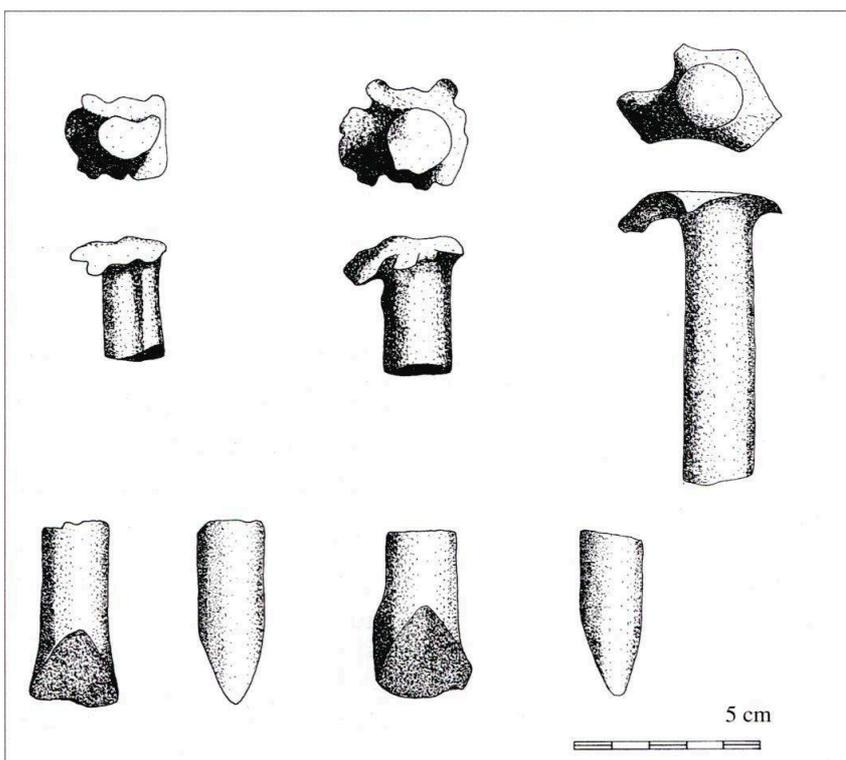
Clou de guidage d'un chien de mine

### 68 - Pompe en bois retrouvée dans la galerie du Vernay



Cette pompe se compose de deux éléments, des traces d'un cerclage de fer sont visibles sur le barillet, aucun vestige de la tringlerie ou du piston n'a été retrouvé

### 69 - Fragments de fleurets retrouvés dans la forge du Vernay



---

## NOTES

**85.** Analyse effectuée par Christian Orcel, Laboratoire romand de dendrochronologie.

**86.** L'arbre dans lequel avait été foré le corps de pompe a été abattu aux environs de 1768, datation en dendrochronologie Archéolabs réf. C 92/R1264D.

**87.** Fonds du notaire Berger, non déposé, conservé chez Maître Cachard à Saint-Laurent-de-Chamousset, n° 103, année 1768.

**88.** Dans la galerie du Vernay, une dizaine seulement de trous de fleuret a été repérée en deux endroits différents. Par contre le départ de la canalisation qui conduit l'eau aux installations métallurgiques du Vernay, sur la rive droite du Cosne, a été creusé dans la roche en utilisant largement la poudre.

## Chapitre 7. L'usine du Vernay : hydraulique et minéralurgie

---

- 1 Pour interpréter les vestiges des fouilles menées au Vernay, ceux d'une véritable usine métallurgique, le recours à la littérature technique du temps s'imposait. Comme à l'époque médiévale, il convient de distinguer entre les opérations de préparation du minerai et la métallurgie au sens strict du terme.

### La documentation écrite

- 2 La fin du XVIIIe s. et les toutes premières années du XIXe furent marquées par un effort d'amélioration des techniques minéralurgiques. Les traductions de traités allemands se répandirent en France, tant celui de Schlutter traduit par Hellot que l'ouvrage du Collège des mines de Freiberg, dont Antoine-Grimoald Monnet donna une version française (Schlutter, Hellot trad. 1750, Monnet 1773 réimp. 1990). Significative de cet effort est la place que le traitement du minerai avant fusion, et en particulier le lavage, tient dans le *Journal des Mines*. À côté de nombreux articles abordant la question plus ou moins profondément (Lelivec an XII), deux publications retiennent particulièrement l'attention. La première est de J.-F. Daubuisson et se répartit en quatre livraisons dans les numéros de l'an X de la République (1802-1803) et porte le titre de *Description raisonnée de la préparation des minerais de Saxe, notamment de la mine de Beschert-Gluck* ; l'ensemble couvre plus de 100 pages (Daubuisson an X). Répondant à l'œuvre de Daubuisson, les ingénieurs Beaunier et Gallois, les mêmes qui présentèrent plus tard la réduction du plomb à Poullaouen, publièrent un article, *De la préparation des minerais à Poullaouen*, en l'an XII (Beaunier et Gallois an XII). Ces contributions montrent l'importance que les métallurgistes d'alors attachaient à la préparation des minerais qui, comme l'affirmait Daubuisson, *conduite avec plus d'intelligence et d'économie [...] peut mettre à même de tirer profit de quelques minerais, que leur pauvreté forcerait autrement d'abandonner*. Quant à Beaunier et Gallois, ils insistaient sur l'économie de combustible, point essentiel pour la métallurgie en cette fin du XVIIIe s., à laquelle pouvait conduire une bonne préparation du minerai<sup>89</sup>. Les opérations qu'ils décrivent, outre le grillage des minerais sulfureux, sont fondées sur deux opérations de base, *concasser et trier*, voilà à quoi se réduit tout son travail dans la préparation des minerais selon la formule de

Daubuisson (Daubuisson an X, p. 26). Mais les méthodes pour concasser et trier n'étaient plus les mêmes au XVIIIe s. et au XVe ou au XVIe s., au temps de l'apogée de la mine de Pampailly, ou du *De re metallica* d'Agricola.

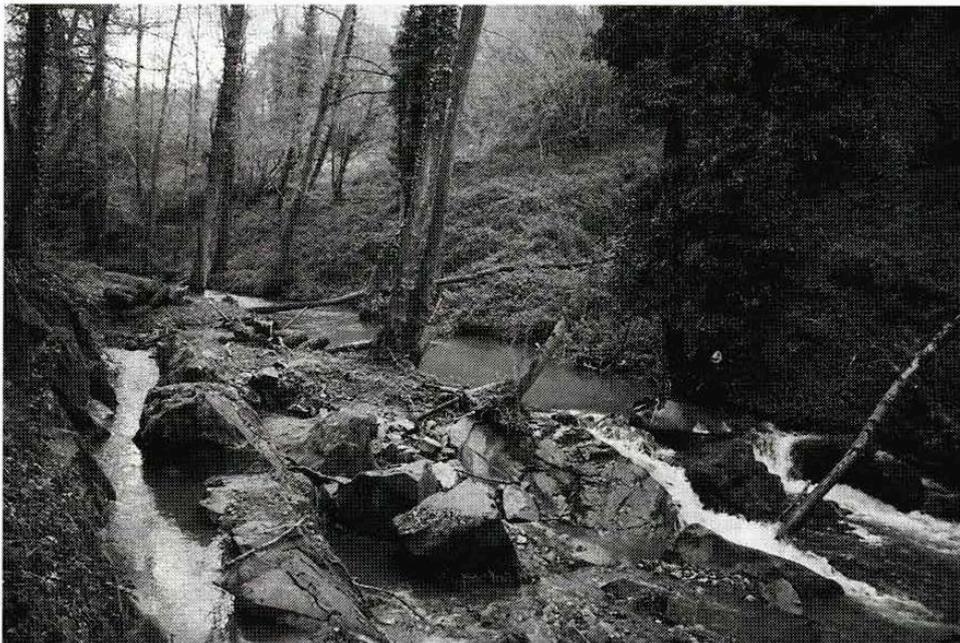
- 3 Le plan de la laverie de Poullaouen en Bretagne présente les différentes installations qui servaient au traitement minéralurgique. L'ensemble est imposant par ses dimensions, environ 95 m de long sur plus de 50 m de large, avec un bâtiment principal de 75 m sur 10 m et un bâtiment secondaire de 42 m dans sa plus grande dimension. Ce local contenait les grilles anglaises qui servaient à un premier lavage du minerai brut, le *débourbage*, sous un jet d'eau venu du haut. Dans la pièce voisine se situait la *criblerie*, ensemble de baquets de bois dans lesquels les ouvriers remuaient des cribles munis de tamis aux maillages différents selon les produits à traiter. En face des cribles se situait le banc de triage, où les ouvriers sélectionnaient les minerais pour les envoyer à la fonderie ou les diriger vers d'autres traitements. À côté des *tables allemandes* étaient disposés des lavoirs en bois, d'une inclinaison relativement forte, destinés à séparer de leur gangue les fragments de minerai d'un poids et d'un volume certain. Dans le plus grand bâtiment, le bocard occupait la pièce la plus proche de la criblerie. Mû par une roue hydraulique, un arbre muni des cames levait alternativement des piles de bois équipées d'un sabot de fer. L'appareil écrasait les produits introduits sous les piles dans des bacs où circulait l'eau. Les éléments les plus fins, les *schlamms*, étaient entraînés par le courant. Le tableau présenté par Daubuisson met en relief la complexité de ces opérations. Les produits destinés à la fonderie pouvaient provenir d'un simple tri manuel ou, au contraire, n'être disponibles qu'à la suite de multiples opérations.
- 4 Peut-on interpréter les résultats de la fouille de Pampailly à la lumière de ces documents ?

## Le système hydraulique

- 5 Pour alimenter le site en énergie hydraulique et en eau de lavage du minerai, un canal, *béal* selon les termes locaux, a été aménagé par les *Intéressés* selon l'acte de vente, daté de 1766, des terrains où il a été creusé<sup>90</sup>. La canalisation part de Charfetaïn, un peu en aval du moulin, et se poursuit jusqu'à l'aplomb des installations de traitement. Elle mesure plus de 650 m de long, pour une largeur de l'ordre du mètre (**pl. 1**).
- 6 En aval du moulin de Charfetaïn, un barrage très sommaire, appuyé sur une des nombreuses barres rocheuses qui créent autant de petites chutes d'eau sur le Cosne, permettait d'alimenter une dérivation (**fig. 70**). La prise d'eau a été creusée à la poudre dans la roche dure, des traces de barre à mine et de fleuret en font foi, preuve d'un travail effectué à l'Époque moderne. Le bief s'enfonce d'abord dans un sol formé d'alluvions puis, quittant le fond de vallée, franchit un petit ravin, pénètre ensuite dans les colluvions qui recouvrent en partie les versants. Le béal prend alors la forme qu'il conserve sur la majeure partie de son cours : il a été creusé dans la roche, les déblais servant en partie à construire un muret pour augmenter la hauteur du rebord aval. En arrivant au niveau du porche du Vernay, le bief devait traverser le thalweg, ou goutte, au fond duquel s'ouvre la mine. Tout laisse à penser que le passage s'effectuait par un pont-aqueduc de bois, construction assez légère dont les travaux d'aménagement du chemin rural ont détruit les vestiges. La partie terminale du bief a été entièrement fouillée. D'abord creusée dans la roche, elle s'enfonce par la suite dans les colluvions avant de pénétrer de nouveau dans le rocher. La plus grande partie de la canalisation,

dans ce secteur, a été construite en bois. Une vanne permettait d'évacuer le trop-plein d'eau avant d'arriver sur le site. Le bief conduit au-dessus du bocard ; à cet endroit il domine le sol de l'atelier d'une quinzaine de mètres (**fig. 71**).

70 - Vallée du Cosne. Le barrage et le début du bief du XVIIIe s., en aval du moulin de Charfetain



71 - Le bief dominant l'atelier



- 7 Une telle hauteur de chute était beaucoup trop importante pour faire actionner dans des conditions normales une roue de dessus, moteur dont disposaient alors les métallurgistes. Ces roues fonctionnent grâce au poids de l'eau qui descend dans les augets. Une trop grande violence du flux aurait entraîné une perte d'énergie, par dispersion d'eau sous le choc et, sans doute, aurait endommagé la machine. Il fallait donc réguler l'arrivée d'eau afin qu'elle s'effectue avec une vitesse limitée dans les augets de la roue. Ainsi s'explique l'existence d'un bassin maçonné, de 12 m de long et d'un peu plus de 2 m de large, à l'extrémité du bief. Une canalisation en bois de très forte pente conduisait l'eau vers un second bassin en bois repéré uniquement par le logement creusé dans la roche et les clous qui avaient servi à l'assembler. Ce bac en bois, sensiblement carré, devait mesurer environ 1,5 m de côté. De là, l'eau tombait enfin sur la roue. Tout ce système permettait de contrôler la vitesse et le débit de l'eau arrivant sur la roue du bocard et sur les tables de la laverie.

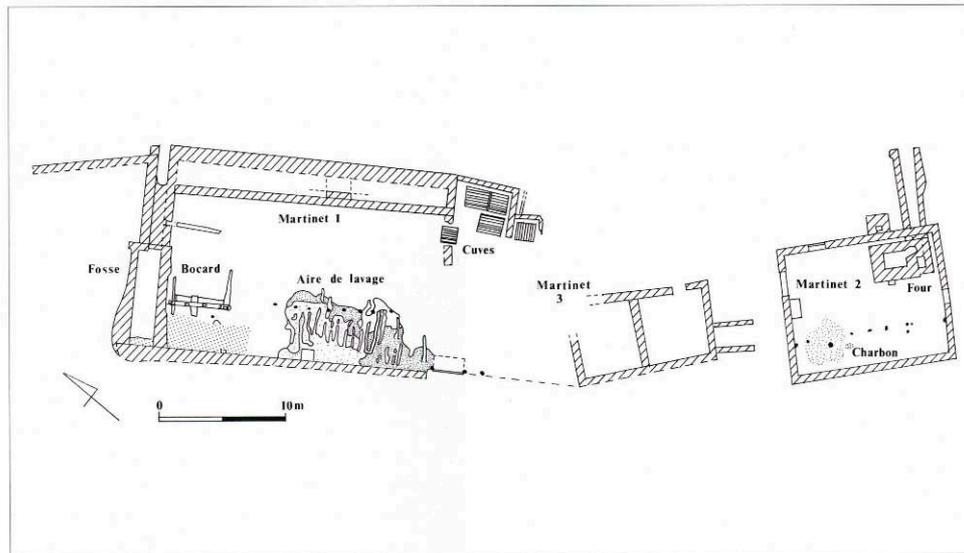
## La minéralurgie

### Le bocard

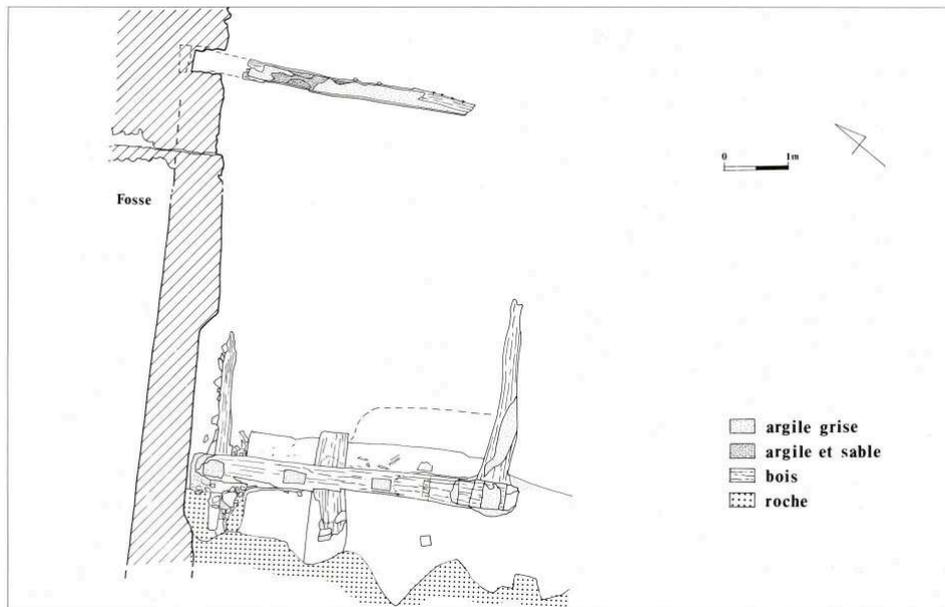
- 8 La roue a aujourd'hui disparu. Ne reste en place qu'une fosse dont les parois sont en partie taillées dans la roche et en partie construites avec des pierres provenant de carrières à proximité immédiate du site (**fig. 72**). Le fond est dallé, comme dans tous les moulins de la région. L'eau s'évacuait vers le ruisseau par un canal voûté<sup>91</sup>. La fouille du fond de la fosse et du canal a livré, au tamis, de nombreux fragments de minerai écrasé, signes d'une installation de broyage du minerai. D'après les dimensions de la fosse, le diamètre de la roue peut être estimée à plus de 4 mètres. Lié à la roue hydraulique, se trouvait un bocard dont il ne restait que les fondations au moment de la fouille (**fig. 73**). Le bocard, apparu au XVIe s., est un appareil dont la technique est bien dominée au XVIIIe s.<sup>92</sup> Il existait alors en Allemagne des bocards complexes, mais celui de Pampailly semble être d'un modèle assez simple, comparable au bocard de Freiberg décrit par Monnet dans son *Traité d'exploitation des mines* (**fig. 74**) (Monnet 1773 réimp. 1990, p. 299 et pl. 21-22). Comme dans l'exemple présenté par Monnet, le bocard de Pampailly fut mis en place à partir de fondations dans une tranchée longitudinale, où se trouvait une grosse poutre de chêne enterrée, sur laquelle s'appuyaient deux poutres perpendiculaires de moindre importance qui assuraient la stabilité. Ces structures montrent les fondations d'une machine importante, nécessitant un fort ancrage au sol, conforme à l'exemple du bocard de Freiberg. À l'est de cette structure, un petit canal en planches, lui aussi en très mauvais état, évacuait directement les résidus sans valeur dans le canal de fuite de la fosse du moulin. La canalisation de bois, approximativement parallèle à la sablière maîtresse du bâti, mais à plus de 5 m, qui reconduit l'eau vers le canal de fuite, indique bien que l'appareil utilisait l'élément liquide, non seulement comme force motrice, mais aussi pour le traitement du minerai. Il s'agissait donc d'un bocard humide, qui comprenait une auge dans laquelle frappaient les piles ; l'eau s'écoulait de cette auge vers les réservoirs où s'accumulaient les sables, c'est-à-dire les produits du bocardage, mais l'eau qui s'échappait des réservoirs contenait des schlamms qui pouvaient être riches en minerai ; ils étaient donc conduits dans des bassins de décantation. Les sables de bocardage étaient d'abord lavés dans des cuves, mais l'eau qui coulait de certaines de ces cuves ne contenait pas de minerai en quantité appréciable et, considérée comme de nulle valeur, était rejetée. La distance entre les

fondations et cette conduite montre que des installations, cuves ou autres, se trouvaient face au bocard, à un emplacement aujourd'hui impossible à déterminer.

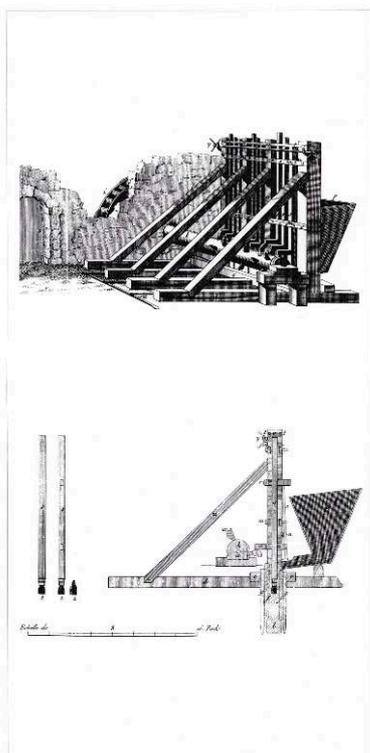
### 72 - Le Vernay, rive droite, les installations minéralurgiques et métallurgiques



### 73 - Le bocard



## 74 - Le bocard d'après Monnet



*Traité d'exploitation des mines*, 1773 réimpression 1990  
Fédération du Patrimoine Minier pl. 22

## Les tables de lavage

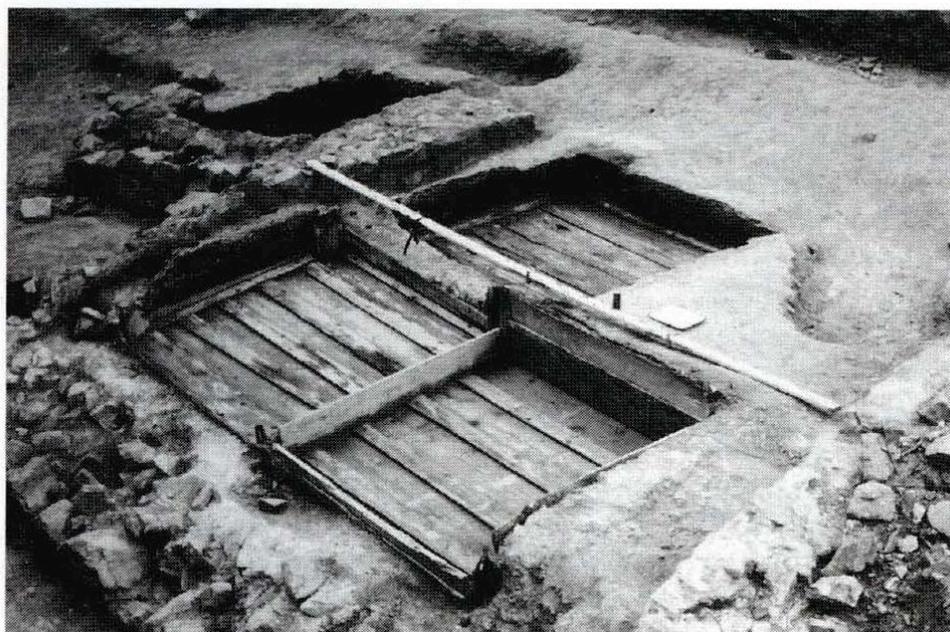
- 9 Les produits du bocardage, un mélange de minerai et de gangue écrasés, passaient ensuite au lavage. Dans un espace plat de 20 m de long sur 13 m de large, des résidus de lavage mélangés à la terre constituent un sol où s'alignent des bandes de sédiments gris. Des trous de poteaux, à une distance de 4 m de la paroi, portaient les structures en bois qui constituaient les tables. L'eau arrivait par une canalisation liée à l'ensemble de la charpente. Le mur occidental, appuyé au flanc de la colline, est percé de trous qui atteignaient la roche située derrière. Ils ont dû servir à l'écoulement des eaux de ruissellement, mais aussi à fixer les structures en bois supportant les tables. Le sol en pente, comme à Poullaouen, est un indice supplémentaire. La disparition du sol d'occupation à environ 7 m du mur empêche en revanche de comprendre la manière dont l'évacuation des eaux s'effectuait<sup>93</sup>. L'absence totale, ou presque, de traces d'activité humaine sur le sol, confirme l'hypothèse de tables de lavage, puisque les seules surfaces conservées s'étendaient sous des structures de bois. La couche grise qui recouvrait le sol proviendrait de l'écoulement de l'eau à travers des interstices.

## Les cuves de décantation

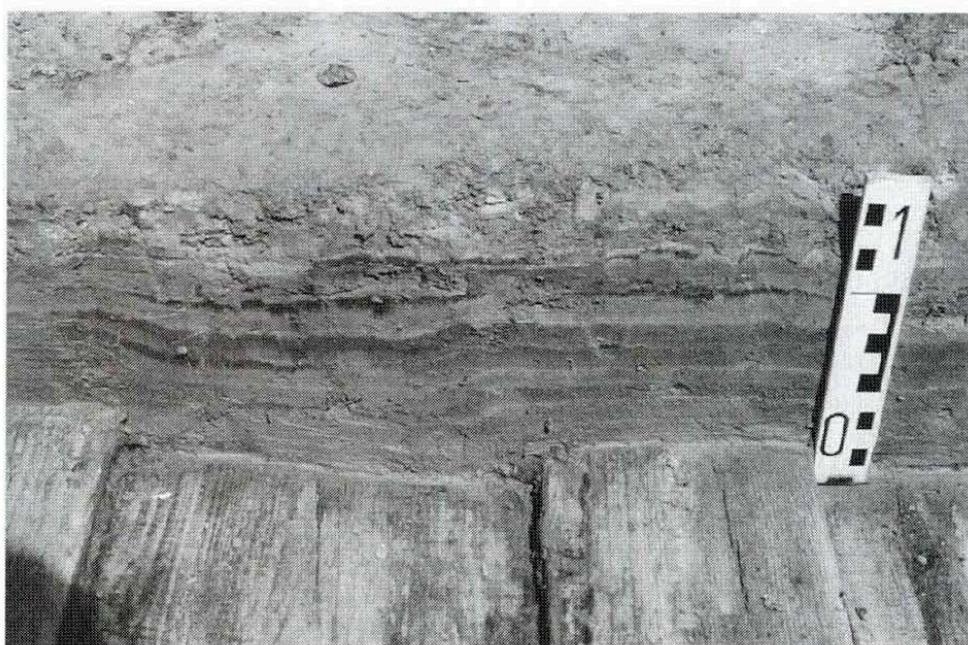
- 10 Enserées dans des murs dont la construction est loin d'être homogène, quatre cuves recevaient les eaux de lavage qui s'y décantaient (**fig. 75**) ; la composition des dépôts est significative : tous contiennent de la baryte, du quartz et de la galène<sup>94</sup>.

L'installation de ces cuves dans un espace restreint est la preuve que les exploitants ont réellement voulu en faire un secteur à part entière du lavage du minerai. La construction soignée des cuves en assurait la solidité et l'étanchéité à l'eau (**fig. 76**). Les analyses dendrochronologiques datent l'abattage des arbres qui ont fourni les planches de cuves des années qui vont de 1765 à 1770<sup>95</sup>. La cuve la plus ancienne est celle qui se trouve le plus près des tables de lavage, la plus récente est la plus éloignée. La stratigraphie et l'étude architecturale confirment ces données qui correspondent à ce qui est connu par ailleurs de l'activité de Pampailly au XVIIIe s. La première cuve, insérée dans le mur qui clôt le bâtiment de lavage du minerai, a été construite avec du bois abattu en 1765, date probable de mise en service des installations du Vernay, ce qui indiquerait que trois ans auraient été nécessaires aux *Intéressés* pour construire leur usine de traitement. Cette cuve s'avérant insuffisante, deux autres, d'un modèle différent, furent installées dans un bâtiment annexe construit à cet effet en 1768, année au cours de laquelle des travaux d'entretien des structures boisées furent aussi effectués au porche du Vernay, selon les données de la dendrochronologie. Enfin la dernière cuve fut ajoutée, un ou deux ans plus tard, dans un appentis de construction très médiocre (**fig. 77**). L'étude des cuves montre que l'usine de transformation de minerai du Vernay a fonctionné plusieurs années et, qu'avant de disparaître, elle connut une activité nécessitant des aménagements imprévus au départ. Elle manifeste également le souci de récupération des matières métalliques.

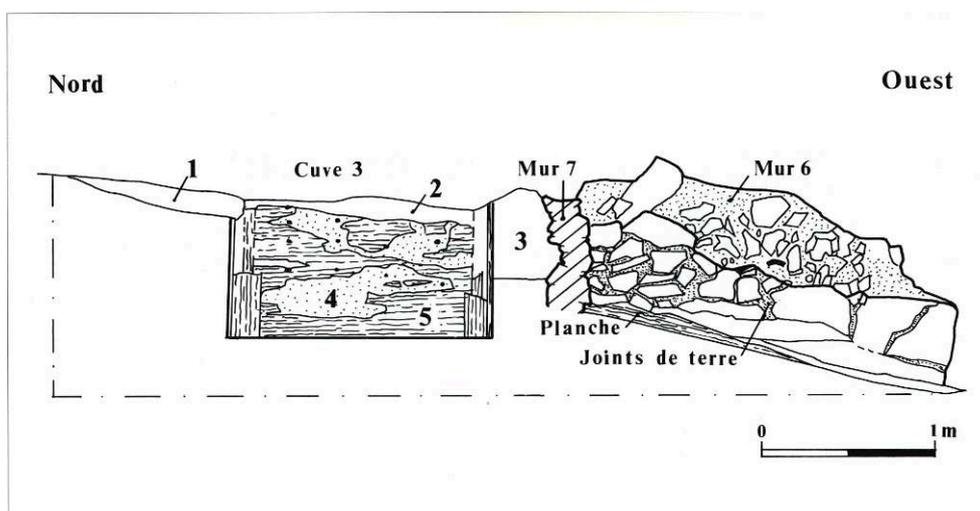
75 - Les cuves de décantation du XVIIIe siècle



76 - Dépôt au fond d'une cuve



77 - Coupe nord-ouest de la cuve n° 3



- 1 : lit de cailloux
- 2 : argile beige
- 3 : argile rouge
- 4 : mortier
- 5 : bois.

- 11 Les données des fouilles et du laboratoire fournissent un premier résultat : l'activité minière et métallurgique de Pampailly a été plus importante à la fin du XVIIIe s. et a duré plus longtemps que les textes ne le laissaient croire. Il reste à interpréter ces données, pour tenter de comprendre les techniques mises en œuvre.
- 12 Au total, une installation beaucoup moins impressionnante que celle de Poullaouen, mais qui atteint cependant 35 m de long pour les éléments connus. Or, étant donné la topographie, il est impossible que la criblerie et les installations de débouage,

indispensables ici comme ailleurs, aient été disposées à angle droit avec le bâtiment du bocard. L'hypothèse d'une construction face aux tables de lavage, sur une longueur comparable, est la plus plausible. Les installations minéralurgiques de Pampailly occupaient un espace important, plus vaste que celui qui était réservé au traitement métallurgique strictement défini.

- 13 Malgré la destruction partielle du site et une certaine insuffisance actuelle des résultats analytiques, certains faits apparaissent solidement établis. Tout d'abord, les installations minéralurgiques de Pampailly semblent adaptées aux minéraux retrouvés au cours des fouilles et des prospections. Si une partie d'entre eux provenaient d'un filon massif et pouvaient, à la suite d'un scheidage et d'un tri, être livrés directement à la fonderie, beaucoup d'échantillons se présentent sous la forme de mouches de minerai contenues dans une gangue quartzreuse ou barytique. Même si la teneur en minerai de plomb ou de cuivre est médiocre, la quantité d'argent contenue à la périphérie peut ne pas être négligeable, comme l'a montré l'étude faite au Laboratoire de Géologie appliquée de l'Université Pierre et Marie Curie. L'usage d'un bocard, donc des tables de lavage qui lui sont jointes, était absolument indispensable à Pampailly. De plus, l'importance de la minéralurgie apparaît dans le paysage né de la fouille. Les dépenses en infrastructures, même si les sources ne permettent pas de les chiffrer, ont dû être considérables. La construction d'une terrasse en gros blocs non appareillés, l'érection de deux murs, le creusement et l'aménagement de la fosse, l'établissement d'un barrage et d'une arrivée d'eau, représentent de gros travaux de terrassement et de maçonnerie. S'y ajoutent les dépenses de charpenterie pour l'adduction et la circulation des eaux, la construction des appareils de toutes sortes. Or, si la fabrication des cuves se situe logiquement dans la dernière phase des travaux, il n'en est pas moins vrai que la réalisation de l'ensemble a été rapide et que son fonctionnement n'a duré que quelques années. Toutes ces dépenses n'avaient qu'un seul but, produire le plus de métal à moindre coût. Or, plus que tout autre appareil, le four de réduction de Pampailly était novateur.

## NOTES

89. *"Son but est en effet de diminuer la masse à mettre en fusion pour obtenir un même produit, en séparant la substance que l'on veut recueillir de la plus grande partie de celles qui lui sont étrangères. La prospérité d'un établissement peut dépendre des soins qu'on y apporte"* (Beaunier et Gallois an XII a, pp. 81-82).

90. Dans l'acte passé en 1766 devant le notaire Berger de Saint-Laurent-de-Chamousset, les "Intéressés" achetaient toutes les terres comprises entre le béal et le Cosne, la modification apportée au parcellaire est encore très visible sur le cadastre. Fonds du notaire Berger, non déposé, conservé chez Maître Cachard à Saint-Laurent-de-Chamousset, n° 170, année 1766.

91. Renseignements fournis par Monsieur R. Lotte, maire de Brussieu lui-même meunier, fils, et petit-fils de meunier.

92. Selon la tradition rapportée par Monnet, le bocard aurait été inventé à Altenberg en 1507, par Sigismund de Maltiz (Monnet 1773 réimp. 1990, p. 299). Les premières représentations de bocard

datent du début du XVI<sup>e</sup> s., dans le Graduel de Saint-Dié, enluminé entre 1505 et 1515, et dans le manuscrit d'Heinrich Gross antérieur à 1530, (Benoit 1990, pp. 41-43). Ces deux appareils sont des bocards à sec, Agricola présente un bocard humide qu'il dit être une innovation apparue en 1512 et mise au point par le même Sigismond de Maltiz ayant rejeté les pilons secs (Agricola, France-Lanord trad. 1987, p. 252).

**93.** Les tables de lavage de Poullaouen avaient environ 8 m de long.

**94.** L'analyse par diffraction des rayons X, effectuée par le Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques du CNRS à Nancy (CRPG), n'a pas permis d'aller au-delà. En particulier nous ne pouvons déterminer les teneurs en argent. Un programme d'analyses plus spécifiquement orienté vers la recherche d'argent devrait être développé en 1997.

**95.** Datation en dendrochronologie, Archéolabs réf. ARC90/118 à 120, 216 à 220, 309 à 316, 402 à 404.

## chapitre 8. La métallurgie du plomb : la Révolution de la houille

---

- 1 Après ces premières opérations de tri, de broyage et de lavage, les minerais étaient fondus. En règle générale, dans la France du XVIIIe s., les minerais sulfureux, comme les galènes, les pyrites ou les cuivres gris rencontrés à Pampailly, étaient grillés, donc transformés en oxydes, avant d'être réduits dans un four à cuve de type haut-fourneau. Cependant, dès le milieu du XVIIIe s., de nouvelles techniques apparurent en Angleterre où l'usage de la houille se répandait (Burt 1994, Gill 1994).

### Jars et la houille

- 2 Très tôt la houille a été utilisée pour les travaux de forge dans les régions où elle était facilement accessible<sup>96</sup>. En revanche, son emploi était prohibé dans la métallurgie extractive. La présence de soufre nuisait à l'obtention de métal de qualité alors que la houille, qui a tendance à s'agglomérer au cours de sa combustion, ne pouvait assurer une bonne descente des charges dans le fourneau. Ecrasée par le minerai, elle formait un obstacle à la bonne circulation de l'air. Le manque de bois pour la métallurgie et tous les autres arts du feu, plus dramatique en Grande-Bretagne que partout ailleurs en Europe, a conduit les Anglais à rechercher tous les moyens de le remplacer par une houille abondante. La technique s'élabora dans la première décennie du XVIIIe s.<sup>97</sup> ; l'innovation se répandit très rapidement dans l'île, mais les Anglais voulaient conserver leur secret<sup>98</sup>.
- 3 C'est dans ce contexte de pénurie de bois, de concurrence internationale appuyée par l'intervention de l'Etat, qu'il faut replacer les activités des frères Jars. L'aîné des frères Jars a laissé un opuscule publié un an après la mort de l'Académicien,
- « Manière de préparer le charbon minéral, autrement appelé houille, pour le substituer au charbon de bois dans les travaux métallurgiques ; mise en usage dans les mines de Sain-Bel, sur les documens de feu M. Jars, de l'Académie royale des Sciences ; pratiquée, perfectionnée et décrite par M. Gabriel Jars, son frère, intéressé aux dites mines » (Jars l'Aîné 1770) (fig. 78).*



## MANIÈRE

*De préparer le Charbon minéral, autrement appelé Houille, pour le substituer au Charbon de bois dans les travaux métallurgiques; mise en usage dans les mines de Saint-Bel, sur les documens de feu M. JARS, de l'Académie royale des Sciences; pratiquée, perfectionnée & décrite par M. GABRIEL JARS son frère, intéressé auxdites Mines.*

L'UTILITÉ des Houilles ou Charbon de terre, est depuis long-temps reconnue en France, & rend précieuses les carrières de ce minéral qu'elle possède.

On l'emploie dans les forges, & on le substitue avec avantage dans plusieurs cas au charbon fait avec le bois, dont il importe d'autant plus de diminuer la consommation, qu'on se plaint avec raison, que la quantité en diminue sensiblement dans le Royaume, & que les forêts se détruisent par les coupes, sans être remplacées par des plantations équivalentes.

A ij

Bibliothèque de l'École des Mines de Paris

- 4 La houille, d'après le texte, doit être transformée en *coaks* selon le terme britannique, par une opération comparable à celle que subit le bois, pour être transformée en charbon. Au cours de cette carbonisation, même si le terme n'est pas employé, la houille devait perdre son soufre et son *acide sulfureux* pour conserver ses *parties huileuses, phlogistiques et inflammables*. Le produit obtenu est conforme à la description d'un coke actuel :
 

*« après l'opération, le charbon minéral n'est plus à l'œil qu'une matière spongieuse, d'un gris-noir qui a perdu de son poids et acquis du volume. »*
- 5 Pour réussir, l'opération exige l'emploi d'une houille convenable, tel le charbon de maréchal de Rive-de-Gier, mais exclut l'emploi des charbons pierreux comme ceux alors récemment découverts à Sainte-Foy-l'Argentière, à quelques kilomètres de Saint-Bel. Le produit avait cependant son utilité et Jars le préconise pour le grillage des mauvais minerais, selon les nouvelles méthodes qu'il a mises au point<sup>99</sup>.
- 6 À partir des expériences réalisées à Saint-Bel, Jars expose tous les avantages que présente l'utilisation de la houille dans la réduction des minerais. Mieux, il les chiffre (**tableau 6**). La conclusion de ses expériences lui montre que le gain se monte à environ un quart du prix du combustible, alors que le temps passé, donc le coût en salaires, diminue considérablement. Les inconvénients viennent de la dégradation rapide des revêtements intérieurs des fours.

Tableau 6. Expériences du 7 au 9 mars 1769

<b>Four au coke</b>	<b>Four au bois</b>
672 quintaux de minerai	510 quintaux de minerai
donnent	donnent
114 quintaux en mattes	99 quintaux en mattes
consomment	consomment
330 quintaux de coke	316 voie de bois
à 21.4 s.	à 21 l.
soit 726 l.	soit 742 l. 12 s.

- 7 Les informations fournies par les différents écrits des frères Jars et les rares autres sources d'archives actuellement connues attestent l'intérêt qu'ils ont porté à l'utilisation de la houille dans la réduction de tous les métaux, en premier lieu du cuivre extrait dans les mines des monts du Lyonnais où leur famille était implantée. Pour eux, la volonté de remplacer le charbon de bois par la houille n'était pas une vue de l'esprit, mais une nécessité. Cependant, les données relatives à la région lyonnaise concernent essentiellement le minerai de cuivre fondu dans des fourneaux verticaux, fours à manche, comme les présentait déjà Agricola. Le minerai grillé et le charbon, à la fois combustible et réducteur, étaient entassés dans le corps du fourneau ; des soufflets forçaient l'air à traverser la charge. Or, les mines du Lyonnais produisaient aussi du plomb qui pouvait être traité dans des appareils de type différent.

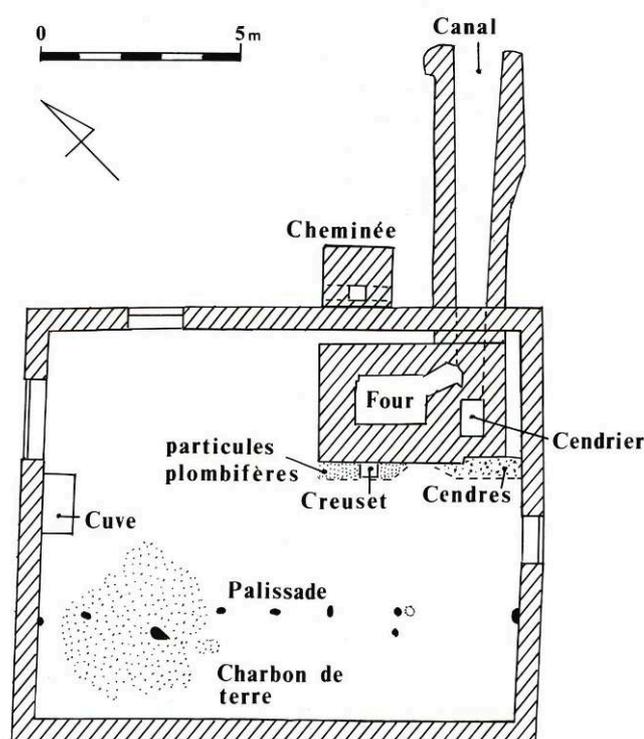
## Le four de Pampailly

### Les données du terrain

- 8 Le bâtiment situé au sud domine légèrement le reste du site (**fig. 79**). À l'exception du mur sud-ouest adossé à la colline, les trois façades sont percées de portes dont la marque des chambranles en bois est encore visible. La porte nord-ouest pouvait laisser passer une petite charrette. Une cloison de bois, discernable à travers l'alignement actuel de trous de poteaux, divisait le bâtiment en deux espaces inégaux. Dans la partie la plus petite, sans doute couverte d'une charpente, les restes d'un stockage de charbon recouvraient le sol. Contre le mur nord-ouest, une fosse rectangulaire contenait de la chaux. Dans le coin est du bâtiment une structure rectangulaire en pierre, arasée au niveau du sol, délimite une fosse principale au nord et une fosse secondaire au sud. La construction porte les marques d'une voûte effondrée et de renforts métalliques. Les deux fosses sont reliées par un couloir voûté qui passe sous le mur est et se prolonge à l'extérieur par une galerie à ciel ouvert qui rejoint le niveau du sol à une dizaine de mètres. Adossées à la face extérieure du mur nord-est de l'édifice, sont encore visibles les ruines de la base d'une cheminée percée au niveau du sol par des ouvertures latérales. Sur cette base de pierre s'élevait une cheminée de brique dont les débris

étaient éparpillés sur le sol. Comme la cheminée, la fosse n'est pas solidaire des murs de l'édifice. Elle était remplie de pierres parfois fortement rubéfiées et scoréfiées et de briques partiellement fondues provenant de la partie supérieure abattue. Dans l'axe de la fosse principale, à l'extérieur de son côté ouest, la fouille a révélé une petite excavation carrée dont les parois intérieures et le fond étaient constitués de briques. Elle était comblée de cendres, d'argile, d'une coulée de plomb et recouverte d'abondantes particules métallifères. Il s'agit d'un creuset où coulait le métal en fusion. De toute évidence, la construction, détériorée par l'usage du feu, a été volontairement abattue et ses restes jetés dans la fosse ou éparpillés sur le sol. Des particules plombifères s'accumulaient au pied des murs nord-ouest et sud-ouest de la structure.

79 - Le Vernay, plan du four de réduction de la galène



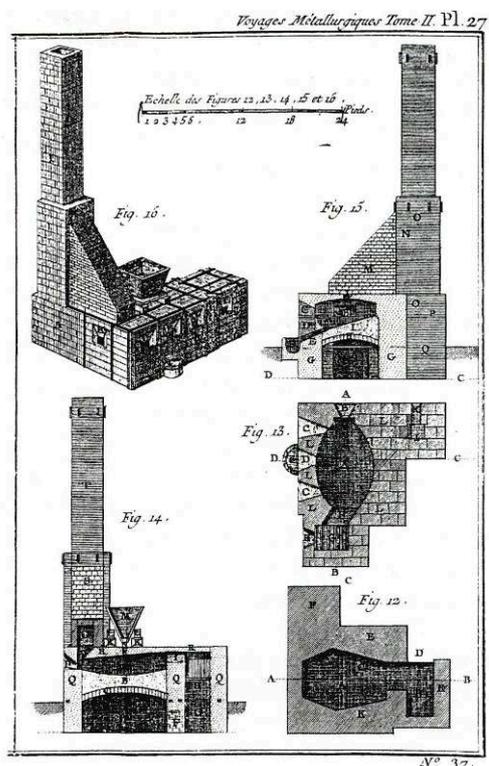
## L'interprétation

- 9 L'interprétation des vestiges du four de Pampailly pose certains problèmes. La destruction de la superstructure et la dispersion volontaire des fragments abattus dans la fosse et sur le sol industriel, à proximité immédiate, ne permettent pas une reconstitution à partir des seules données archéologiques. Mais, de leur confrontation avec les renseignements fournis par des documents de la fin du XVIIIe et des premières années du XIXe s. il ressort des comparaisons satisfaisantes. Trois textes éclairent les résultats des fouilles, tant sur la forme et la nature des structures conservées que sur le déroulement des opérations métallurgiques.
- 10 Le premier est un extrait du second volume des *Voyages métallurgiques* de Jars. Le quinzième mémoire, qui porte sur *Les mines de plomb d'Angleterre*, est daté des années 1765-1766, c'est-à-dire du moment de la reprise de l'exploitation de la mine de

Pampailly (Jars 1774, II, p. 550). Jars décrit dans la quatrième section *la fonte des minerais de plomb dans le comté de Derby et autres*. Il précise que les Anglais utilisaient deux types de fours, l'un à réverbère, lorsque l'exploitation se trouvait à proximité du charbon, l'autre à soufflets, dans le cas contraire. Le passage concernant les fours à réverbère est bref. Il insiste sur leurs dimensions intérieures, sept pieds de large, soit le double des appareils français du même type. Une telle ampleur permettait d'étaler le minerai et de mieux l'offrir à la chaleur. Les ouvriers devaient intervenir par trois ouvertures pour déplacer la charge et évacuer les scories. Jars estime que ces fours travaillaient presque deux fois plus vite que les appareils habituels. Pour vingt quintaux de minerai, la première fonte durait environ quinze heures : une première coulée avait lieu au bout de neuf heures, une seconde trois heures plus tard, la dernière trois heures après. On ajoutait de temps en temps du charbon de terre et de la chaux.

- 11 La planche 27 qui accompagne le texte fournit des informations beaucoup plus précises sur la structure de l'appareil (**fig. 80**). Les fondations étaient constituées d'une cave voûtée, solidement maçonnée et communiquant avec un cendrier accessible par l'extérieur, à l'arrière du fourneau. Dans la partie supérieure, sur la voûte en briques de la fosse principale, se trouvait la sole destinée à contenir le minerai. Ce bassin en argile, de forme concave, était en pente vers l'avant du four. Ainsi, le métal une fois fondu pouvait couler dans le creuset situé à l'extérieur. Un orifice, percé au centre de la voûte qui recouvrait la sole, permettait, au moyen d'une trémie, d'introduire le minerai dans le four. L'intérieur du fourneau communiquait d'un côté avec le foyer installé sur une grille au-dessus du cendrier, et de l'autre avec la cheminée placée à l'arrière du four. Celle-ci possédait une ouverture à sa base et devait s'élever à plus de 13 m au-dessus du sol. La façade du four comportait quatre ouvertures. L'une, au niveau du cendrier, servait à charger le combustible dans le foyer. Une autre, à la verticale de l'avant-creuset, était flanquée de deux portes : par ces trois ouvertures les ouvriers remuaient le minerai au cours de la fusion. Sur le côté, une quatrième, percée à proximité de la cheminée, permettait d'évacuer les crasses à la fin de la fusion, avant de recharger le four. L'ensemble de la structure était consolidé par un réseau de tirants de fer.

## 80 - Four de réduction du plomb



Voyages Métallurgiques ou recherches et observations de Jars, tome II, pl. 27.  
Bibliothèque de l'École des Mines de Paris

- 12 Dans le neuvième mémoire du troisième tome des *Voyages métallurgiques*, Jars décrit, trois ans plus tard, de nouveaux procédés pour traiter les minerais d'argent et de cuivre ainsi que ceux d'argent, de cuivre et de plomb<sup>100</sup>. Avant d'entrer dans le détail de son explication, il fait de nouveau référence à la méthode des Anglois, qui est exécutée avec beaucoup de succès en Basse-Bretagne, pour traiter par la fonte les minerais de plomb et ceux de plomb et d'argent<sup>101</sup>. Il précise que les fours anglais à réverbère nécessaires à la première fonte sont appelés cûpols. La première opération consistait à chauffer lentement le fourneau pendant six heures, afin de griller le minerai, tandis qu'on le remuait souvent pour qu'il présente plus de surface au feu. On ajoutait du charbon de terre et de la chaux. Elle absorbe sans contredit une partie du soufre, mais sa principale action est de s'unir à l'acide vitriolique qui peut demeurer uni au métal. L'opération comprenait trois coulées et durait une quinzaine d'heures pour vingt quintaux de minerai traités. Chaque coulée était ainsi de moins en moins riche en argent.
- 13 Enfin, les ingénieurs des mines Beaunier et Gallois rapportent, dans le *Journal des Mines*, (Beaunier et Gallois an XIIb) les opérations de traitement du minerai de galène argentifère qu'ils ont observées à Poullaouen à la fin de l'an IX et au début de l'an X, c'est-à-dire à l'automne 1801 (Beaunier et Gallois an XIIb). Le texte et les illustrations confirment l'impression retirée de la lecture des *Voyages métallurgiques*. Les techniques n'ont guère évolué depuis le passage de Jars sur le site en 1769. Seul détail noté, le chargement ne s'effectue plus par une trémie placée sur la couverture du fourneau, mais par les portes latérales. Plus que sur la structure, la description des deux ingénieurs apporte des éclaircissements sur les techniques métallurgiques et sur le fonctionnement du fourneau. Ils distinguent cinq opérations, le grillage et la première

*fonte, le départ de l'argent contenu dans le plomb, c'est-à-dire la coupellation, le raffinage de l'argent, la fonte au fourneau à manche des résidus de la première fonte et de l'affinage et le traitement des litharges pures et de leurs crasses.* Seules la première opération et une partie de la dernière, la réduction de la litharge, nécessitaient l'usage du four à réverbère de type anglais, avec quelques modifications. Les auteurs sont presque muets sur cette cinquième phase.

- 14 Le type de combustible utilisé, houille, charbon de bois ou bois, n'est pas mentionné par Beaunier et Gallois, mais l'opération commençait avec le chargement de bûches par le *faiseur de feu* sur la grille du foyer. À deux reprises, des *menus bois* ou des brindilles étaient introduits dans le *bassin*, c'est-à-dire l'avant-creuset, la seconde fois pour débarrasser le métal en fusion de certaines impuretés avant de le verser dans des moules<sup>102</sup>. Les températures atteignaient 600° Réaumur, soit 750° C., lors de la première phase, le grillage, pour monter à 840° Réaumur, 1 050° C., lors de la seconde, qualifiée de réduction par les auteurs. La charge était plus importante qu'au temps de Jars, 2 600 livres contre 2 000, et l'opération semble durer une quinzaine d'heures. Dans le traitement d'une grande quantité de minerai au four à réverbère, la transformation restait incomplète et les résidus n'étaient pas homogènes. Ils pouvaient contenir du *plomb sulfuré*, sans doute de la galène, du *plomb oxydé* et du *plomb métallique*<sup>103</sup>.
- 15 De la comparaison des résultats des fouilles avec les descriptions contemporaines de l'exploitation, il ressort que les structures retrouvées au martinet du Vernay sont bien celles d'un four à réverbère de modèle anglais, utilisé pour le grillage et la première fonte du minerai de plomb (**fig. 81**). Seules quelques différences minimales le distinguent des appareils de Poullaouen et de Derby. À Pampailly, deux orifices latéraux permettent d'accéder à la base de la cheminée pour la nettoyer. Elle n'est pas enclavée dans le mur de clôture de l'atelier, l'avant-creuset extérieur est carré et l'accès au cendrier, en raison du relief, se fait par une galerie et non par un escalier. Le fourneau se distingue des autres surtout par ses dimensions moindres (**tableau 7**).

## 81 - Le Vernay, restitution en coupe du four de réduction de Pampailly (XVIIIe s.)

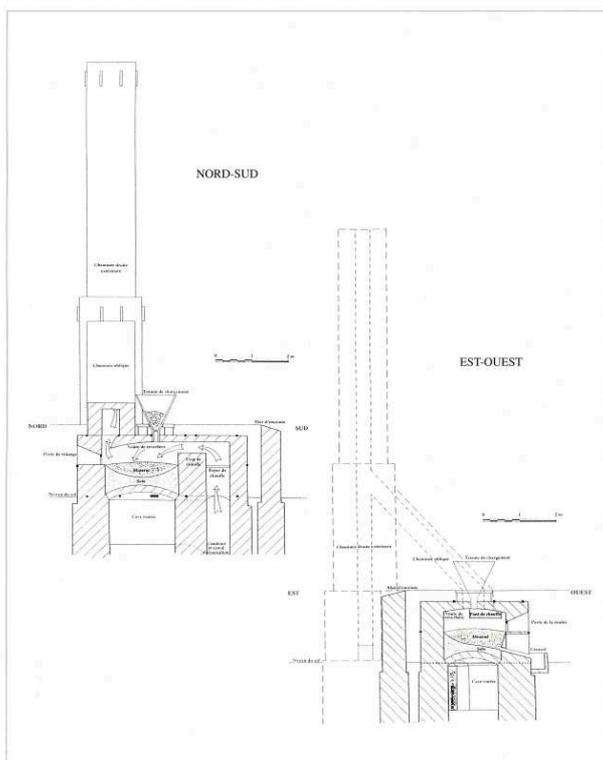


Tableau 7. Comparaison des fours utilisés pour le grillage et la première fonte du minerai de plomb

	Longueur hors-tout	Largeur hors-tout	Longueur de la sole	Largeur de la sole
Derby	6,6 m	4,3 m	3,25 m	2,6 m
Poullaouen	5,4 m	3,2 m	2,8 m	1,8 m
Pampailly	4,8 m	3 m	1,8 m	1,2 m

- 16 Comme en Angleterre, la houille, stockée dans la partie ouest de l'atelier, alimentait le foyer et la chaux servait à se débarrasser du soufre<sup>104</sup>. Les ouvriers devaient intervenir au cours de l'opération de la fusion, de même que leurs homologues anglais, par des ouvertures pratiquées sur le devant du four et fermées par des portes métalliques.
- 17 Les analyses au microscope optique à réflexion et au microscope électronique à balayage (M.E.B.) de fragments de minerai retrouvés au fond de la fosse du moulin et des particules métallifères concentrées autour de l'avant-creuset du four, confirment l'interprétation des informations archéologiques à la lueur des textes. Le minerai traité était de la galène, accompagnée de divers sulfures et carbonates dont certains argentifères<sup>105</sup>. Les particules métallifères se composent d'un agrégat provenant de minerai essentiellement plombifère, préalablement broyé, ayant subi un traitement thermique. Des fragments de galène encore abondants baignent dans une matrice de plomb, comme si la réduction du minerai n'avait pas totalement abouti : on retrouve là les inconvénients mis en avant par Beaunier et Gallois à Poullaouen. Le microscope électronique à balayage a en outre permis de déceler à la surface de ces particules les traces de cellules bien conservées appartenant à des fragments végétaux épigénéisés par du sulfate et des sulfures de plomb. Elles peuvent correspondre aux « balayures de bûcher » et « feuilles sèches » ajoutées dans le bassin en fin d'opération à Poullaouen.

- 18 Les techniques appliquées à Pampailly étaient celles qui se pratiquaient à la même époque à Poullaouen. Seul, sans doute, un usage plus abondant du charbon distinguait Pampailly de la Basse-Bretagne où, semble-t-il, la raison principale du choix de l'appareil tenait à la nécessité de se passer de souffleries hydrauliques<sup>106</sup>.
- 19 En croisant les données de la fouille, des textes, et des analyses de laboratoire, il apparaît que le four retrouvé à Pampailly appartient à un type de four à réverbère, encore peu employé en France, que les Anglais utilisaient déjà pour produire du plomb. Il fonctionnait selon le procédé actuellement connu sous le nom de *grillage partiel et réaction*<sup>107</sup>. À Pampailly, l'opération de grillage partiel et réaction se situait dans la chaîne opératoire suivante : après son extraction, le minerai était concassé puis lavé avant d'être grillé et en partie réduit dans le four. Les installations de grillage que le site connaissait au Moyen Âge étaient devenues inutiles. Les prospections et les sondages effectués au sud du four n'ont révélé aucune trace d'un atelier d'affinage du minerai. Il est fort probable que les *Intéressés* séparaient l'argent du plomb par coupellation en dehors du site de Pampailly.
- 20 Les vestiges métallurgiques confirment que l'exploitation du XVIIIe s. à Pampailly, si elle a dépassé la durée affirmée par les érudits du siècle dernier, a été relativement brève, comme l'attestent l'épaisseur centimétrique des couches d'occupation industrielle et la faible quantité de déchets de traitement du minerai. Une médiocre production de la mine, épuisée sans doute par l'exploitation médiévale, est certainement la raison majeure de l'abandon du site. S'ajoute la discorde entre les *Intéressés*, mais ce fait mis en avant par certains, résiste mal quand on considère l'importance des investissements. L'état dans lequel le four a été découvert prouve qu'il a énormément souffert : les briques et les pierres qui le composaient ont fondu (**fig. 82**). Erreur dans la conduite de l'appareil ou utilisation d'un nouveau combustible encore mal maîtrisé, la houille ? La question reste posée<sup>108</sup>. Mais, qu'un échec technique ait contribué à la disparition des installations de traitement reste une hypothèse à ne pas écarter. Les fouilles et les analyses à venir, l'étude des textes, une meilleure perception des problèmes physicochimiques posés par l'usage de la houille dans une opération de grillage partiel et réaction pourront sans doute préciser ce point. Mais cette hypothèse ne saurait tout expliquer. Si la mine avait été productive, d'autres équipements auraient remplacé les appareils défectueux. Un four qui brûle n'a jamais fait disparaître une entreprise en croissance.

## 82 - État du four à sa découverte



- 21 Quoi qu'il en soit, les Jars et leurs associés ont utilisé la houille à Pampailly pour la production du plomb d'œuvre au moment même où ils réalisaient, à Chessy et à Saint Bel, leurs expériences de fusion du cuivre au charbon de terre. Autant d'étapes qui conduisent vers l'utilisation systématique du combustible minéral dans la métallurgie et qui mènent à la fonte au coke.

## Pampailly dans son contexte européen

- 22 Comme au XVe s., dans le domaine des techniques minières, Pampailly a joué un rôle novateur dans la métallurgie de la fin du XVIIIe s. Si elle n'a pas été le grand centre de production qu'elle fut au Moyen Âge, Pampailly, à la veille de la Révolution, apparaît en revanche comme un centre où de nouvelles techniques ont été expérimentées dans le but, sans cesse présent à l'esprit de Jars, d'abaisser les coûts de production, en économisant le bois, très cher, en réduisant la durée du travail et en limitant au maximum les pertes de métal.
- 23 Cet effort de rationalisation de l'exploitation des minerais est un phénomène européen (Wollmann 1992, Benoit 1994 c). À Pampailly, les influences britanniques et germaniques sont sensibles et significatives. Le modèle du four est anglais. Les Anglais ont joué un rôle primordial dans l'évolution des fours de fusion réductrice, en particulier dans la réalisation et l'utilisation des fours à réverbère et dans l'utilisation de la houille : dès les dernières décennies du XVIIIe s. ils utilisèrent des fours à coupole, ancêtre des fours à réverbère. En revanche, ils n'ont guère fait porter leurs efforts sur l'amélioration des techniques de traitement préalable, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'ils ne produisaient guère de métaux précieux. Les Anglais traitaient la galène pour le plomb et non pour l'argent. Aussi, la possibilité de se passer d'énergie hydraulique, tout comme l'économie de combustible, ou le passage du charbon de bois à la houille, leur semblaient plus importants que la perte d'une certaine quantité de minerai (Gill 1994). Avec Poullaouen, où le manque de ressources hydrauliques semble avoir été le facteur déterminant pour l'adoption du procédé anglais, et Pampailly, où le coût du charbon de bois orienta la démarche de Jars, se dessine l'adoption par la métallurgie française d'un

type de four dont l'usage bouleverse les conditions de transformation des minerais au cours du XIXe s. (Brulé 1994). Dès les décennies suivantes, des fours à réverbère équipent les usines de Pesey-Nancroix en Savoie. Par contre, dans le domaine de la préparation des minerais, le monde germanique n'a jamais cessé d'être novateur. Daubuisson insistait sur la supériorité nouvelle de la Saxe grâce à la mise au point de nouvelles tables de lavage, mais le mouvement d'innovation est plus général (Daubuisson an X). En Transylvanie, extrémité sud-orientale de la province minière germanique, les travaux de techniciens, en particulier ceux de Biberger, contribuèrent à accroître le rendement et la productivité du concassage et du lavage des minerais aurifères (Wollmann 1992). Or, le bocard de Pampailly s'inspire du modèle de Freiberg et les installations de lavage, comme les tables allemandes de Poullaouen, semblent être bâties selon un modèle germanique.

- 24 Grâce à des ouvriers issus du monde germanique, à des « ingénieurs » au contact avec toute l'Europe et plus particulièrement avec l'Angleterre, la minéralurgie et la métallurgie de Pampailly s'inscrivent dans un cadre novateur, adoptant et adaptant des modèles venus de pays étrangers. La circulation des ouvriers et des techniciens, passant d'une région à l'autre, a sans doute continué, comme au XVe s., à être un vecteur de transmission des techniques. Mais l'exemple des Monts du Lyonnais prouve que d'autres voies de transfert des connaissances techniques existent alors. Dans ses *Voyages métallurgiques*, Jars montre bien comment circule alors l'innovation. À deux reprises, pour le grillage des minerais et pour la construction et le fonctionnement du grand four à affiner le cuivre à Chessy<sup>109</sup>, il évoque d'abord la lecture du traité de Schlutter traduit en français par Hellot (Schlutter, Hellot trad. 1750), qui lui fait prendre conscience de l'innovation, puis, dans un second temps, il fait part de sa visite sur les lieux, Goslar ou Sainte-Marie-aux-Mines. De l'information par l'écrit, il passe à une connaissance plus concrète. Quoique le cas de Jars soit exceptionnel, il s'agit d'un savant envoyé par le gouvernement royal pour s'informer des nouveautés susceptibles d'améliorer la production des métaux en France, sa démarche est significative d'une diffusion des connaissances techniques qui passe désormais, au moins en partie, par l'écrit.
- 25 Malgré une production certainement limitée, la mine de Pampailly apporte à l'histoire des techniques minières et métallurgiques des données qui mettent en évidence, à côté du problème, alors fondamental, du charbon, le niveau technique atteint par la métallurgie des non-ferreux en France, mais qui éclairent également sur les moyens de diffusion de l'innovation.

---

## NOTES

96. À Pampailly, le charbon servait dès le XVe s. à forger les outils, voir chapitre 1.

97. Les travaux d'Abraham Darby furent décisifs, il utilisa d'abord le coke pour fondre le cuivre, puis en 1709 il obtint un fer de bonne qualité à partir du coke. Il maîtrisait bien la technique de la fonte ; en 1712 la production de machines de Newcomen lui ouvrit un marché, celui des cylindres de machines à vapeur.

98. "L'industrie des Anglois surmonta dans la suite les difficultés, et parvint par des opérations assez simples au but désiré, c'est-à-dire à ôter au charbon minéral ses qualités nuisibles à la fonte des métaux ; les Anglois reconquirent bientôt tous les avantages de cette découverte, mais ils faisoient un mystère de leurs procédés, et la France à peine instruite de leurs succès n'en partageoit point le bénéfice lorsque feu M. Jars, de l'Académie royale des Sciences, et Associé de celle de Lyon, fut envoyé en l'année 1765 par le Ministère en Angleterre, pour y faire des observations sur divers objets relatifs à l'avancement du commerce et des Arts" (Jars 1774, I, p. 326).

99. Le quatrième mémoire des *Voyages métallurgiques* de Jars, t. III, 1781, pp. 112-124, s'intitule "Méthode avantageuse de griller les mines de cuivre pauvres, mise en pratique aux mines de Chessy en Lyonnais". Ce chapitre reprend le texte d'un mémoire adressé à l'Académie des Sciences en 1777.

100. Neuvième mémoire "Observations métallurgiques sur la séparation des métaux, ta méthode la plus avantageuse de traiter les minerais d'argent et cuivre, et de faire le départ par la voie sèche des matières d'argent et cuivre tenant or, seconde partie" (Jars, *Voyages métallurgique*. III, 1781, p. 274).

101. La description de Poullaouen par Beauquier et Gallois précise que Jars avait visité le site en 1769, date qui correspond à celle de la rédaction du mémoire édité dans les *Voyages métallurgiques*.

102. Au début de l'opération, on met du "menu bois" dans le bassin, c'est-à-dire le fond de la sole (Beauquier et Gallois an XII b, p. 198), puis en fin d'opération "on jette dans le bassin une demi-brouette de balayures de bûcher, et une livre et demie de résine que l'un des aides ajoute par petites portions, tandis que le chef, muni de l'écumoire, agite rapidement le métal, et met toutes ses parties successivement en contact avec les matières combustibles qui surnagent. L'inflammation extrêmement vive que la résine communique aux feuilles sèches, et aux brins de bois avec lesquels elle se trouve mêlée, élève singulièrement la température à la surface du bain, et détermine la réduction complète de toutes les parties que l'ouvrier y amène" (Id. p. 202).

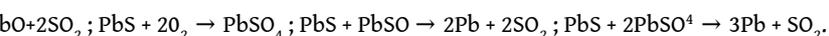
103. "C'est ainsi qu'une portion considérable du soufre résiste au grillage, que le métal qui en a été séparé n'est qu'en partie réduit, et que le résidu du travail contient encore du plomb sulfuré, du plomb oxydé et même du plomb métallique répandu dans la masse en gouttelettes très divisées qui n'ont pu se réunir pour couler dans le bain" (Id. p. 194).

104. L'action de la chaux transforme les sulfures en oxydes selon la réaction :  $\text{PbS} + \text{CaO} \leftrightarrow \text{CaS} + \text{PbO}$ . La chaux est encore utilisée en sidérurgie pour éliminer le soufre de manière courante.

105. Analyses effectuées au Laboratoire de Géologie et d'Évolution des Milieux naturels de l'Université Pierre et Marie Curie par François Boyer et Philippe Blanc. Les minéraux décelés sont, outre la galène, la chalcopirite, des sulfures de cuivre à inclusions d'argent, des carbonates de cuivre, des sulfures doubles de cuivre et d'argent (stromeyerite) et du cuivre gris argentifère (freibergite).

106. Renseignements communiqués par Anne-Françoise Garçon.

107. Dans ce procédé, la galène est transformée directement en métal, en une seule opération métallurgique, selon l'ensemble des réactions suivantes :



Ces réactions sont intéressantes parce qu'elles permettent d'obtenir le plomb métallique à partir de la galène crue en n'utilisant que peu ou pas de carbone pour la réduction (Lheraud 1974, p. 37).

108. Jars a lui-même observé les dégâts que peut causer l'utilisation du coke dans de telles opérations : "L'on ne s'étonnera pas de cette différence, si l'on remarque que la chaleur des coaks est bien plus vive que celle du charbon de bois" (Jars 1774, I, p. 335).

109. Méthodes avantageuses pour griller les mines de cuivre pauvres, mise en pratique aux mines de Chessy en Lyonnais" (Jars 1774, Quatrième mémoire, t. III, pp. 125- 139). Description d'un grand fourneau à raffiner le cuivre, construit au mois d'août 1755, dans les mines de Chessy en Lyonnais, dans lequel on raffine tout le cuivre provenant des dites mines et celles de Saint-Bel" (Jars 1774, Cinquième mémoire, pp. 112-124).

# Conclusion

---

- 1 Il est difficile de conclure, car ce livre ne présente qu'une étape de la recherche.
- 2 Le site de Pampailly est loin d'avoir livré toutes les informations qu'il contient. Les prospections, menées depuis quinze ans maintenant, les campagnes de fouilles de 1995 et 1996, montrent à quel point le travail à effectuer reste important (**fig. 83**). Les fouilles prévues sur l'affleurement du filon permettront de mieux comprendre les débuts de l'exploitation, les techniques employées par les paysans mineurs du XIV<sup>e</sup> s., l'importance des travaux effectués par Jossard, mais aussi, peut-être, de vérifier ou d'infirmier les hypothèses qui ont pu naître de la découverte de fabrication de charbon de bois par les Gaulois. Pour s'en tenir à la partie du site la mieux connue, Le Vernay, les travaux à venir pourront apporter des données neuves au moins dans deux domaines. Ils devraient aboutir à une chronologie plus fine de l'histoire du site, afin de connaître les phases de l'exploitation et peut-être d'estimer la part jouée par les héritiers de Jacques Cœur ou leurs successeurs. Autre domaine qui devrait bénéficier de la poursuite des travaux archéologiques sur cette partie du site : l'histoire de la métallurgie de non-ferreux au XV<sup>e</sup> s. en France, mais aussi en Europe, secteur industriel parmi les plus innovants à l'aube de la Renaissance. La question se pose de savoir si, à Pampailly, les métallurgistes n'utilisaient pas déjà le procédé de traitement du cuivre par liquation et ressuage, le *Saigerprocess* des Allemands. Problème essentiel quand on sait l'importance du cuivre argentifère dans l'économie européenne de l'Europe au XV<sup>e</sup> et au début du XVI<sup>e</sup> s., lorsque l'argent reste la base de la fabrication de la monnaie, au temps où le cuivre devient une matière stratégique utile à la frappe des monnaies divisionnaires comme à la fonte des canons. Or, pour l'instant, nos connaissances en ce domaine, même si elles ont considérablement progressé au cours de ces dernières décennies, restent très théoriques, fondées sur des comptes ou sur le *De re metallica* d'Agricola publié seulement en 1556. Seuls la fouille et les travaux de laboratoire pourront apporter des réponses à ces questions. Or, le site de Pampailly peut proposer des solutions à ces problèmes comme à bien d'autres.

## 83 - Le Vernay rive gauche



Atelier de traitement du plomb découvert en 1996

- 3 Constat d'une étape plus que synthèse, ce livre permet cependant d'avancer un certain nombre d'hypothèses et même de conclusions. Tout d'abord, les résultats obtenus confirment la démarche initiale : il est impossible de retracer l'histoire de l'activité minière de la fin du Moyen Âge sans croiser les données fournies par le terrain, les textes et le laboratoire. Si, au départ de l'étude, se trouvent des documents laissés par le procès de Jacques Cœur et ses suites, le *Journal* du Procureur Dauvet et les *Comptes* de Pierre Granier, il n'a été possible de comprendre l'organisation spatiale de la production, les techniques mises en œuvre, les conditions de travail des mineurs, la culture technique des exploitants et la chronologie du site que grâce aux prospections, aux fouilles et aux analyses. À bien des points de vue, les opérations archéologiques menées sur le site ont été novatrices, que ce soit dans le domaine de la fouille d'une galerie d'accès à une mine, de l'utilisation de la géophysique sur un site minier ou encore de l'analyse des outils. L'étude des pointerolles des mineurs, l'outil du Moyen Âge et de la Renaissance sans doute le mieux connu, a commencé à Pampailly (**fig. 84**). Les recherches ont acquis un caractère archéologique de plus en plus prononcé au fil des années, mais sans que cesse jamais le dialogue entre les textes et le terrain. La qualité des sources, les *Comptes* et le *Journal* de Dauvet n'a jamais été remise en question par les données de l'archéologie, mais elles ont, cependant, conduit parfois à une lecture nouvelle, à la fois plus rigoureuse et plus nuancée, des documents. Certaines contradictions ont été résolues, ainsi en était-il du sommet de la montagne où devait se trouver le Puits du jour, ou encore de la surface de la forge du Vernay beaucoup plus petite que le bâtiment dégagé. En fait la surface concernée du Vernay n'était pas celle de la construction, mais plutôt d'un agrandissement et Dauvet ne considérait pas, dans sa description, le sommet de la colline, mais le point le plus haut du passage du filon à Pampailly. Surtout l'archéologie fournit des datations qui remettent en cause la vision qu'une interprétation trop rapide des textes, ou de leurs silences, avait imposée aux historiens. Il est maintenant évident que la mine restituée aux héritiers de Jacques

Coeur n'était pas une entreprise en perdition, qu'elle a continué à fonctionner activement pendant des années, et que l'Argentier a très probablement repris, en 1444, une exploitation qui connaissait une certaine activité. Ainsi, pour intéressantes qu'elles soient par elles-mêmes, les méthodes utilisées à Pamapilly ont surtout l'intérêt d'avoir permis d'accéder à une connaissance d'une toute autre ampleur que celle des historiens qui se fondaient sur les seules sources écrites.

#### 84 - Pointerolle du XVe s. retrouvée sur le site de Pamapilly



Macrographie de l'outil scié dans sa longueur, l'insert d'acier apparaît en clair.

- 4 Il devient maintenant possible de replacer l'histoire de Pamapilly dans un contexte plus large. Les recherches sur les mines de métaux non-ferreux du Moyen Âge et de la Renaissance se sont largement développées depuis une vingtaine d'années. Si à ce jour les mines du haut Moyen Âge, malgré les travaux en cours à Melle et quelques résultats obtenus dans les Vosges, restent encore mal connues, si les exploitations datées des XIe et XIIe s. ne commencent qu'à être perçues dans quelques régions et n'ont encore fait l'objet que de très rares publications, l'histoire de l'exploitation des métaux non ferreux aux XIIIe et XIVe s. a largement progressé. Malgré des sources écrites souvent lacunaires, il apparaît que les mines argentifères ont connu alors un développement important aussi bien en Europe centrale, en Bohême, en Forêt Noire ou dans le Harz, que dans la péninsule italienne en Toscane ou en Sardaigne. Dans ce contexte européen le territoire français actuel a participé à cet essor, sensible dans le Massif Central, les Pyrénées, mais plus particulièrement dans le monde alpin, à Brandesen-Oisans, à Hurtières ou à L'Argentière-la-Bessée. Au XIVe s., lorsque l'Occident s'enfonce dans une dépression d'une ampleur considérable, la crise frappe l'extraction minière : nombre de sites arrêtent leur production au milieu du XIVe s. Cependant, les besoins d'un état naissant, d'une économie menacée conduisent à la recherche de métal monétaire. C'est

dans ces conditions que, profitant d'une rémission de la crise dans les années 1380, Jean Jossard lance à Pampailly une exploitation d'envergure sur un site déjà découvert sans doute par des paysans. L'intervention des capitaux urbains transforme un ensemble de points d'extraction sur les affleurements du filon en une vaste mine souterraine. Ce premier essor est brisé par une recrudescence des difficultés économiques et des troubles politiques, mais au terme de deux à trois décennies d'abandon, l'exploitation repart et Jacques Cœur, en bénéficiant de ses possibilités financières et de l'appui royal, relance l'entreprise dans une conjoncture nouvelle.

- 5 Au milieu du XVe s., au moment où la croissance reprend, mais où l'Occident reste encore marquée par un siècle de difficultés extrêmes, l'activité minière européenne apparaît profondément modifiée. La production d'argent du monde alpin et méditerranéen s'effondre, alors que celle de l'Europe centrale, vieille terre de tradition métallurgique, se développe fortement au moment de la reprise. C'est dans ce monde que les exploitants de Pampailly vont chercher les sources de l'innovation. Des techniciens allemands apportent avec eux des techniques nouvelles, sans doute mises au point à la veille de la crise, mais qui n'avaient pu se développer faute du support d'une activité économique suffisante. Relancée avec des moyens importants, ceux de Jacques Cœur puis de la monarchie, Pampailly peut donc bénéficier des nouvelles techniques. Elles se manifestent dans le creusement du travers-banc du Vernay, longue galerie destinée d'abord à évacuer les eaux de la mine, mais qui devient grâce à la mise en place d'une voie de roulage portant de petits chariots de bois, un axe essentiel pour le transport de produits à l'intérieur d'une exploitation. Cette innovation, le roulage, est capitale, elle conditionne une nouvelle organisation de l'espace souterrain, la possibilité d'aller plus loin et plus profond, elle est un des fondements essentiels de la nouvelle organisation de l'espace minier souterrain, du système d'exploitation des mines de la Renaissance. Très sensibles dans les techniques minières, les innovations commencent à apparaître dans les opérations de traitement du minerai ; que ce soit dans le lavage, où des installations de systèmes complexes apparaissent, ou dans le traitement d'affinage du cuivre argentifère. Ainsi au XVe s. Pampailly se présente comme un site d'innovation, de façon certaine dans le domaine de la mine, et très probable dans celui de la métallurgie.
- 6 L'innovation est tout aussi présente dans l'histoire de Pampailly au XVIIIe s. Là encore interviennent des capitaux urbains, ceux de Lyon apportés par l'association des *Intéressés* aux mines de cuivre du Lyonnais. Les *Intéressés* relancent, en quelques années, l'exploitation du site avec des techniques jusque-là très peu répandues sur le continent européen. Non dans l'extraction minière qui reprend largement les structures mises en place au XVe s. et se contente d'y appliquer des méthodes et des appareils connus depuis le XVIe ou le XVIIe s., ainsi l'abattage à la poudre et les pompes hydrauliques, mais bien dans le traitement des minerais. Sous l'influence de la famille Jars, Pampailly a été un des lieux où l'utilisation de la houille en métallurgie de base a été introduite en France. Alors que les frères Jars ont cherché à Chessy à réduire le minerai de cuivre avec du charbon de terre, c'est à Pampailly que, sans doute pour la première fois sur le territoire français, de la galène était traitée à la houille dans un four de réduction d'un type encore peu répandu, un four à sole de modèle anglais. Étape très importante sur la voie qui conduit à la généralisation de l'usage de la houille en métallurgie extractive, un des fondements de l'essor de la métallurgie au XIXe s.

## Annexe. La vaisselle de terre de Pampailly

---

*Remerciements à Julie Leguay pour son étude de la céramique du site de Pampailly*

- 1 Les fouilles de Pampailly n'ont livré, eu égard à l'ampleur des travaux, qu'une petite quantité de tessons de céramique culinaire. Ces tessons n'apportent en général que peu d'informations sur la chronologie du site puisqu'ils proviennent de terrains bien datés par ailleurs, soit par les textes soit par la dendrochronologie. Leur étude n'en revêt pas moins une importance certaine. Elle permet de mieux connaître les conditions de vie des mineurs, les pots dans lesquels ils faisaient leur cuisine, la vaisselle dans laquelle ils s'alimentaient. Cette recherche rejoint une enquête au champ beaucoup plus large et dont les résultats ont été récemment publiés dans un ouvrage coordonné par Elise Faure-Boucharlat, *Pots et potiers en Rhône-Alpes. Epoque médiévale, époque moderne* (Faure-Boucharlat *et alii* 1996). Les données recueillies sur le site de Pampailly peuvent ainsi contribuer, dans les limites annoncées plus haut, à une meilleure connaissance des productions régionales et de leur diffusion.
- 2 Cette brève étude laisse de côté une part importante de la terre cuite retrouvée sur place car, non seulement la céramique architecturale n'est pas prise en compte, mais les tessons provenant du poêle à pots sont présentés par ailleurs. Ils constituaient cependant en 1991 22,2 % des fragments de céramique récoltés sur le site. Enfin ces pages, fondées sur l'étude effectuée par Julie Leguay dans son mémoire de maîtrise : *La céramique du site minier de Pampailly*, soutenu en 1992, ne tiennent pas compte des découvertes importantes effectuées au cours des étés 1995 et 1996 qui apporteront des données nouvelles sur la céramique culinaire utilisée au XVe s.
- 3 Le *corpus* de céramique constitué jusqu'en 1991 à Pampailly totalise 1487 tessons, soit un poids de 22,589 kg. Il laisse de côté un certain nombre d'individus isolés découverts lors de sondages à la pelle mécanique et dont les caractéristiques s'avéraient insuffisantes. Ce *corpus* apparaît donc relativement pauvre et révélateur de la nature même du site fouillé : une importante exploitation minière où l'habitat reste encore largement à découvrir.

## Localisation des découvertes

- 4 Même si des tessons ont été découverts en de multiples points du site, en particulier lors des fouilles effectuées sur un système hydraulique qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres, leur éparpillement, la difficulté à établir une stratigraphie dans un colluvionnement très homogène, font que leur apport à la connaissance du site reste très peu important. Il s'agit essentiellement de petits fragments de poterie attribués au XVIIIe s. En revanche, la céramique est abondante en deux secteurs : la forge du Vernay et les installations métallurgiques du XVIIIe s. situées à proximité.

### La forge du Vernay

- 5 Aucun fragment de poterie n'a été ramassé à l'intérieur de la mine, rouverte en 1981. Le mobilier céramique est apparu en revanche non négligeable lors de la fouille des constructions situées sur le carreau de la mine au Vernay. En 1983, une forge à laquelle était liée une habitation a été dégagée. La céramique datée du XVe s. provient essentiellement de cette partie de la fouille. Quatre niveaux d'occupation ont pu être mis au jour, trois médiévaux, s'étagant du tournant du XIVe au XVe s. jusqu'à la fin du XVe s. Le dernier niveau correspond à la reprise du XVIIIe s., mais cette dernière phase n'a laissé que peu d'artefacts non métalliques. La céramique culinaire, retrouvée sur cette partie du site, n'est qu'une petite partie du mobilier médiéval représenté surtout par les vestiges du poêle.

### Les installations métallurgiques du Vernay

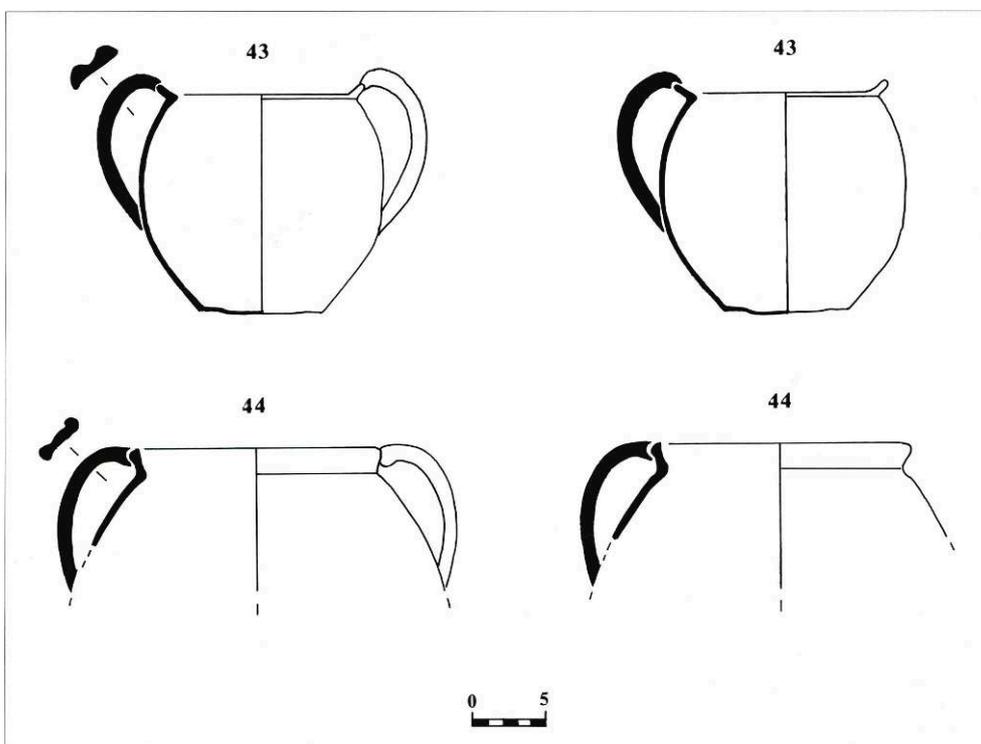
- 6 Les secteurs dits du martinet du Vernay ont été cependant les principaux fournisseurs de céramique. Le cadastre napoléonien témoignait de la présence, encore dans le premier tiers du XIXe s., d'une habitation d'agriculteurs au Vernay. Située entre les tables de lavage du minerai et le four de réduction du XVIIIe s., elle a servi dans un premier temps de logement aux métallurgistes. En effet, à côté des tessons épars sur l'ensemble de cette zone de traitement minéralurgique, la quantité de céramique culinaire découverte dans le bâtiment apparaît considérable.
- 7 La moitié des tessons provient du secteur qui contenait l'emplacement des installations de bocardage et lavage du minerai ainsi que la maison d'habitation. Le logement des métallurgistes totalise à lui seul, sur une surface relativement restreinte, 15 % du *corpus*. La réutilisation agricole de ce bâtiment après la fin de l'exploitation minière et métallurgique a sans doute éliminé une certaine quantité de mobilier du XVIIIe s. En revanche elle a apporté sur le site des céramiques postérieures, du début du XIXe s.

### La vaisselle du XVe siècle

- 8 La fouille de Pampailly n'a livré, au moment où le *corpus* a été constitué, que très peu de vaisselle datant de l'occupation du XVe s. Les seuls récipients mis au jour sont en terre cuite, alors que les inventaires de la mine montrent une cuisine équipée d'une batterie complète et de la vaisselle en quantité suffisante pour nourrir les ouvriers logés sur place.

- 9 La fouille du bâtiment de la forge a livré deux témoins de ces pots à cuire. Ces deux pièces, n°43 et n°44, (**fig. 85**) correspondent indiscutablement à la marmite à pâte grise utilisée dans la région à cette époque. Les traces de feu visibles sur la panse et sur l'anse illustrent leur fonction. Ces céramiques tournées sont des récipients fermés, dont le diamètre à l'embouchure est inférieur au diamètre maximum de la panse, à panse globulaire et lèvre éversée vers l'extérieur, munis d'une anse plate verticale. Bien que les fragments exhumés n'autorisent pas à affirmer que ces marmites possédaient deux anses opposées, cette hypothèse est à considérer ; la marmite régionale était en effet munie de deux anses symétriques qui permettent de l'accrocher à la crémaillère.
- 10 Ces pots sont recouverts d'un fin revêtement glaçuré réparti de façon inégale à l'intérieur de l'objet et sur la lèvre. Il ne s'agit pas d'une glaçure épaisse et brillante comme celle qui recouvre les poteries de poêle. Le potier n'a certainement pas employé la même technique de revêtement ; l'oxyde a été directement saupoudré ou aspergé sur la pâte et non pas trempé dans la glaçure. L'objet semble d'une étanchéité médiocre. La pâte grise des deux objets correspond à un mode de cuisson réductrice.

#### 85 - Vaisselle du XVe siècle



### La vaisselle des XVIIIe et XIXe siècles

- 11 La très grande fragmentation des poteries constitue l'obstacle majeur pour l'étude de ce *corpus* particulier. Le problème concerne la reconnaissance des formes. Les pièces sont à tel point morcelées qu'il est souvent impossible d'identifier la morphologie de l'objet. La référence aux formes complètes connues ne peut se réaliser bien souvent que par le décor. Or, la plupart des éléments constitutifs du vaisselier du XIXe s. existent dès la seconde moitié du XVIIe s. Le site de Pampailly a connu un renouveau de son

activité minière et métallurgique à partir de 1764, mais aux activités industrielles a succédé la présence d'un établissement agricole indiqué sur la cadastre du début du XIXe s. Ainsi il est impossible, en raison du bouleversement qu'a connu le terrain, de distinguer en stratigraphie les tessons de la fin du XVIIIe s. de ceux du début du XIXe s. C'est pourquoi l'absence d'un instrument de datation plus fiable, telle l'analyse des formes, nous conduit à réunir la présentation des céramiques du XVIIIe s. et du XIXe s.

- 12 En contraste avec le Moyen Âge, les XVIIe et XVIIIe s. voient la multiplication des formes et des décors. La maîtrise de l'engobage et de la glaçure a largement contribué à cette révolution. Les poteries décorées aux engobes caractérisent la majorité des céramiques de Pampailly. Mais elles ne représentent pas un cas isolé : il s'agit en effet d'une des productions dominantes de l'époque moderne dans la région, ainsi que dans bien d'autres provinces.

## Les types de récipients

### Les poêlons et les casseroles

- 13 Les manches creux de poêlons ou de casseroles sont les seuls témoins du mobilier culinaire de Pampailly, avec un pot tripode. Il s'agissait certainement d'une petite marmite à réchauffer les sauces, placée directement dans l'âtre. Les poêlons et casseroles étaient en revanche posés sur le potager et servaient à faire mijoter les ragoûts et les potages à des températures réduites.
- 14 Sur les manches de poêlons, la glaçure intérieure a été appliquée par trempage, les traces de coulures visibles à l'extérieur de la pièce l'attestent. Cette glaçure brune, épaisse et peu brillante contient du manganèse. L'utilisation de ce type de revêtement peut faire dater ces pièces du début du XIXe s.

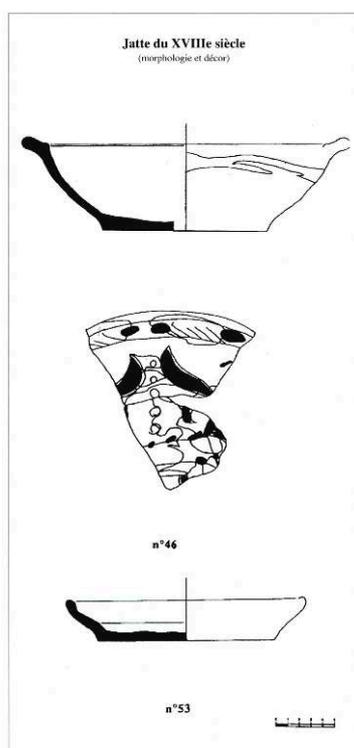
### Les jattes

- 15 La fouille a mis au jour deux récipients ouverts décorés aux engobes. Le premier possède des parois droites évasées. Le diamètre de l'embouchure mesure 30 cm et la hauteur, 9 cm. L'assise est plate, le fond légèrement concave. Le diamètre du fond mesure 11,5 cm. La lèvre, à l'extrémité en bourrelet, s'infléchit vers l'extérieur et provoque un ressaut à l'intérieur. Ce rebord horizontal — légèrement oblique — forme une corolle étroite autour de la pièce, le marli. Un engobe blanc appliqué par trempage recouvre toute la pièce, alors la glaçure ne s'étend que sur la partie interne.
- 16 Les parois évasées de la seconde jatte (**fig. 86 n° 46**) sont légèrement convexes. Sa surface externe est lissée. Ses dimensions, comparables à la pièce précédente, sont de 29 cm pour l'embouchure, 7,5 cm pour la hauteur et 14 cm pour le diamètre du fond.
- 17 Cette jatte dont la fonction est en principe restreinte à la préparation et la présentation des aliments, semble avoir joué ici un rôle culinaire. À l'extérieur, des traces noires de fumée sont en effet visibles sur l'assise, les parois et la lèvre. Ce récipient a été posé sur un réchaud, vraisemblablement à même les braises. Nous pouvons supposer qu'il était destiné à réchauffer les aliments, ou simplement à éviter qu'ils se refroidissent.

## L'assiette

- 18 Cette observation peut être également formulée pour l'assiette (**fig. 86 n° 53**), comme le confirme la présence de suie sur l'assise. Cette dernière, de forme plate, n'était cependant pas adaptée à la fonction culinaire. L'usage premier de cet objet était certainement le service de table. Le fond plat mesure 15 cm de diamètre. Les parois évasées forment une ligne continue légèrement concave au niveau du bas de la panse et convexe dans sa partie supérieure. Cette assiette possède un large marli oblique à extrémité en bourrelet.

### 86 - Vaisselle des XVIIIe et XIXe siècle



## Les écuelles

- 19 Les écuelles à oreilles forment le plus important ensemble identifié, il se divise en deux types.
- 20 Le premier possède des parois courbes évasées pourvues d'une carène dans la partie haute de la panse, l'assise est plate et le fond concave (**fig. 60 n°45**). Ces écuelles sont toutes pourvues d'oreilles horizontales ou obliques. La surface interne, l'oreille et la partie supérieure de la panse sont enduites d'un engobe marron décoré à la barbotine blanche (**fig. 87**). Une glaçure jaune recouvre le tout. Ces traits sont caractéristiques du type régional de l'époque moderne.
- 21 Le second type est représenté par un seul individu bien identifié. Les parois convexes évasées sont lissées. L'oreille prend attache sur la lèvre et le haut de la panse, ses côtés sont rabattus. La lèvre et la surface interne du vase sont enduites d'un engobe blanc recouvert d'une glaçure marron-orangé contenant vraisemblablement de l'oxyde de fer. L'oreille est uniquement glaçurée. Ce récipient semble avoir eu un usage double :

les traces de fumée qui s'étendent de l'assise à la lèvre démontrent sa fonction culinaire. Il peut être attribué au XIXe s.

### La faisselle

- 22 La fouille a livré les restes d'une faisselle destinée à préparer les fromages. Ses parois sont droites et parallèles. Les trous percés avant la cuisson, ainsi que la surface interne de la pièce, ont été enduits d'un engobe marron et d'une glaçure transparente. La glaçure est ici employée pour ses qualités d'étanchéité.

### Les pots à crème ou condiments

- 23 Des tessons provenant de pots semblables aux écuelles, mais de dimensions plus modestes et sans oreille. Ils devaient servir à conserver des crèmes et des condiments et pouvaient être pourvus de couvercles.

### Les anses

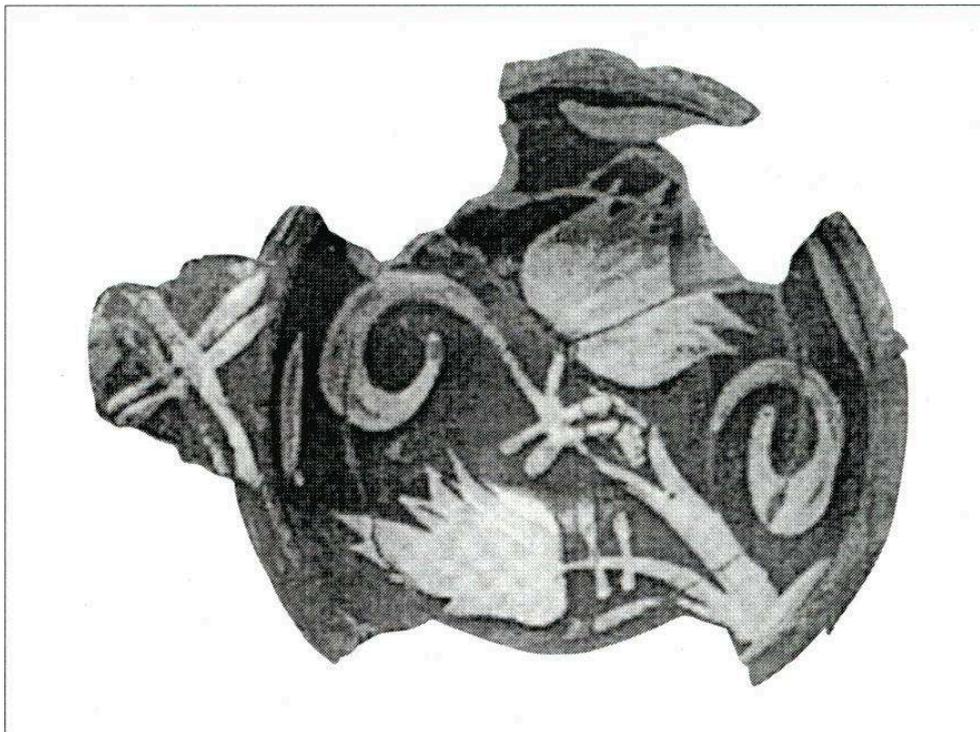
- 24 La découverte, sur le site, d'anses verticales plates et ovales suggère également l'emploi de cruches, marmites ou coquemars. Mais aucun de ces récipients n'a pu être reconstitué.

### Revêtements et décors

- 25 Dans le *corpus* étudié, 93,2 % des céramiques sont glaçurées. Il s'agit d'une glaçure plombifère parfois colorée par des oxydes secondaires tels le cuivre, le fer et le manganèse. Ce revêtement assure en premier lieu hygiène et étanchéité, mais sa maîtrise favorise aussi le développement de nouvelles teintes.
- 26 La décoration des poteries aux engobes concerne l'essentiel des fragments exhumés, soit 89,5 % des céramiques du *corpus*. Cet enduit apporte à la poterie une surface plus fine, plus dure et moins poreuse. Il permet d'autre part de modifier la couleur de la pièce.
- 27 Cinq catégories de décors aux engobes sont présentes à Pampailly. Les motifs géométriques sont les plus fréquents. On les trouve systématiquement sur les oreilles sous forme de frises, de barrettes parallèles ou de doubles bandes parallèles croisées. Les écuelles possèdent également des décors composés de cercles mêlés formant parfois des rosettes stylisées. Ces motifs sont exécutés sur un engobe sombre, marron le plus souvent, avec une barbotine claire, blanche et jaune. Les motifs floraux sont très stylisés : palmes, feuilles, tiges enroulées, fleurs, rosettes composées par des pois (**fig. 87**). Là encore, la barbotine claire sur engobe foncé domine. Ces décors aux engobes sont parfois rehaussés de taches vertes provoquées par l'ajout d'oxyde de cuivre. Les motifs tachetés ou mouchetés constituent la quatrième catégorie. Deux techniques sont alors employées. Les taches les plus observées sont réalisées par l'ajout d'oxyde, secondaires tels le cuivre, le fer, et le manganèse. Mais les taches peuvent être également créées par de la barbotine sur un engobe de couleur différente. Enfin, le motif jaspé ou baroque est caractérisé par le mélange d'engobes de couleurs diverses.

- 28 Les céramiques de Pampailly, à l'instar des poteries régionales de la même époque, présentent un éventail de motifs limité. Le sentiment de diversité des décors résulte de la combinaison et de l'exécution des motifs.

87 - Écuelle décorée à la barbotine blanche



### Les types particuliers

- 29 À côté de cette céramique décorée commune dans la région qui peut provenir de multiples ateliers, quelques types particuliers se distinguent. Ces pièces sont peu nombreuses, mais elles manifestent certaines tendances régionales et l'existence de courants commerciaux.

### La faïence

- 30 Peu répandue dans la région, la faïence est mal représentée dans le *corpus* puisqu'elle ne constitue, en nombre de tessons que 9,2 % du total des pièces pour les XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> s. Trois groupes apparaissent cependant : une céramique assez grossière, recouverte d'un émail stannifère d'un blanc terne, légèrement gris ; une faïence blanche à décor de bandes bleues, dues à la présence de cobalt ; des pièces caractérisées par un revêtement blanc à l'intérieur et pourpre-brun à l'extérieur, couleur due à l'emploi de manganèse. Le petit nombre des découvertes ne permet pas d'aller au-delà de ces seules constatations.

### La poterie de Meillonas et de Treffort

- 31 La fouille a livré, en très petit nombre, une céramique à pâte blanche, peu épaisse, recouverte à l'intérieur d'une glaçure brillante de couleur verte. Cette production

homogène a été identifiée comme appartenant au "service vert" de Meillonas ou de Treffort, localités situées près de Bourg-en-Bresse (Elise Faure-Boucharlat *et alii* 1996, pp. 17-74). Les fragments exhumés, noircis par endroits, composaient vraisemblablement des récipients culinaires. Il est d'ailleurs admis que cette céramique possède une bonne résistance au feu.

- 32 L'intensification du commerce du "service vert" de Meillonas vers la région lyonnaise est caractéristique du XVIIIe s. Même si la mine de Pampailly n'était pas en activité à cette époque, la céramique a pu être employée, il est envisageable que les quelques fragments découverts proviennent d'utilisations voisines. Quoi qu'il en soit, ces indices élargissent le champ de diffusion de ces productions vers l'ouest.
- 33 L'ensemble, nommé par comparaison "service orange", semble posséder les mêmes caractéristiques que le "service vert" à la seule différence que la pâte blanche est recouverte à l'intérieur d'une glaçure brillante de couleur orange. Ces récipients de petites dimensions servaient probablement à conserver les condiments ou les crèmes. Certains devaient même être dotés d'un couvercle et d'un manche. Il pourrait s'agir d'une production plus tardive de Meillonas, datée du XIXe s. Elle marquerait alors une des évolutions du "service vert" (Elise Faure-Boucharlat *et alii* 1996, pp. 17-74).

### La poterie de Larnage

- 34 La fouille a mis au jour un lot de céramique à pâte blanche revêtue à l'intérieur d'une glaçure jaune-paille. Un des fragments possède un support excentré. Son extrémité noircie témoigne d'une utilisation sur le feu. Il s'agit apparemment d'une petite marmite tripode, voire d'un poêlon muni de pieds. Ces caractéristiques se retrouvent dans les productions de Larnage-Erôme, dans la Drôme (Faure-Boucharlat *et alii* 1996, pp. 77-117). Une pâte kaolinique leur conférait des propriétés réfractaires élevées. Ce type, répandu au XVIIIe s., a fait son apparition sur le marché lyonnais à la fin du XVIIIe s. Son faible pourcentage à Pampailly reflète une réalité régionale : rares à Lyon et à Vienne au XVIIIe s., les productions de Larnage semblent cependant reprendre une part du marché délaissé par Meillonas.
- 35 Si peu nombreuses soient-elles, ces poteries témoignent des réseaux commerciaux des centres de production régionaux, encore mal connus hors des villes. Par quels moyens la mine — et plus généralement les campagnes du Lyonnais — se procuraient-elles ces poteries ? Les colporteurs étaient certes encore nombreux au XVIIIe s., mais il est plus vraisemblable que les usagers se fournissaient dans les villes — ou les grands villages — qui offraient foires et boutiques.

# Glossaire

---

- 1 **affinage ou affinaison** : en général, toute opération qui consiste à purifier le minerai ; dans le cas de Pampailly, il s'agit de séparer l'argent du plomb ou du cuivre.
- 2 **aéragé** : circulation de l'air à l'intérieur de la mine.
- 3 **carreau** : terme emprunté au vocabulaire des mines de charbon. Désigne l'emplacement aménagé à la sortie de la mine.
- 4 **basne** : panier destiné à contenir le minerai.
- 5 **barral** : récipient destiné à remonter l'eau.
- 6 **béal** : terme local pour désigner un bief détourné d'une rivière.
- 7 **blende** : sulfure de zinc, ZnS.
- 8 **cémentation** : traitement thermochimique destiné à modifier les propriétés d'un métal par contact avec un ciment porté à haute température. À Pampailly les opérations de cémentation avaient lieu à la forge pour transformer le fer en acier par adjonction de carbone, le ciment étant alors du charbon de bois.
- 9 **chien de mine** : terme employé par les mineurs français au XIXe s. pour désigner le petit chariot qui circulait sur les voies de roulage en bois.
- 10 **chalcopyrite** : sulfure de cuivre et de fer, CuFeS<sub>2</sub>.
- 11 **coupeellation** : opération d'oxydation différentielle du plomb argentifère. L'alliage est porté à température de fusion, de l'air, puisé par un soufflet, oxyde la surface de l'alliage en fusion. Lorsque l'opération est bien menée, le plomb s'oxyde alors que l'argent reste sous forme métallique.
- 12 **cuivre gris** : sulfure complexe de cuivre, il existe des cuivres gris.
- 13 **débouillage** : premier lavage du minerai au sortir de la mine.
- 14 **dépilage** : le terme possède un double sens : 1 - opération qui consiste à vider le filon de son contenu minéralisé ; 2 - lieu où se déroule cette opération.
- 15 **encaissant** : se dit de la roche dans laquelle le filon s'est mis en place.
- 16 **exhaure** : évacuation de l'eau de la mine.

- 17 **fleurets** : outils employés par les mineurs pour forer les trous dans lesquels ils plaçaient une charge de poudre. Les traces de fleurets sont caractéristiques des exploitations d'époque moderne.
- 18 **filon** : gisement de minerai métallique, ou de minéraux en masse allongée, qui se trouve au milieu de couches différentes.
- 19 **galène** : sulfure de plomb, PbS. La galène est le plus répandu des minerais de plomb. Elle peut contenir de l'argent.
- 20 **gangue** : partie du filon composée de minéraux considérés comme sans valeur. À Pampailly la gangue est constituée de baryte, de quartz et de calcite.
- 21 **grillage** : opération qui consiste à oxyder les minerais sulfureux sous l'action du feu afin de pouvoir les réduire par la suite.
- 22 **halde** : amas de stériles laissés par les mineurs hors de la mine. Le terme est parfois employé pour désigner les tas de déchets de traitement des minerais.
- 23 **limandes** : pièces de bois allongées formant la voie de roulage, le terme n'est pas employé dans les documents du XVe s. concernant Pampailly, il était d'un usage courant au XVIIIe s.
- 24 **martinet** : en général le terme est employé pour désigner un marteau hydraulique. À Pampailly, il sert pour désigner une installation métallurgique fonctionnant grâce à l'énergie hydraulique même si elle n'utilise pas de marteau.
- 25 **minéralurgie** : ensemble des opérations de préparation du minerai avant la fusion.
- 26 **muret** : nom donné à une installation destinées au grillage du minerai, terme équivalent à stalle de grillage.
- 27 **porche** : entrée d'un galerie horizontale de la mine.
- 28 **priffait, priffauteurs** : un travail à priffait est un travail payé à la tâche. Le terme de priffait désigne un contrat de ce type ; le priffaiteur est un ouvrier qui travaille à priffait.
- 29 **râble ou rouable** : outil en forme de râteau dont les dents sont remplacées par un planche perpendiculaire au manche.
- 30 **réduction** : phénomène chimique par lequel un corps composé abandonne l'oxygène qu'il contient.
- 31 **riblon** : déchet de fer ou d'acier.
- 32 **travers-banc** : galerie de circulation percée hors du filon, afin de relier les chantiers souterrains avec l'extérieur.
- 33 **scheidage** : opération de tri manuel accompagné d'un concassage au marteau pour isoler les fragments suffisamment riches en minerai.
- 34 **schlamms** : nom d'origine germanique donné aux résidus de lavage de petite taille, lorsque leur granulométrie est inférieure à 0,25 mm. De 0,25 à 1,5 mm on emploie le terme de sable.
- 35 **trousse ou trousseau** : fragments de fer ou d'acier corroyés, c'est-à-dire soudés par martelage à chaud, pour former une pièce de métal servant à mettre en forme un objet.

# Bibliographie

---

## Sources manuscrites

**Jars** : JARS (A.G.) : *Notice historique sur la richesse minérale des monts du Forez, du Lyonnais et du Beaujolais*. Archives Nationales - F 14 8132

Archives Municipales de Brussieu.

Registres paroissiaux de Bessenay et Brulliolles.

Matrices cadastrales.

Étude de Maître Cachard à Saint-Laurent-de-Chamousset, fonds du notaire Berger.

## Sources imprimées

**Ordonnances 1763** : *Ordonnances des rois de France de la troisième race*, t. X, Paris, 1763.

**Agricole, France-Lanord trad. 1987** : AGRICOLA (G.), FRANCE-LANORD (A.) trad. - *De re metallica*, Bâle, Forben et Bischoff, 1556. Réed. trad. France-Lanord (A.), Thionville, Klopp, 1987, 508 p.

**Beunier et Gallois an XII a** : BEAUNIER et GALLOIS.- De la préparation des Minerais à Poullaouen, *Journal des Mines*, vol. 16, n° 92, Floréal an XII, 1804, pp. 81-116.

**Beunier et Gallois an XII b** : BEAUNIER et GALLOIS Exposé des opérations qui s'exécutent à la Fonderie de Poullaouen, *Journal des Mines*, vol. 16, n° 93, Prairial an XII, 1804, p. 193.

**Biringuccio 1540** : BIRINGUCCIO (V.).- *De la pirotechnia*, libri X, Venise, 1540.

**Daubuisson an X** : DAUBUISSON (J.-F.).- Description raisonnée de la préparation des mines en Saxe, notamment à la mine de Beschert-Glück, *Journal des Mines*, vol. 12, n° 67, pp. 23 et suiv., n° 68, pp. 121 et suiv., vol. 13, n° 76, pp. 273 et suiv., n° 78, pp. 466 et suiv., 1802.

**Dauvet, Mollat éd. 1953** : DAUVET (J.), MOLLAT (M.) éd. - *Les affaires de Jacques Cœur Journal du Procureur Dauvet*, Paris, 1953.

**Dietrich an VIII** : DIETRICH (Baron de).- *Description des gîtes minéraux, tome Lorraine*, fac-similé de l'édition de l'An VIII, 1800, *Fédération du Patrimoine Minier*, Paris, 1986.

**Grandjean de Fouchy 1769** : GRANDJEAN DE FOUCHY.- Eloge de Monsieur Jars. In : *Histoires de l'Académie royale des Sciences*, 1769, p. 173, repris en introduction de JARS (A. G.), *Voyages métallurgiques*, Paris, 1774-1781, 3 tomes.

**Jars 1774** : JARS (A. G.).- *Voyages métallurgiques*, Paris, 1774-1781, 3 tomes.

**Lelivec an XII** : LELIVEC DE TREZURIN (H.).- Mémoire sur les mines de fer et les forges du département du Mont Blanc, vol. 17, n° 98, 1804-1805, *Journal des Mines*, pp. 123 et suiv.

**Monnet 1773 réimp. 1990** : MONNET (A.-G.).- *Traité d'exploitation des mines*, Paris, Didot, 1773, réimpression, Belfort, *Fédération du Patrimoine Minier*, 1990.

**Munster 1550** : MUNSTER (S.).- *Cosmographia universalis*, libri VI, Bâle, Apud Henricum Petri, 1550.

**Comptes** : RENDU (A. Th.).- *Comptes d'exploitation des mines de Pampailly et de Joux en Lyonnais, Comptes de Pierre Granier (1454-1457)*, Thèse, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, 1984.

**Schlutter, Hellot trad. 1750** : SCHLUTTER (C. A.), HELLOT (M.).- *De la fonte des minerais et des fonderies*, traduit de l'allemand et publié par M. Hellot, Paris, 1750-1753.

**Schwazerbergbuch, Winkelmann éd. 1977** : WINKELMANN (H.), (éd.) - *Schwazerbergbuch*. Bochum, 1977.

A ces sources il faut ajouter tous les rapports de fouille de Pampailly consultables à la Direction régionale des Affaires Culturelles de Rhône-Alpes, Service régional de l'Archéologie, ou au Centre de Recherches Historiques et Juridiques de l'Université de Paris 1, 9 rue Malher, 75004 Paris.

## Articles et ouvrages

**Alexandre-Bidon 1990** : ALEXANDRE-BIDON (D.).- Pots de terre, mode d'emploi. In : *A la fortune du pot. La cuisine et la table à Lyon et à Vienne. Xe-XIXe s.* Catalogue de l'exposition, Lyon-Vienne-Mâcon, 1990-1991, pp. 25-48.

**Ancel et Fluck 1988** : ANCEL (B.), FLUCK (P.).- *Une exploitation minière du XVIe s. dans les Vosges*. Paris, Maison des sciences de l'homme, DAF, n° 16, 1988, pp. 30-32.

**Ancel 1992 a** : ANCEL (B.).- L'aménagement des puits d'extraction au XVIe s. à Sainte-Marie-aux-Mines. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg, 1988. Paris, 1992, pp. 395-405.

**Ancel 1992 b** : ANCEL (B.).- Le percement des galeries au XVIe s. : l'exemple des mines d'argent du Neuenberg. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg 1988, Paris 1992, pp. 379-394.

**Bailly-Maître 1994** : BAILLY-MAITRE (M.-C.).- Minéralurgie et métallurgie à Brandes-en-Oisans, XIIIe-XIVe s. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*. Lyon, 1994, PPSH, Les chemins de la Recherche n° 21, pp. 21-44.

**Bailly-Maître 1995** : BAILLY-MAITRE (M.-C.).- Mines et forges au Moyen Age et au début des Temps Modernes. In : Benoit (P.), Fluzin (Ph.) éd., *Paléométallurgie du fer et culture*. Actes du symposium Inter. du Comité pour la sidérurgie ancienne, Belfort, Sévenans, 1990, Vulcain, 1995, p. 333-345.

**Bailly-Maître et Dupraz 1994** : BAILLY-MAITRE (M.-C.) et DUPRAZ (J.).- *Brandes-en-Oisans. La mine d'argent des Dauphins (XIIe-XIVe s.)* Isère, DARA n° 9, Lyon 1994.

**Bautier 1975** : BAUTIER (R.-H.).- La mine de Valtorte à Claveisolles. L'exploitation d'une mine de vitriol en Beaujolais de 1469 à 1515. In : *Mines et métallurgie XIIe-XVIIe s.*, Actes du 98e CNSS, Saint-Etienne 1973, Paris 1975, t. 1, pp. 107-157.

**Benoit 1982** : BENOIT (P.).- Histoire des techniques et iconographie. La place du manuscrit d'Heinrich Gross dans l'iconographie minière germanique. In : *L'Art et les mines dans les Vosges, Pierres et terre*, n° 25-26, pp. 67-83.

**Benoit 1984** : BENOIT (P.).- Technology and crisis : The great depression of the Middle Age and the technology of the Renaissance (fourteenth to sixteenth centuries). In : *History and Technology*, 1984, vol.1, pp. 319-334.

**Benoit 1985** : BENOIT (P.).- Le plomb dans le bâtiment en France à la fin du Moyen Age : l'apport des comptes de construction et de réparation. In : Chapelot (O.), Benoit (P.), éd., *Pierre et métal dans le bâtiment au Moyen Age*, Paris, EHESS, 1985, pp. 339-355.

**Benoit 1986** : BENOIT (P.).- La mine de Pampailly : archives et archéologie. In : *Les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation*, Actes du 108e CNSS, Grenoble, 5-9 avril 1983, Paris, 1986, pp. 175-180.

**Benoit 1988 a** : BENOIT (P.).- Le roulage dans les mines européennes aux XVe et XVIe s. *Spelunca Mémoires*, n° 14, 1985, paru en 1988, pp. 21-25.

**Benoit 1988 b** : BENOIT (P.) Les techniques (minières en France et dans l'Empire à la fin du Moyen Age et à la Renaissance. *Journal des Savants*, Paris, De Boccard, 1988, pp. 75-118.

**Benoit 1989 a** : BENOIT (P.) 1989.- Dix ans de recherches sur le site de Pampailly. *L'Araire*, n° 76, 1989, pp. 19-22.

**Benoit 1989 b** : BENOIT (P.).- L'archéologie à la mine de Pampailly. *L'Araire*, n° 76, 1989, pp. 23-43.

**Benoit 1989 c** : BENOIT (P.) -L'évolution d'un paysage minier et métallurgique, Pampailly au XVe s. *Histoire des mines et de la métallurgie*, Actes de la Table ronde du Groupe d'Histoire des Mines et de la Métallurgie, *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest* (Anjou, Maine, Touraine), 1989, 2, pp. 123-131.

**Benoit 1990** : BENOIT (P.).- L'eau, la mine et leur image : l'hydraulique des sites miniers de la fin du Moyen Age et de la Renaissance. In : *L'image des mines et de la métallurgie du Moyen Age à nos jours*. Actes de la Table ronde du Groupe d'Histoire des Mines et de la Métallurgie, Paris 1987. *Pierres et Terre*, n° 33, 1990, pp. 41-63.

**Benoit 1994 a** : BENOIT (P.) Conclusion. La métallurgie des non-ferreux aux époques médiévale et moderne : une industrie de pointe. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 301-310.

**Benoit 1994 b** : BENOIT (P.) *Les mutations techniques et scientifiques de la fin du Moyen Age et de la Renaissance*, Microfiches, Micro-éditions universitaires, Lille, 1994.

**Benoit 1994 c** : BENOIT (P.).- Mines et métallurgie, In : *Argent, plomb et cuivre dans l'histoire. Minéralurgie et métallurgie des métaux non-ferreux de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du Colloque. Lyon Brussieu, décembre, 1991, Lyon, 1994, 310 p.

**Benoit 1995** : BENOIT (P.).- La pointerolle, outil et symbole du métier de mineur. In : Gerome (N.), éd., *Archives sensibles. Images et objets du monde industriel et ouvrier*, Cachan, 1995, pp. 206-245.

**Benoit et alii 1987** : BENOIT (P.), ARRIBET (D.), FAUREBOUCHARLAT (E.), MICHEL (C.).- Le poêle à pots de Pampailly. *Cahiers du GAMA*, n° 3, Strasbourg, 1987, pp. 81-90.

**Benoit et Braunstein 1983** : BENOIT (P.) et BRAUNSTEIN (Ph.).- Les comptes miniers d'Hurtières en Savoie (1338-1350). *Mines carrières, et métallurgie dans la France médiévale*, Paris, CNRS, 1983, pp. 183-206.

**Benoit et Deroin 1994** : BENOIT (P.) et DEROIN (J.-P.).- L'ancienne mine de plomb argentifère de Pampailly en Lyonnais (XVe s.) : apport de l'archéologie minière à la connaissance géologique de la Série de la Brévenne (Massif central, France). *Chronique de la recherche minière*, n° 154, 1994, pp. 44-51.

**Benoit et Fluck 1992** : BENOIT (P.) et FLUCK (P.).- Conclusion. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg, 1988, Paris, 1992, pp. 573-598.

- Benoit et Grandemange 1986** : BENOIT (P.) et GRANDEMANGE (J.).- Archéologie minière à Pampailly. In : *Les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation*, Actes du 108e CNSS, Grenoble, 5-9 avril 1983, Paris, 1986, pp. 195-218.
- Benoit et Guillot 1989** : BENOIT (P.) et GUILLOT (I.).- Scories de réduction et scories de forge. In : Pleiner (R.), *Archaeometallurgy of Iron, 1967-1987*, Symposium International de la Société pour la sidérurgie ancienne, Liblice 5-9 octobre 1987, Prague, 1989, pp. 53-64.
- Benoit, Guillot et Ploquin 1995** : BENOIT (P.), GUILLOT (I.), PLOQUIN (A.).- Les forges minières au Moyen Age et à la Renaissance : approche archéologique et paléométallurgique. In : *Campagnes médiévales, l'homme et son espace*, Paris, 1995, pp. 639-652.
- Benoit et Leclère 1994** : BENOIT (P.) et LECLERE (Fr.).- Le traitement minéralurgique des métaux à Pampailly au XVIIIe s. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 257-274.
- Benoit et Leclère 1995** : BENOIT (P.) et LECLERE (Fr.).- La houille dans la métallurgie à la veille de la Révolution : le traitement du plomb à Pampailly. In : *Nature, histoire, société. Essais à la mémoire de Jacques Roger*, Paris 1995, pp. 301-319.
- Benoit et Rendu 1989** : BENOIT (P.) et RENDU (A.Th.).- Pampailly, une grande exploitation minière à la fin du Moyen Age. *L'Araire*, n° 76, 1989, pp. 81-100.
- Berg 1992** : BERG (B.).- Les techniques d'abattage à Kongsberg (Norvège) du XVIIe au XIXe s. : pointerolle, travail au feu et tir à la poudre. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg 1988, Paris 1992, pp. 55-76.
- Bois 1976** : BOIS (G.).- *Crise du féodalisme*, Paris, 1976.
- Bourgoïn 1985** : BOURGOIN (A.).- L'exploitation des mines de Chessy du Moyen Age à nos jours. In : *les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation*. Actes du 108e CNSS, Grenoble, 5-9 avril 1983, Paris, 1986, pp. 223-234.
- Bourgoïn 1989 a** : BOURGOIN (A.).- Histoire sommaire des principales mines de l'Ouest lyonnais. *L'Araire*, n° 76, 1989, pp. 9-17.
- Bourgoïn 1989 b** : BOURGOIN (A.).- La vie des mineurs du Lyonnais et du Beaujolais au XVe s. *L'Araire*, n° 76, 1989, pp. 45-70.
- Bourgoïn 1989 c** : BOURGOIN (A.).- Ordonnances et statuts concernant les mines de Pampailly, Chessy, Saint-Pierre-la-Palud et Joux rédigés par le Procureur général Jean Dauvet en 1455. *L'Araire*, n° 76, 1989, pp. 71-79.
- Braunstein 1982** : BRAUNSTEIN (Ph.).- L'innovation dans les mines et la métallurgie européenne (XIVe-XVIe s.). *Bulletin de l'Association française des historiens économistes*, n° 15, 1982, pp. 1-17.
- Brugerolles et alii 1992** : BRUGEROLLES (E.), BARI (H.), BENOIT (P.), FLUCK (P.), SCHOEN (H.).- *La mine mode d'emploi*. Paris, Découvertes Gallimard, albums, 1992, 84 p.
- Brulé 1994** : BRULE (A.).- L'introduction en France du four à réverbère : l'apport de l'analyse historique. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 285-300.
- Burt 1994** : BURT (R.).- Changes in the Consumption of Lead in the Seventeenth and Eighteenth Centuries and its Consequences for the Growth of British Non-ferrous Mining Industry. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 233-256.
- Canat de Chizy 1961** : CANAT DE CHIZY (M.-P.).- Les écorcheurs dans le Lyonnais (1436-1445). *Revue du Lyonnais*, 1961, pp. 7-31.
- Chapelot 1985** : CHAPELOT (O.).- Les ouvriers du métal en Bourgogne : l'exemple du Châtillonnais, In : Chapelot (O.), Benoit (P.), éd., *Pierre et métal dans le bâtiment au Moyen Age*, Paris, 1985. pp. 339-355.

**Chapron 1994** : CHAPRON (P.).- Evolution des techniques métallurgiques aux XVIIIe-XIXe s., l'exemple de PeseyNancroix. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 275-284.

**Chermette 1981** : CHERMETTE (A.).- La famille Jars et sa contribution à l'exploitation des mines lyonnaises au XVIIIe et au XIXe s. *Bulletin de la Société linéenne de Lyon*, 50, 1981.

**Chermette 1989** : CHERMETTE (A.).- La famille des Blumenstein et l'exploitation des mines du Forez aux XVIIIe et XIXe s. *Bulletin mensuel de la Société linéenne de Lyon*, 58, 1989.

**Chermette 1993** : CHERMETTE (A.).- *Minéraux, mines et minéralogistes lyonnais au XIXe s.*, Lyon, Editions lyonnaises d'art et d'histoire, 94 p.

**Chieze et Benoit 1987** : CHIEZE (V.) et BENOIT (P.).- Images de la forge dans les manuscrits de la Bibliothèque nationale, XIIIe-XVIe s., In : *L'image des mines et de la métallurgie du Moyen Age à nos jours*, Actes de la Table ronde du Groupe d'histoire des Mines et de la Métallurgie, Paris 1987. *Pierres et Terre*, n°33, pp. 11-20.

**Conin et alii 1995** : CONIN (A.), GUILLOT (I.), GRANDEMANGE (J.), BENOIT (P.).- La forge du Samson (Haut-Rhin), In : Benoit (P.), Fluzin (Ph.) éd., *Paléométallurgie du fer et culture*. Actes du symposium Inter. du Comité pour la sidérurgie ancienne, Belfort, Sévenans, 1990, Vulcain, 1995.

**Dabas et Hesse 1988** : DABAS (M.) et HESSE (A.).- New results and prospects for metallurgic sites surveying, In : *Conference proceedings of 88 Achaemetry*, Toronto, May 1988.

**Dabas et Hesse 1991** : DABAS (M.) et HESSE (A.).- Approche géophysique de la colline de Pampailly, *Convergence des méthodes archéométriques*. Colloque du GMPCA, Valence, 22-24 mars 1991, non publié.

**Day et Bertrand 1987** : DAY (J.) et BERTRAND (H.).- Les frappes de monnaies en France et en Europe aux XIVe et XVe s., In : *Rythmes de la production monétaire de l'Antiquité à nos jours*, Louvain-la-Neuve, 1987, p. 564.

**Deroin et Benoit 1992** : DEROIN (J.-P.), BENOIT (P.).- L'ancienne mine d'argent de Pampailly : minéralisation et contexte tectonique d'un gîte filonien dans la Série de la Brévenne (Massif Central, France), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1992, t. 314, série II, pp. 1339-1345.

**Deroin et Benoit 1997** : DEROIN (J.-P.) et BENOIT (P.).- Etude structurale de la galerie d'exhaure du Vernay (mine de plomb argentifère de Pampailly, Lyonnais, France), In : *Journées Claude Lorenz, Paris, novembre 1995*, sous presse.

**Debombourg 1877** : DEBOMBOURG (M.).- Notice sur la mine de plomb argentifère d'Ancy (1495 à 1512). *Annales des Mines*, 1877, pp. 66-88.

**Deniau 1934** : DENIAU (J.).- *La Commune de Lyon et la guerre bourguignonne (1417-1455)*, Lyon, 1934, 651 p.

**Egg 1964** : EGG (E.).- Schwaz ist aller Bergwecke Mutter, *Der Anschnitt*, 16-3, 1964, pp. 3-63.

**Faure-Boucharlat et alii 1990 a** : FAURE-BOUCHARLAT (E.) et alii.- Le Moyen Age et la Renaissance (Xe-XVIe s.). In : *A la fortune du pot. La cuisine et la table à Lyon et à Vienne. Xe-XIXe s.* Catalogue de l'exposition, Lyon-Vienne-Mâcon, 1990-1991, pp. 49-57.

**Faure-Boucharlat et alii 1990 b** : FAURE-BOUCHARLAT (E.) et alii.- Les potiers bressans et leurs productions. In : *A la fortune du pot. La cuisine et la table à Lyon et à Vienne. Xe-XIXe s.* Catalogue de l'exposition, Lyon-Vienne-Mâcon, 1990-1991, pp. 193-198.

**Faure-Boucharlat et alii 1996** : FAURE-BOUCHARLAT (E.), VICARD (T.), MACCARI-POISSON (B.), SAVAY-GUERRAZ (S.).- *Pots et potiers en Rhône-Alpes. Epoque médiévale, époque moderne*, Lyon, DARA, n° 12, 1996.

- Fédou 1954** : FEDOU (R.).- Une famille aux XIVE et XVE s., les Jossards de Lyon. *Annales E.S.C.*, 1954, pp. 461-480.
- Fédou 1964** : FEDOU (R.).- *Les hommes de loi lyonnais à la fin du Moyen Age*, Lyon, 1964.
- Fluck 1990** : FLUCK (P.) Sainte-Marie-aux-Mines : le HautAltenberg (campagnes, 1982 1987). *Pierres et Terres*, n° 34, 1990, pp. 68-73.
- Fluck 1979** : FLUCK (P.).- Atlas des haldes : district de SainteMarie-aux-Mines et de La Croix-aux-Mines. *Pierres et Terre*, n° 17, 1979, pp. 13-24.
- Fluck 1990** : FLUCK (P.).- L'archéologie minière en Alsace. In : *vivre au Moyen Age. 50 ans d'archéologie médiévale en Alsace*, Strasbourg, 1990, pp. 301-313.
- Fluck, Florsch et Goldenberg 1994** : FLUCK (P.), FLORSCH (N.), GOLDENBERG (G.).- La métallurgie du cuivre et du plomb argentifères dans les Vosges centrales (Xe-XVIIIe s.). Approche archéologique et archéométrique In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 1 35-171.
- Fournet 1861** : FOURNET (J.).- Rapport sur le mémoire de M. Poyet, ingénieur civil, relatif à l'histoire des exploitations métalliques du Lyonnais et des régions voisines, *Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon*, 1861, t. II, pp. 122-140.
- Fournial 1967** : FOURNIAL (E.).- *Les villes et l'économie d'échange en Forez aux XIIIe et XIVE s.*, Paris, 1967, pp. 205-207 et 352-356.
- Franz Berdau 1969** : FRANZ BERDAU (R.) *Der Kachelofen*, Graz, 1969.
- Gill 1994** : GILL (M.) Dressing and Smelting of Lead in Eighteenth Century Britain. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 217-231.
- Grandemange 1991** : GRANDEMANGE (J.).- *Les mines d'argent du duché de Lorraine au XVIe s.*, Paris, Maison des sciences de l'Homme, DAF, n° 30, 120 p.
- Grandemange 1992** : GRANDEMANGE (J.).- L'aérage dans les mines polymétalliques du massif vosgien au XVIe s. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg 1988, Paris 1992, pp. 407-420.
- Grandemange 1994** : GRANDEMANGE (J.).- Le lavage des minerais argentifères au Samson (Sainte-Croix-aux-Mines, HautRhin). In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994, PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 77-96.
- Guillot 1985** : GUILLOT (I.).- *Relation entre microstructures et analyses d'objets ferreux anciens, et procédés d'élaborations et de mises en forme*, mémoire de D.E.A., INSTN, Université de Technologie de Compiègne, 1985.
- Guillot et Benoit 1994** : GUILLOT (I.) et BENOIT (P.).- L'extraction de l'argent des minerais de cuivre au XVIe s. : le livre XI du *De re metallica* d'Agricola In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. pp. 107-133.
- Guillot, Bertin et Rebière 1992** : GUILLOT (I.), BERTIN (F.), REBIERE (J.).- L'usage de la poudre dans les mines polymétalliques : mise en forme de l'outillage In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg 1988, Paris 1992, pp. 529-543.
- Guillot et alii 1995** : GUILLOT (I.), BERTIN (F.), BENOIT (P.), FLUZIN (P.) BERANGER (G.).- La pointerolle, outil des mineurs au XVIe s. In : Benoit (P.), Fluzin (Ph.) éd., *Paléométagallurgie du fer et culture*. Actes du symposium Inter. du Comité pour la sidérurgie ancienne, Belfort, Sévenans, 1990, Vulcain, 1995.
- Guillot, Conin et Fluzin 1991** : GUILLOT (I.), CONIN (A.), FLUZIN (P.).- Mise en forme des outils des mineurs aux XVE et XVIe s. en France, *Mémoires et études scientifiques. Revue de métallurgie*, septembre 1991, pp. 117.

- Guillot et Fluzin 1987** : GUILLOT (I.) et FLUZIN (Ph.).- Interprétation structurale de l'élaboration et de l'utilisation d'outils miniers. Archéologie et laboratoire. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, t. 848, 1987, pp. 248-256.
- Guillot et alii 1986** : GUILLOT (I.), FLUZIN (Ph.), BENOIT (P.), BERANGER (G.).- Etudes comparatives d'outils miniers du XVe et du XVIe s., *Symposion Archäometallurgie von kupfer und eisen im Westeuropa*, Mayence, 1986.
- Guillot et alii 1987** : GUILLOT (I.), FLUZIN (Ph.), CLAVEL (M.), BERANGER (G.).- Interprétation thermodynamique de la structure d'outils miniers du XVe et du XVIIIe s., *Matériaux et Techniques*, oct.-nov. 1987, pp. 411-419.
- Hesse 1975** : HESSE (Ph.-J.).- La formation d'une administration minière royale dans la France médiévale et au début du XVIe s. In : *Mines et métallurgie XIIIe-XVIe s.*, Actes du 98e CNSS, Saint-Etienne, 1973, Paris, 1975, pp. 7-22.
- Joly 1928** : JOLY (A.).- Les établissements de Jacques Coeur dans le Lyonnais, *Bibliothèque de l'Ecole des Chartes*, 1928, pp. 70-80 et 1932, pp. 314-330.
- Kuhn 1991** : KUHN (J.-Cl.).- *Poêles et pots de poêle dans les châteaux forts alsaciens (spécialement dans les châteaux d'Ottrot)*, mémoire de l'EHESS, 1991.
- Laube 1963** : LAUBE (A.).- *Zur Entstehung kapitalistischer Produktionsverhältnisse im französischen Silberbergbau um die Mitte des 15. Jahrhunderts. Die minen des Lyonnais und Beaujolais*, Thèse Leipzig, 1963.
- Leguay 1992** : LEGUAY (J.).- *La céramique de Pampailly*, Mémoire de maîtrise, Université de Paris 1, 1992.
- Lheraud 1974** : LHERAUD (M.).- *Le plomb*, Paris, Col. Que sais-je ?, n° 1595, P.U.F., 1974, p. 37.
- Lorcin 1974** : LORCIN (M.-Th.).- *Les campagnes de la région lyonnaise aux XIVe et XVe s.*, Lyon, 1974.
- Luce 1877** : LUCE (S.).- De l'exploitation des mines et de la condition des mineurs au XVe s. *Revue des Questions historiques*, 1877, pp. 192-195.
- Maccari-Poisson 1990** : MACCARI-POISSON (B.).- Le poêle de faïence. In : *A la fortune du pot. La cuisine et la table à Lyon et à Vienne. Xe-XIXe.s.* Catalogue de l'exposition, Lyon-VienneMâcon, 1990-1991, pp. 168-169.
- Minne, 1977** : MINNE (J.-P.).- *La céramique de poêle de l'Alsace médiévale*, Strasbourg, 1977.
- Molenda 1986** : MOLEND (D.).- Investments in Ore Mining in Poland from the 13th to the 17th century, *Journal of european economic History*, 1986, pp. 159.
- Mollat 1988** : MOLLAT (M.).- *Jacques Coeur ou l'esprit d'entreprise*, Paris, Aubier, 1988, 495 p.
- Pierre 1992** : PIERRE (F.) Datation des essais à la poudre : essais de typologie. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe s.*, Actes du 113e CNSS, Strasbourg 1988, Paris 1992, pp. 519-527.
- Ploquin 1995** : PLOQUIN (A.).- Une base dévolue aux compositions chimiques des scories et produits associés à la paléoméallurgie. In : Benoit (P.), Fluzin (Ph.) éd. *Paléoméallurgie du fer et cultures*, Actes du symposium Inter. du Comité pour la sidérurgie ancienne, Belfort, Sévenans, 1990, Vulcain, 1995, pp. 89-107.
- Poyet 1861** : POYET.- Documents pour servir à l'histoire des mines des environs de Lyon, *Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon.*, 1861, t. XI, pp. 141-194.
- Rech 1992** : RECH (G.).- *Wissembach. une fonderie d'argent au XVIe s.*, Thèse de l'Ecole des Chartes, Paris, 1992, p. 156.
- Rech 1994** : RECH (G.).- La fonderie de Wissembach (Vosges) d'après les comptes d'exploitation. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 173-186.

**Rendu 1983 a** : RENDU (A.-Th.).- La main-d'oeuvre d'une grande exploitation minière au XVe s. : la mine de Pampailly en Lyonnais. *Cahiers d'Histoire*, 1983, n° 4, pp. 59-95.

**Rendu 1983 b** : RENDU (A.-Th.).- Les travaux dans les mines de Pampailly et Joux en Lyonnais (1454-1455). In : Benoit (P.) et Braunstein (Ph.), éd. *Mines, carrières et métallurgie dans la France médiévale*, Paris, 1983, pp. 263-289.

**Rendu 1986** : RENDU (A.-Th.).- La naissance d'une grande exploitation minière, Pampailly en Lyonnais (fin XI<sup>e</sup>-début XVe). In : *Les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation*, Actes du 108<sup>e</sup> CNSS. Grenoble, 5-9 avril 1983, Paris, 1986, p. 186.

**Rendu 1988** : RENDU (A.-Th.).- Parti de la mine et parti des seigneurs : les répercussions de l'ordonnance de 1413 en Lyonnais, Actes du 112<sup>e</sup> CNSS, Histoire des Sciences, Lyon, 1987, t. II, Paris, CTHS, pp. 7-18.

**Rendu 1991** : RENDU (A.-Th.).- Le rôle des seigneuries ecclésiastiques dans l'exploitation minière du Lyonnais médiéval : le cas de l'abbaye de Savigny au XVe s. In : Benoit (P.), Cailleaux (D.), éd., *Moines et métallurgie dans la France médiévale*, Paris, 1991, pp. 95-111.

**Schenk 1985** : SCHENK (G. W.).- Über die Anfänge des Silberbergbaus in St Joachimstahl. *Der Anschnitt*, 1985, 19-1, pp. 27-34 ; 19-2, pp. 26-31 ; 19-5, pp. 30-35 ; 1986, 20-5, pp. 17-27.

**Suhling 1976** : SUHLING(L.).- *Der Saigerhüttenprozess* Stuttgart, 1976.

**Suhling 1994** : (SUHLING (L.).- Die Technologie des Kupferseigerns in Zentraleuropa im 15. und 16. Jahrhundert. Technische, ökonomische und politische Aspekte. In : Benoit (P.), éd., *Mines et métallurgie*, Lyon, 1994. PPSH, *Les chemins de la Recherche* n° 21, pp. 97-106.

**Valous 1865** : VALOUS (V. de).- *Le domaine ordinaire du Lyonnais au commencement du XVI<sup>e</sup> s.*, Lyon. 1865, pp. 15-16.

**Vandevoorde-Couder 1957** : VANDEVOORDE-COUDER (A.).- *Une exploitation minière au milieu du XVe s.*, D.E.S., Lille, 1957.

**Vergani 1987** : VERGANI (R.).- Innovationen im Bergbau und Hüttenwesen im Veneto vom 16-18 Jh., *Technikgeschichte*, 1987, n° 4, p. 277.

**Vicard 1990** : VICARD (T.).- Formes et décors. In : *A la fortune du pot. La cuisine et la table à Lyon et à Vienne. Xe-XIX<sup>e</sup> s.* Catalogue de l'exposition, Lyon-Vienne-Mâcon, 1990-1991, p. 136.

**Wollmann 1992** : WOLLMANN (V.).- Essais de modernisation des techniques minières dans l'Erzgebirge Transylvanie pendant la deuxième moitié du XVIII<sup>e</sup> s. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIII<sup>e</sup> s.*, Actes du 113<sup>e</sup> CNSS, Strasbourg. 1988, Paris, 1992, pp. 481-518.

## Abréviations

CNSS : Congrès National des Sociétés Savantes

PPSH : Programme Pluriannuel en Sciences Humaines Rhône-Alpes

## Crédits illustrations

---

- 1 Les auteurs des dessins et des clichés de ce volume sont les membres de l'Équipe d'Histoire des Mines et de la Métallurgie (Paris I), sauf :
- 2 fig. 6 : *Schwazerbergbuch*, Winkelmann éd., Bochum, 1977.
- 3 fig. 10, 22 : Chronique de la recherche minière, n° 154, 1994, p. 45,46.
- 4 fig. 18, 50 : Médiathèque Victor Hugo - Saint-Dié-des-Vosges.
- 5 fig. 26, 31, 33 : École nationale supérieure des beauxarts Paris (énsb-a).
- 6 fig. 4, 5, 29, 45, 46, 78, 80 : École des Mines de Paris.
- 7 fig. 74 : Fédération du Patrimoine Minier, 1990.
- 8 Quatrième de couverture : *Schwazerbergbuch*, Winkelmann éd., Bochum, 1977.
- 9 Mise au net
- 10 M.-N. Baudrand : fig. 1, 7, 14, 17, 19, 22, 23, 34, 38, 39, 41, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 65, 72, 73, 77, 85.
- 11 A. Canal : fig. 25, 35, 40, 48 et le dépliant.

# Le site de Pampailly

