

Chapitre second - Exploiter.

Avertissement – La pagination d'origine a été maintenue.

Dans ses « Elémens de la Géométrie souterraine », Gabriel Jars présente les mines comme « des espaces souterrains excavés par les hommes pour y chercher des filons qui contiennent les matières minérales et métalliques »¹. La définition se distingue de celles habituellement données. Jars rompt avec le dualisme inhérent au terme, la confusion habituellement faite par les mineurs et minéralogistes de son temps et des temps antérieurs, et cesse de confondre en un même concept, partie et tout, matière et gîte, minerai et lieu d'exploitation.

Le fait est neuf, caractéristique d'une époque qui puise son élan créateur dans une pensée projective, marquée par la volonté d'appréhension des faits et des espaces. Au dix-huitième siècle, l'homme -philosophe et savant- nomme et mesure toute chose. Tout naturellement, d'Holbach² reprend le propos et distingue entre « mine/minera » et « mine/fodinae metallicae ou metalli fodinae »³. Qu'est-ce que la Mine au sens de « minera » ? « Toute substance terreuse ou pierreuse qui contient du métal... » Et la Mine, « fodinae metallicae » ? « Les endroits profonds de la terre, d'où l'on tire les métaux, les demi-métaux, et les autres substances minérales qui servent aux usages de la vie, telles que le charbon de terre, le sel gemme, l'alun, etc. » La frontière est clairement établie entre la substance -le minerai- et sa localisation -le gîte. Mais l'Encyclopédiste s'en tient au domaine minéralogique. Etranger aux problèmes techniques, le baron ne pouvait

¹ - G. G.JARS, t.II, premier mémoire, « Elémens de la géométrie souterraine, théorique et pratique » (1780), part.I, section 1. Pour les références se rapportant aux Voyages métallurgiques, nous avons choisi de juxtaposer la date de rédaction du mémoire (quand elle est indiquée) et celle de sa publication. Les éléments de géométrie souterraine, précise l'en-tête, « sont de feu M. Koenig, inspecteur des mines de Basse-Bretagne, qui les avoit enseignés à M. Jars, lorsqu'il y fut envoyé comme élève ». Sur la formation de Jars, ses voyages et ses apports techniques, voir nos cartes, n° 13.

² - Encyclopédie, article « Mine ». Traducteur de Lehmann et grand spécialiste de chimie, de minéralogie et de métallurgie, le baron d'Holbach rédigea la plupart des articles consacrés à ce sujet ans l'ouvrage.

³ - Le mot latin « fodina, mine, minière » provient du verbe « fodio, ere, creuser, fouir ». Il n'est attesté que chez Vitruve; ce pourrait donc être une reconstitution de la part de d'Holbach. Agricola emploie le mot « vena » pour désigner le gîte. Le terme « fossa » vient sous sa plume dans des expressions liées à la pratique minière proprement dite, par exemple « fossa latens » et « fossa latens transversa » que H. Hoover

différencier entre lieu naturel, -on dirait aujourd'hui géologique¹- et espace construit. Jars au contraire, homme de technique autant que de science, homme d'une technique qu'il veut éclairer par la science, met l'accent et la priorité non sur le gîte mais sur ce qu'en fait l'homme. Par la distinction qu'il crée entre l'espace anthropique et l'espace filonien, il ouvre un champ technique neuf, et fait de la mine un lieu à construire, conscient et projeté².

I - CONTRAINTES ET VICISSITUDES DE L'EXPLOITATION MINIÈRE.

L'ingénieur conserve le pluriel grammatical cependant. Le fait est riche de signification. Car, dans le système technique classique, la mine au sens moderne du terme, c'est à dire compréhension unifiée et codifiée d'un espace de travail n'existe pas, du moins pas encore. Pour des raisons qui tiennent à la fois de la nature -hétérogénéité des substrats- et de la science -absence d'une définition globale des phénomènes géologiques et gîtologiques- il n'existe encore que des espaces singuliers de production. La filière technique minéro-métallurgique pré-industrielle se présente sous la forme d'une juxtaposition de complexes techniques.

A - L'HÉTÉROGÉNÉITÉ DES SUBSTRATS.

Le royaume ne disposait d'aucun gîte analogue en taille et en ampleur à ceux d'Europe centrale, de Norvège ou d'Angleterre. Dispersion et petitesse furent de règle, comme fut de règle une minéralisation en filons. Ces réalités géologiques eurent pour effet d'accroître la difficulté du travail minier et par voie de conséquence sa technicité.

I•) DES GITES NOMBREUX ET DISPERSÉS.

Dans leur aspect extérieur, les régions minières se ressemblent peu ou prou. Le dépaysement est minime lorsqu'on passe d'un site à l'autre. Il en va différemment en profondeur.

traduit par niveau (« drift ») et galerie transversale (« crosscut »). AGRICOLA, De Re Metallica, trad. Hoover, Book V, p.101.

¹ - Le terme apparaît pour la première fois dans l'Encyclopédie. L'analyse en est faite par G. GOHAU, Histoire de la Géologie, p.6.

² - Le schéma que nous avons réalisé sur « le parcours théorique des Voyages métallurgiques » (vol.3, p.79) met en évidence le rôle-clé joué par Géométrie souterraine dans la pensée de l'ingénieur. On pourrait également gloser sur la représentation que donnent de l'exploitation minière les planches de L'Encyclopédie. L'organisation du milieu intérieur contraste singulièrement avec le foisonnement du paysage terrestre. (vol. 3, p.19).

a) Un point commun : la surface.

En surface, les ressemblances sont frappantes. Des Vosges au Massif Armoricain, du Massif Armoricain à l'Auvergne et aux Cévennes, des Cévennes aux Alpes ou aux Pyrénées, de Vialas aux Chalanches, en passant par Poullaouen ou Pontgibaud, la parenté physique est évidente. Mêmes paysages vallonnés, semi-montagneux ou montagneux, même pauvreté des sols. En 1784, Gillet de Laumont décrit Poullaouen : « Le local dans lequel sont placés les établissements de la mine de Poullaouen n'a rien de remarquable; il est environné de montagnes pelés; les scories, les cendres et la fumée ajoutent encore à l'aridité de cet aspect. » Le Huelgoat, plus souriant, peut-être parce qu' il est à l'abri des vapeurs nocives de la fonderie lui rappelle la Suisse : « on descend à l'endroit où sont situés les magasins, les forges, les bocards, les laveries, les logements des chefs... Tous ces établissements sont placés sur le penchant d'une colline entourée d'arbres, dans un site qui rappela, par ses vapeurs, par le bruit des chutes d'eau, par la forme des bâtiments, par leurs boiseries de sapin, par l'air d'étrangeté, de solitude de tout ce qui environnait, ces habitations si calmes, si sauvages, des petits cantons de la Suisse, près de Saint-Gall, dans l'Appenzel, au milieu des rochers, des cascades, de riches tapis de verdure, et des forêts qui couronnent les monts en ménageant dans les vallées un jour sombre et religieux »¹. Les élèves-ingénieurs des mines évoquent ces atmosphères sauvages dans leurs journaux de voyage. Il n'est jusqu'à la description récente de Vialas, sur le versant méridional des Cévennes : « au nord de la commune, un granite porphyroïde constitue les derniers contreforts du Mont Lozère, sous forme de plateau qui s'arrête brusquement... Le Rocher de Trenze domine de ses grands blocs de granite dressés le cirque de Vialas... Au sud, la Luech a creusé une vallée d'est en ouest dans un schiste affecté par un métamorphisme intense ... Le village est construit à 600m d'altitude sur le granite, à la limite du schiste, au nord de la rivière »². Le pays est raviné, précise Gras en 1828, il manque des chemins. « Les torrents se dessèchent une partie de l'été; leurs lits servent de route; beaucoup de petits villages n'ont pas d'autres chemin de communication »³.

¹ - A.-F. (BRULE) - GARÇON, « Mineurs de Bretagne », p.8.

² - I. BOUCHARD, op. cit., p.26.

³ - E.N.S.M.P., M 1828 (77), GRAS, *Exploitation, préparation mécanique et traitement métallurgique de la galène argentifère de Vialas.*

Que dire alors des Chalanches, du Grand Clot et de La Grave, gîtes de l'Oisans, situés non loin du Bourg, en contrebas de l'Alpe d'Huez ? « Les Chalanches sont situées... entre 1.800 et 2.000m d'altitude, sur le versant terminal sud de la chaîne de Belledonne, qui domine la vallée encaissée de la Romanche au pied des escarpements qui culminent à la Grande Lance d'Allemont... De ce sommet et des sommets annexes partent de grands ravins qui, balayés en hiver par les avalanches et par les pluies d'orage en été, présentent un aspect profondément déchiqueté. La combe du ruisseau de Balme... sépare l'éperon rocheux des Chalanches à l'est et celui des Cromots à l'ouest » A la mine de La Grave, « les filons se trouvent sur les glaciers et ne peuvent être travaillés que trois à quatre mois par an »¹.

L'infertilité répond à la sauvagerie des lieux. Régions de granite et de schistes, ces pays ne participent d'aucune richesse agricole, si ce n'est celle de la forêt. « On vit tranquille dans la commune de Tournée. Ses habitants travaillent aux deux mines. On y soigne un grand nombre d'abeilles. La terre n'y produit point de froment, mais du seigle, de l'avoine et du blé noir... Le pays est sans manufacture, sans tanneries. On y voit beaucoup de mendiants. » Cela pour le pays du Huelgoat dans les années 1780². A Vialas en 1848, le tableau est identique. « Le canton offre peu de ressources en raison de sa pauvreté... L'habitation est mauvaise, la nourriture végétale grossière et saine..., les vêtements grossiers... Il n'y a aucune prospérité... Le manque de capitaux, la perte des bestiaux, l'infertilité d'une partie du sol, les ravages des inondations et vents ont occasionné la décadence »³. Aux Chalanches, la mine se situe à 2.000m d'altitude. « On n'y vient, écrit Schreiber, qu'à travers des précipices et par des chemins horribles et on y monte à force de dépenses à dos de mulet ou d'homme tous les matériaux nécessaires à l'exploitation »⁴. Il est des gîtes pyrénéens que Dietrich ne put visiter à cause des neiges¹. Les pays de mines métalliques n'offrent que peu de ressources, fait remarquer Frédéric le Play lorsqu'il présente Pontgibaud : « L'extraction des métaux, a des avantages qui lui sont spéciaux, et qui ne se rencontrent pas au même degré dans les autres branches d'industrie. Elle a pour siège des régions montagneuses, peu fertiles, éloignées de grandes voies commerciales et

¹ - A. CHERMETTE, op. cit., p. 23.

² - A.-F. (BRULE) - GARÇON, ibid..

³ - « Enquête sur le travail industriel et agricole de 1848 », I. BOUCHARD, op. cit., pp.31-32.

⁴ - A. CHERMETTE, ibid.

qui, sans ce secours, resteraient étrangères à toute activité industrielle... Beaucoup de montagnes métallifères offrent en France les mêmes conditions »².

b) En profondeur : la diversité géologique.

L'unité n'est qu'enveloppe cependant, un habillage que donne l'encaissant, la roche porteuse. En profondeur, la diversité domine : chaque site possède une organisation gîtologique qui lui est propre, à la fois cause et conséquence de sa paragenèse. Déjà, lorsqu'il décrivait les divers types de gisements, Agricola, dans le *De re metallica* distinguait entre « venae profundae », « venae dilatatae » et « venae cumulatae ». Nous parlons aujourd'hui -ce qui revient au même- de minerai en filon, minerai en couches et minerai en amas³. La différenciation est d'importance, puisqu'elle oblige dans l'attaque du gîte à un traitement différent selon la structure.

Plus aisés à exploiter et sans doute pour cela d'exploitation plus ancienne -médiévale voire antérieure- les gîtes en couches et en amas sont aussi les moins nombreux dans le domaine géologique qui nous occupe : Melle, Chitry, Durfort et ses alentours, Lacoste et la Grande Vernissière, Pichiguet et Nègrefols, Planioles et Combecaves, La Ferrière dans le Cotentin, au total, une petite dizaine d'exploitations, officiellement répertoriées en 1844. Les assises sont secondaires, celles d'un « grès à gros grains appartenant au lias » comme à Largentière en Ardèche, celles d'un calcaire métallifère développé dans les strates inférieures du jurassique. A Melle, le minerai -galène et plomb carbonaté- « associé à la blende, à la calamine, à la pyrite de fer et à la baryte sulfatée » est « disséminé en mouches, en rognons, en petits amas, en veinules dans un calcaire dur mélangé de schiste, passant parfois à un jaspe noir schistoïde et appartenant à la formation jurassique. » A Durfort, la galène « peu argentifère se trouve en amas, tantôt disséminés de loin en loin, tantôt rapprochés en forme de couches dans les strates d'un calcaire jurassique superposé au micaschiste »; à Planioles et Combecave, près de Figeac, la couche métallifère -un

¹ - J. LOUBERGE, « L'échec de l'exploitation des mines d'Arre et d'Anglas », p.58.

² - F. LE PLAY, Les ouvriers européens, tome 5, Etudes sur les travaux, la vie domestique et la condition morale des Ouvriers de l'occident (I^è série - Populations ébranlées), d'après les faits observés, de 1829 à 1855, pour la 1^{ère} édition des Ouvriers européens, p.483.

³ - De re metallica, Livre III. Voir également M. ANGEL, Mines et fonderies au XVI^e siècle, p.16ss.

mélange de calamine et de galène- « moyennement épaisse de 40 cm » est venue s'intercaler dans le calcaire jurassique¹.

L'exploitation de ces gîtes se fait principalement sous forme de carrières, de minières². Bien évidemment, la galerie n'est pas absente : à Chittry et Melle, ce fut même le principal mode d'exploitation, sur des sites présentant, il est vrai, un minerai à forte teneur en argent. Mais que la teneur s'abaisse, comme à Durfort, et la mine s'avère d'un meilleur rapport qualité/prix, le minimum d'investissement pour une extraction maximale³. Certes ce type d'exploitation relève pour la plus grande part de l'artisanat. Ainsi à Durfort, où « depuis longtemps, remarque l'intendant en 1787, les propriétaires des fonds étaient dans l'usage d'y faire des ouvertures et d'en extraire le minéral qu'ils vendaient ensuite »⁴. A Lacoste, « l'attaque de la roche se fait à la poudre partout où l'on voit du minerai. On remblaye les parties avec des déblais stériles... C'est tout à fait l'enfance de l'art »⁵. Mais au-delà de l'exploitation sauvage, se manifeste un complexe technique spécifique, véritable adéquation entre un mode d'exploitation et les qualités particulières d'un gîte. La mine de Lacoste se développe « dans les lias jurassiques très développés dans cette contrée, qui forme des assises presque horizontales; sur une un certain nombre de points la stratification est troublée; le calcaire... devient magnésien et coupé d'une multitude de veines de chaux carbonatée lamelleuse et de baryte sulfatée en moindre quantité. Ces espèces de filons irréguliers renferment des nids de galène à grandes facettes accompagnés de blende à demi-cristallisée ». Les travaux se présentent sous la forme de « vastes déblais à ciel ouvert, dans lesquels on s'est guidé exclusivement sur l'allure des veines métallifères... Depuis longtemps, l'exploitation est devenue souterraine et on a formé de vastes chambres dans lesquelles on pénètre par une galerie »⁶. Ce mode d'exploitation par

¹ - *Gisements en amas : Durfort et ses environs, Largentière en Ardèche, La Grande Vernissière et Lacoste, Pichiguet et Nègrefols (gisements répertoriés comme calaminaires), Chittry et ses environs, Saint-Didier et Saint-Réverien. Gisements en couches : Melle, Planiolle et Combecave, La Ferrière. (S.I.M., année 1844, « exploitation de métaux autres que le fer : plomb et alquifoux. »*

² - *En raison de leur relative facilité d'exploitation, ces gîtes sont particulièrement propices à l'exploitation de type proto-industrielle.*

³ - *Ainsi, le gîte de calamine de la Vieille Montagne à Moresnet.*

⁴ - *A.N. F 14 8129.*

⁵ - *A.N. F 14 8074.*

⁶ - *L'équipement est complet, quoique rudimentaire : « Une deuxième galerie a été percée pour l'écoulement des eaux et quand elle est devenue insuffisante, on a foncé un puits muni d'un manège et d'une corde à augets. » (A.N. F 14 8074).*

vastes chambres -caractéristique des gîtes calcaires se retrouve par exemple au Bleyberg, dans la montagne de St-Avold¹.

A La Ferrière, au dix-neuvième siècle, les ingénieurs reprochent aux exploitants « de n'avoir pas adopté le seul système d'exploitation qui puisse convenir à une contrée dépourvue de bois de charpente..., le système qui consisterait à mener de front, et par travaux à ciel ouvert, l'extraction de la pierre à chaux voisine et celle de la galène... » Certes, le manque de bois vient en première ligne pour justifier le courroux administratif. Mais l'ingénieur tait ce qui pour lui constituait l'implicite, à savoir la nature du gîte, une galène argentifère « disséminée entre les assises d'un calcaire marbré dont l'ensemble forme une espèce de couche ayant 0m50 à 0m60 d'épaisseur »².

La minière n'est pas liée exclusivement aux gîtes en couches ou en amas. C'est de cette manière que débutèrent la plupart des exploitations, sans distinction de substrat. La raison en fut autant administrative que technique : l'obligation dans laquelle se trouvait l'exploitant de produire sans délai du métal le contraignait à une extraction rapide et massive. On prenait le minerai « par les cheveux »³ et par tranchées. Parmi les gîtes inventoriés au dix-neuvième siècle, nombreux furent ceux qui portaient à leurs affleurements les traces de ce genre de grattages superficiels réalisés à des époques plus ou lointaines. A Largentière en Ardèche où l'on trouva « de grandes excavations creusées à l'aide du feu ». En Ardèche encore, la mine de Balais, dans la commune de Talancieux, se présentait sous la forme d'un « gîte exclusivement attaqué aux affleurements ». Près de Notre-Dame de Laval, dans le Gard, « on observe une multitude d'excavations faites à ciel ouvert au moyen du pic... » A Ribevannes, près de Meyrueis en Lozère, « des traces d'excavations et de déblais... se remarquent en plusieurs points de la crête du filon, prouvent que ce gîte a été l'objet de travaux fort anciens et qui n'ont point pénétré dans la profondeur »⁴. A Youx, en Auvergne, l'exploitation débuta par une « excavation d'environ

¹ - Jacques KUNZLER « Contribution à l'étude historique et archéologique de la mine du Bleiberg. » in Les Cahiers naboriens, 1985.

² - S.I.M.1844. Concession de Surtainville et Pierreville accordée en 1826.

³ - A. CHERMETTE, op. cit., p. 36.

⁴ -S.I.M.1844.

30 pieds sur le filon, sur une longueur de 50 toises -95 mètres de long sur un peu plus de 9 mètres de profondeur- avec à l'une de ses extrémités une galerie de 50 toises »¹.

Dans les gîtes filoniens, un tel mode d'exploitation perd rapidement sa raison d'être. A Pont-Péan, au lieu-dit « Le Paty du Bois », la compagnie Danycan, « commença par découvrir la veine à fond de cuve, à peu près comme on fait une carrière, travail qui coûta beaucoup ». En février 1731, l'excavation mesurait 27 pieds de profondeur, 32 toises de longueur, 16 toises de largeur -8,6 mètres de profondeur sur 60 mètres de long et 30 mètres de large. On y voyait « quatre veines de mine de plomb desquelles sortent trois autres qui se divisent et se pendent dans une terre grosse et argileuse. » Huit mois plus tard, elle avait atteint la profondeur imposante de 75 pieds (un peu plus de 24m)². Malgré une organisation en gradins, cette manière de travailler révélait tous ses vices, éboulements fréquents, exhaure et extraction dispendieux. En 1732, la Compagnie n'eut d'autre choix que d'ouvrir cinq puits au fond de l'encaissement³.

Dans ce cas, la difficulté tient à la géologie même. Qu'est-ce en effet qu'un filon ? Etymologiquement, nous dit le minéralogiste « le mot filon vient de l'italien « filone », augmentatif de « filo » qui veut dire fil. Il désigne une lame de roche épaisse de quelques centimètres à quelques mètres, recoupant les structures préexistantes de l'encaissant, plus ou moins déjetée sur le plan horizontal et s'enfonçant rapidement dans le plan saggital »⁴. « Le filon, écrit Jars -et sa définition suit immédiatement celle qu'il donne du terme mines- est une épaisseur de rocher plus ou moins large, différente de celle qui le joint et qui le traverse tant en longueur qu'en profondeur. » Quant à Monnet, il décrit les filons comme étant des « fentes plus ou moins grandes, qui coupent la roche dans un plan plus ou moins perpendiculaire... » Et d'ajouter : « les filons et les couches sont précisément l'opposé l'un de l'autre »; les couches se développent « dans un plan plus ou moins horizontal »; les filons « dans un plan plus ou moins perpendiculaire »¹. De telles conditions géologiques exigent la mise en place d'un complexe technique différent de celui de la minière et de la

¹ - A.N. F 14 8102, rapport Duhamel (1789).

² - Vol. 3, p. 22.

³ - R. CARSIN, Les techniques à la mine de Pont-Péan, 1730-1798. De l'extraction à l'affinage : méthodes et machines, pp.74-81. A. LODIN, op cit. Les citations sont extraites des rapports établis par Blumenstein en février et novembre 1731.

⁴ - G. NAUD, Guide du géologue en Ardèche. 1.- Constitution géologique du département, p.51.

chambre d'abattage. Parce qu'elle limite le déplacement excessif de matières stériles dont le cubage est immense comparé à celui de la matière minéralisée, et qu'elle permet de suivre le filon à moindre coût et risque, l'exploitation par puits et galeries s'impose à l'exploitant.

2°) ART DU FILON, ART DE LA MINE.

L'opposition filon/couche structure le champ technique propre au monde minier de l'ère pré-industrielle. Les gîtes filoniens -gîtes parfois très riches, mais toujours très complexes dans leur agencement- obligent à l'anticipation technique, tandis que l'exploitation des gîtes en couches n'exige qu'un suivi quotidien². Or, en Europe continentale³, les mines métalliques sont principalement filoniennes. De mines en couches, détaille Monnet, « on ne connaît guère que quelques mines d'étain ou de cuivre schisteuse », Zinngrauen et Zinnwald en Bohême, Eisleben et Mansfeld, « qui ont... sur dix toises, à peine une toise de chûte »⁴.

a) Richesse : une rareté au dix-huitième siècle.

Ce qui fait la richesse des gîtes en filons, c'est avant tout leur teneur en argent.

Certaines renfermèrent de véritable minerai d'argent. Cela se rencontra en fin de siècle, à Sainte-Marie-aux-Mines, au Huelgoat en Bretagne et aux Chalanches, dans les Alpes. A Sainte-Marie-aux-Mines, Ch.-F. Schreiber trouva en 1763, « un étranglement de filon garni d'argent crud », et en 1771, « plusieurs morceaux d'argent crud massif, revêtu de toutes parts »⁵. Au Huelgoat, la valeur des « terres rouges », un quartz carié imprégné d'oxyde de fer, dans lequel se trouvait disséminé de l'argent natif, du chlorure et du bromure d'argent, fut découverte en 1774 par Duhamel⁶. De la même manière, aux

¹ - Jars 1769/1780, 1er mémoire, « Elémens de la géométrie souterraine.. », part.1, section2. A.G. MONNET, Traité de l'exploitation des Mines, p.30.

² - « On a beaucoup plus de facilité à retrouver la continuation de ces mines que celles des filons, puisqu'on peut s'étendre horizontalement à droite ou à gauche; & il arrive aussi qu'en perçant la roche en ligne droite, on retrouve la mine de l'autre côté. » A.G. MONNET, op. cit., p. 49.

³ - Il en va différemment du domaine géologique anglais.

⁴ - A. G. MONNET, ibid.

⁵ - A.G. MONNET, op. cit., p.53.

⁶ -. La teneur moyenne à cette date était de 0,0035. Il s'agissait du « chapeau de fer », c'est-à-dire de la partie oxydée qui se rencontre en tête du filon, et a donc subi un véritable lessivage. Les ingénieurs comparaient ce minerai d'argent du Huelgoat aux minerais péruviens et mexicains « pacos » et « colorados » (S.I.M. 1844). Ces terres rouges se révélèrent d'un traitement métallurgique particulièrement délicat Leur exploitation fut tardive et ne put donc contribuer au lancement de l'exploitation comme nous l'avions pensé dans un premier temps. (Anne-Françoise (BRULE)-GARCON, « Les mines métalliques bretonnes aux XVIII^e et XIX^e siècles : inventaire et typologie ». M.S.H.A.B. 1988, pp. 125-145.

Chalanches, J.G. Schreiber mit en évidence la valeur de ce minerai appelé « merde d'oie » que l'on négligeait. Reconnaissable à son « toucher de velours », cette terre contenait argent natif et argentite¹. En 1784, sa teneur en argent s'élevait à 13 ou 14%², un chiffre tout à fait remarquable. L'abattage s'en effectuait à la petite cuillère. Au contraire des terres rouges du Huelgoat, ce minerai n'avait besoin que d'un simple feu de forge pour être fondu. La population locale sut en profiter. Le minerai était récolté clandestinement dans les fentes affleurant au jour et fondu non moins clandestinement dans les bois environnants. Le curé lui-même s'activait à de telles entreprises dans sa sacristie, vidant les inévitables scories dans un trou pratiqué à même le sol Entre le profond des forêts et celui de l'église, « on évalue l'argent volé au moins au quart de ce que la mine a produit »³. Cette dîme d'un genre particulier dut constituer une véritable manne pour cette population aux conditions de vie particulièrement précaire...

On ne peut parler de richesse filonienne sans évoquer celle des mines vosgiennes. La Statistique de l'Industrie Minérale, dans son dénombrement de 1844, évoque les gîtes de Château-Lambert, dont « certains minerais, rares à la vérité, donnaient jusqu'à 0,0006 d'or... »⁴, de Giromagny, de Ste-Marie-aux-Mines, « riche de 43 filons », La-Croix-aux-Mines et son « énorme filon presque vertical, dont la puissance s'élève parfois jusqu'à 80m. » Le minerai ? Partout du cuivre gris à forte teneur⁵, de l'argent natif, de l'argent antimonial, de l'argent rouge associé à la galène argentifère. Il reste peu de choses de cette richesse au dix-huitième siècle. Ainsi Giromagny : l'ingénieur Daubrée fait une description complète des anciens travaux dans un rapport établi en 1842, lors d'une demande de reprise⁶ : La concession -l'une des plus riches sur le plan géologique- comprenait pas moins de quarante filons recensés. Mais, sur le nombre, combien furent exploités avec profit au

¹ - En compagnie de « sulfures complexes associés à l'antimoine et à l'arsenic, polybasite et pyrargite » A. CHERMETTE, *ibid.*

² - Soit 624 grammes au quintal ancien de 48 kg. Chiffres fournis par J.G.Schreiber lui-même.

³ - Soit 2.500 kg ! Les scories furent retrouvées lors de la restauration de l'Eglise. Les vols étaient à ce point nombreux et généralisés qu'un monitoire fut organisé par la Compagnie, en forme d'avertissement et de repentir ... Anecdote narrée par Rickart lors d'une tentative de reprise des travaux en 1890. Voir A. CHERMETTE, *ibid.*

⁴ - S.I.M. 1844.

⁵ - A Sainte-Marie-aux-Mines, le cuivre gris tenait 0,0100 d'argent. A La-Croix-aux-Mines, le filon avait été reconnu sur une longueur de 13.000 m. La galène argentifère composait la masse métallique dominante. Mais l'on trouvait aussi du plomb phosphaté, du plomb carbonaté, du cuivre gris qui pouvait contenir jusqu'à 0,02 d'argent (S.I.M. 1844).

⁶ - Les travaux étaient délaissés depuis l'époque révolutionnaire.

dix-huitième siècle ? La mine de St-Pierre dans la montagne de St-Jean à 500m au nord-ouest du village de Giromagny étendait ses travaux sur une ligne de 200m environ et sur une hauteur de 400m. En 1742, elle n'occupait que trente mineurs. La tentative de reprise de la mine du Feutschgrund qui passait pour l'une des plus riches de pays se solda par un échec. Dans la paroisse du Puy, les travaux de la mine de Saint-François, « furent abandonnés par Gensanne, comme pas assez productifs ». La mine de Saint-Michel, travaillée en 1741, « n'a pas beaucoup produit ». La mine de Saint-Georges ne fut exploitée que sur une petite étendue. Celle de Saint-Paul rendit peu. Celle de Saint-Nicolas-du-Bois fut abandonnée pour sa pauvreté. Seule, la mine de Saint-André est présentée par l'ingénieur comme ayant été travaillée de manière régulière¹.

Le secteur d'Auxelles-le Haut ne fut guère plus productif : 45 mineurs -chiffre valant pour le fonds et la surface- travaillaient à la mine de plomb du Grand-St-Jean, l'une des rares que Daubrée qualifie de « considérable »². Il signale, sans réellement s'arrêter, la mine de plomb et d'argent de St-Urbain, dont les travaux « semblent dater de 1742 » ; le percements de St-Nicolas, entrepris par Brolleman, avant qu'il ne rejoigne l'exploitation du Huelgoat-Poullaouen³ ; la mine de Sainte-Barbe, « exploitée presque depuis le sommet de la montagne sur les 2/3 de la hauteur » ; la mine de Saint-Martin ; le percement de St-Philippe, long seulement de 32 mètres. Sur la centaine d'ouvertures que présentait le site, une quinzaine seulement avaient travaillées dont trois avec quelques profits : la mine de St-Pierre, celle de Pfeningthurn, « longtemps réputée la plus considérable du pays », dont les travaux s'approfondissait jusqu'à 390m, et celle du Grand-St-Jean ; encore, cette dernière dut-elle être abandonnée « par suite de l'impossibilité où l'on se trouvait d'épuiser les eaux ».⁴ « On en a tiré 1.600 marcs en argent et 24 milliers, rapporte Jean Hellot. Mais les dépenses de travail égalant presque le profit, elles furent abandonnées sous la Régence du duc d'Orléans, par le duc de Mazarin, qui n'en tirait que 6.000£t. de revenus »¹.

Le même tableau se retrouve à St-Marie-aux-Mines : en 1785, lorsque Dietrich visite le versant alsacien de l'exploitation -le seul à se trouver encore en activité- il dénombre

¹ - A.N. F14 8111.

² - C'est, dit-il, "une exploitation de trois filons par trois étages, le second inférieur de 130m. au premier et le troisième de 245 mètres au-dessous du second.

³ - D'une longueur de cent mètres.

⁴ - A.N. F14 8111.

quelques trente mines travaillées et relève la présence de 150 mineurs. Ces chiffres qui donnent la petite moyenne de cinq mineurs par chantier sont révélateurs de la perte de substance du site : l'exploitant compense l'épuisement des filons par la multiplication des ouvertures. Sans grand succès cependant, puisque de tous ces chantiers, remarque Dietrich, seulement deux sont réellement productifs : la mine d'argent de St-Nicolas et celle de Surlatte². De fait, aucun de ces vieux gisements ne sera réellement productif au dix-huitième siècle. Mais les splendeurs passées ont de longues résonances. Ces gîtes marquèrent d'autant plus la mémoire collective minière, qu'ils n'eurent aucun équivalent dans la très longue durée³.

b) Inconstance et défaut d'allure : les difficultés du quotidien.

Incertitude et précarité sont de règle dans l'exploitation des gîtes filoniens. Les difficultés rencontrées par les mineurs sont multiples et concernent autant la puissance que la direction ou le remplissage du filon. L'ingénieur Duhamel en 1761, « croit devoir donner l'explication de plusieurs termes souvent employés et répétés ». Il précise que « par le mot filon, il entend une certaine largeur de terrain comprise entre deux bancs qu'on nomme communément épontes... » L'erreur serait d'assimiler le filon au minerai : « la matière qui est renfermée est quelquefois du minéral métaslique, et quelque fois n'en est que la matrice ou matière propre à en recevoir »⁴. Propos réalistes d'un homme habitué au terrain et de

¹ - J. HELLOT, « Etat des mines du royaume établi par généralités », in Ch. A.SCHLUTTER, 1750.

² - Cinq secteurs étaient exploités : La Petite Liepvre (cinq mines), Raventhal (huit mines), Val de Sur l'Hâtre (trois mines), St Philippe (quatre mines), Val de Fertrupt (neuf mines). Théo BULHER, « Les mines de Sainte-Marie », 3^e Cahier de la Société d'Histoire du Val de Lièpvre, 1965, pp. 29-34.

³ - A commencer par A. G.Monnet, qui, en floréal an II, alors qu'il était agent « près les mines de Brassac », envoie à la Commission des Armes et Poudres cette étonnante diatribe : « si le système de la République française est différent de celui de la Monarchie à l'égard des Mines, ce que je souhaite, si ce système est qu'elle fasse les premières avances ou fasse exploiter les mines pour son compte, mon devoir m'oblige de vous dire qu'avant d'entamer un pays neuf ou presque neuf en fait de mines -il était alors question d'entreprendre des mines en pays auvergnat- et où il n'y a que d'énormes dépenses à faire, d'abord, il faut faire relever d'anciennes mines... Faites relever les mines de La Croix, de Ste Marie, département des Vosges et nous aurons promptement du plomb et même du cuivre et de l'argent; et le profit qui en proviendra nous mettra en portée d'aller faire de nouvelles entreprises ailleurs; il y avait 600 mineurs à la Croix et à Ste Marie il n'y a pas longtemps, et il n'y a maintenant personne et les bâtiments tombent en ruine. C'est vous dire que c'est là où votre sollicitude devrait d'abord vous porter à jeter vos regards. » (A.N. F 14 8102).

⁴ - Et d'ajouter, avec une précision qui se veut sans appel : « Il fait cette observation pour ne laisser aucune équivoque dans l'interprétation du mot filon qu'il emploiera et répètera plusieurs fois dans son rapport; et afin que l'on entende point par ce mot une suite constante de minéral métallique formé et propre à être actuellement exploité et qu'on ne prenne pas le change lors qu'il aura occasion de dire que dans certains endroits, le filon a jusqu'à dix-huit pieds de largeur; mais qu'on doit remarquer que cette largeur fort souvent ne contient pour ainsi dire point de minéral de plomb, mais bien la matière qui constitue le filon, matière différente soit par sa solidité, soit par son organisation, soit enfin par les parties pyriteuses qu'elles

surcroît confronté à un problème juridique. Le vocabulaire corrobore son propos : « Il y a des filons qui ne montrent dans un assez long espace rien autre chose que de la gangue ou du quartz; on dit de ceux-ci qu'ils sont pauvres... Il se trouve des filons qui ne sont garnis qu'avec de la terre grasse, ou molle et argileuse... on les nomme filons morts »¹. « Découvrir un filon, précise de son côté Gabriel Jars, se dit quand on le rencontre par hasard ou par une recherche; s'il contient du minerai ou qu'il en promette par ses indices, il est dit filon noble; s'il ne produit rien, il est dit sourd, vil et abject »².

Il n'est pas un site qui n'échappe à une stérilité filonienne, aussi inexplicable -à ce moment des connaissances géologiques- qu'inattendue. Aux Chalanches, « un essai d'un filon nouvellement découvert, contenant 60 à 80 marcs d'argent par quintal ne donne pas plus d'espérance que s'il n'en contenait qu'un seul marc »³. A Villefort, l'épuisement rapide des filons de Peyrelade et de Fressinet, joint à l'extrême dissémination des travaux semble condamner l'exploitation, quand sont découverts les filons voisins⁴. Au Huelgoat, les travaux, « se font sur un seul filon puissant, très peu étendu [...], bien réglé », mais « le minerai ne se trouve pas dans toute l'étendue »⁵. A Vienne, à partir des années 1750, la pauvreté des filons met en difficulté les ateliers Blumenstein. « Les travaux sont si languissants qu'ils sont presque nuls », écrit en 1778, le Chevalier de Grignon⁶.

La précarité pouvait prendre une autre forme, celle de la diversité d'allure, tout aussi imprévisible, en l'état des connaissances. « La direction des filons ne se soutient pas toujours la même; elle change souvent... Le penchant ou l'inclinaison des filons varie également... » La puissance, -c'est à dire « l'épaisseur des filons »- ...est « un des points sur lesquels le filon varie le plus... On en a depuis quelques pouces jusqu'à plusieurs toises; et

renferment et qui la distingue du rocher environnant qui contient et borne le filon... » (Procès-verbal de visite de la mine de PontPéan, 26 octobre 1761 -14 juillet 1762, in R. CARSIN, op. cit., pp.87ss.)

¹ - Ibid., p.52-53.

² - G.JARS, op. cit.

³ - Le propos est de J. G. Schreiber qui ajoute : « On sait par l'expérience journalière que ces filons ne se maintiennent pas dans l'étendue d'une toise dans le même état (A. CHERMETTE, op. cit., p.36.

⁴ - E.N.S.M.P. M 1828 (77), GRAS, « Exploitation, préparation mécanique et traitement métallurgique de la galène argentifère de Vialas » ; M 1833(144), BOULANGER, de MONTMARIN, « Mémoire sur l'usine de Vialas ».

⁵ - « La largeur de la partie métallique n'est que de 240m, avec quelques portions de celui-ci entièrement stériles. La plus considérable était à 100m de profondeur; elle avait une quarantaine de mètres d'étendue... » DAUBUISSON, « Description succincte de la mine de plomb du Huelgoat », Journal des Mines, 1807, t.21.

⁶ - P.LEON, op. cit., t. I, pp.202-203.

tel filon qui s'est montré d'abord très puissant, devient par la suite très mince, ou il est étranglé, ou même coupé entièrement »¹. L'expression brutale reflète une réalité quotidienne : au Huelgoat, en 1807 le filon manifesta soudainement « une inflexion assez considérable vers le milieu de la longueur connue »². « Rien de si bizarre et de si irrégulier, écrit Johann Gottfried Schreiber entre 1783 et 1786, que les filons et couches minérales des Chalanches dans leur direction et leur inclinaison. Il est très rare qu'un filon conserve la même direction et la même inclinaison dans une étendue de 6 à 8 toises; ils se jettent tantôt d'un côté, tantôt de l'autre »³. Le brouillage des sites est l'obstacle le plus fréquemment rencontré par les mineurs. Porté à son paroxysme aux Chalanches, c'est aussi un facteur de gêne à Vialas : « sur tout le versant nord, les schistes sont brisés à un point tel qu'il est impossible de reconnaître leur pendage et leur direction générale... tandis que les failles, les cassures, les glissements de terrain, les croiseurs des filons métallifères sont très nombreux dans la partie brisée »⁴. Au brouillage répond l'absence d'indices en surface, le défaut d'affleurement, obstacles rencontrés au Huelgoat⁵ ou sur le versant sud de la concession de Vialas. « Du côté de Saint-Andéol, les schistes sont feuilletés, et présentent une régularité très remarquable de pendage et de direction, mais ajoute l'ingénieur, aucun affleurement n'a été signalé dans cette partie régulière des schistes »⁶.

c) Un champ technique limité, des débuts difficiles.

Ceci explique cette manière qu'eurent les hommes de métier d'assimiler l'exploitation minière à la mine polymétallique et plus précisément au gîte filonien. Le filon engendre l'ingénieur en quelque sorte. Il n'est pour s'en convaincre que d'écouter Monnet parler du fer : « Les mines de fer en France n'ont aucune sorte d'arrangement qui puisse nous intéresser, ce ne sont que des amas informes placés çà et là dans une terre argileuse, ou grasse ou sableuse »¹ Propos excessifs qui passent sous silence d'impressionnants travaux souterrains, ceux de Franche-Comté par exemple, récemment mis en lumière par la

¹ - A. G. MONNET, op. cit., pp.37-38 et 41.

² - « ...en forme d'arc de cercle, dont la corde, au niveau de la galerie des charioteurs, est de 60m de long et la flèche de 36, convexité tournée vers le sud-ouest... » DAUBUISSON, ibid.

³ - « Il y a autant de différence dans la direction des filons des Chalanches qu'il y a de divisions sur la boussole du mineur et leur inclinaison varie depuis 5 jusqu'à 70 » J.G. cité par A. CHERMETTE, ibid.

⁴ - Il s'agit de Rivot dans son « Mémoire sur le filon de galène argentifère de Vialas (Lozère) », Annales des Mines, cité par I. BOUCHARD, op.cit., p.71.

⁵ - Voir infra.

⁶ - I. BOUCHARD, ibid.

recherche archéologique². Mais propos à prendre en compte : dans le complexe technique minier qui habite l'Europe continentale depuis le quatorzième siècle, la mine, entité réfléchie et théorisée, est d'argent, de cuivre ou de plomb.

On comprend mieux également l'impérieux besoin que ressentent ces ingénieurs « spécialisés dans les Mines », d'élaborer et de développer une « Géométrie souterraine ». Mise en avant par Gabriel Jars, qui la reprend de son maître Koenig, directeur des mines de Poullaouen, cette science de la nécessité, « traite de l'étendue des mines, dont la théorie est fondée sur la géométrie ordinaire et qui a ses opérations par la pratique, et n'a pour objet que de simples lignes ou des dimensions qui par leurs différentes positions font connaître la situation des mines ouvertes et de celles que l'on aurait l'intention d'ouvrir »³, sera longtemps aussi science de l'improbable. Le désabusement de l'ingénieur Pernollet est certain lorsqu'en 1846, il tente une description raisonnée du filon du Huelgoat : « le filon du Huelgoat est reconnu sur une étendue de plus de 1.000m suivant la direction, de 300m suivant sa pente. On peut admettre que le minimum du champ d'exploration convenable à ce filon est mesuré par une étendue superficielle de 300.000 m²... Dans ce champ, l'on a trouvé 72.460m³ de filons exploités pour plomb et 19.120 exploitables pour argent; soit en somme 91.580m³ de filons productifs. Ce n'est pas un tiers de l'étendue dans laquelle le filon pouvait être recherché avec chance de succès. Même sans sortir de cette enceinte, qui n'a pu être reconnue qu'à la suite d'un siècle de travail, on voit déjà combien il faut avoir la main heureuse pour qu'un puits ouvert à une certaine distance d'affleurements reconnus, tombe à point nommé sur une partie du filon exploitable...Que faire si les affleurement manquent ? Se résigner à suivre le filon pied à pied, partout où on le tient, et en ne s'écartant que timidement d'abord des parties reconnues; mais alors, ce serait donner prise aux accusations d'ignorance dirigée contre les Anciens, qui, selon l'expression de M. Burat, ne croyaient à l'existence du minerai que lorsqu'ils le voyaient et avaient ainsi des puits rapprochés et sans profondeur, des travaux sinueux et incertains »⁴. Que dire, après cet

¹ - A. G. MONNET, op. cit., p. 50.

² - *Les travaux de l'équipe de Michel Mangin en Franche-Comté, en particulier ceux de Denis Morin éclairent ce sujet.*

³ - G. JARS, *ibid.*

⁴ - « *Appendice aux notes précédentes contenant la description des 6 filons exploités dans la concession des mines de Poullaouen (Finistère) pour servir de preuve à l'appui des objections soulevées contre l'opinion dans l'unité d'allure et dans la continuité des filons métalliques* », *Annales des Mines*, 1846, pp. 429-431. Le texte non signé, est attribué à Pernollet.

aveu d'une semi-impuissance ? Le dépouillement des journaux de voyage des élèves-ingénieurs des mines au dix-neuvième siècle montre comment, de texte en texte, de description en description, les connaissances minières et métallurgiques s'approfondirent, gagnèrent en précision et en pertinence. En ce qui concerne le gîtologie, ce fut une marche à pas comptés. La rupture essentielle intervint plus entre 1860 et 1900 qu'entre 1780 et 1860.

Les débuts difficiles que connaissent toutes les Compagnies trouvent ici une bonne part de son explication. Organisée définitivement en mars 1730, la Compagnie des Mines de Bretagne et du Bourbonnais, titulaire de la concession de Pont-Péan dut se dissoudre dix ans plus tard, entre septembre 1740 et mars 1741, vaincue par l'abondance des eaux. Elle n'avait connu que trois à quatre années de fonctionnement régulier¹. A Vialas, en 1768 et 1773, plus exactement à Villefort, premier lieu d'extraction, les Compagnies ne parviennent pas à dominer un champ filonien problématique. A Pontgibaud, Drelon et Engelvin « jeune, peu riche », s'épuisent à la réouverture des travaux de Barbecot. Le journal des travaux établi par l'intendant livre un récit particulièrement évocateur. « Juillet 1783 : grand désordre car on s'occupe à décombrer les galeries et puits dégradés; une dizaine d'ouvriers. Août 1783 : abondance des eaux qui affluent de toutes parts et des vapeurs méphitiques; il faut ouvrir une galerie d'écoulement. Octobre 1783 : vingt toises de galerie. Fin juillet 1784 : 53 toises de long ; les mineurs et leurs manoeuvres se relayent tous les jours ; pas de minerai. A quarante toise, on a ouvert une galerie d'aérage, prise obliquement au pied de la montagne, le travail est bien fait. Novembre 1784, rencontre du minerai ; eau en abondance par diverses cavités qui sont dans le filon ; éboulements inquiétants; il a fallu doubler les ouvriers et les soins et étançonner pour en arrêter le progrès. Le filon s'est ensuite montré dans des largeurs de 7 pieds du mur au toit dont 5 pieds de minerai »². Enfin heureux dans leurs recherches, mais épuisés financièrement, Drelon et Engelvin n'eurent d'autre choix que d'appeler en renfort et à leurs dépens, la puissante Compagnie du Lyonnais, celle des frères Jars.

¹ - A. LODIN « Notice sur l'exploitation des mines des Pont-Péan... », passim.

² - A.N. F 14 8102.

B - LA DIFFICILE MAITRISE DES ESPACES INTERIEURS.

Exploiter une mine ne s'improvise pas. L'exercice est dangereux pour les hommes et pour les capitaux. Gestes et des techniques appartiennent à un corpus technique qu'appréhendent diversement mineurs et officiers.

1°) GESTES ET TECHNIQUES.

L'exploitant de mines doit posséder -ou acquérir- une compétence technique qui lui permette de conduire correctement le fonçage des puits, la mise en forme des galeries et l'abattage du minerai. L'organisation de l'infrastructure hydraulique relève également de son savoir-faire. Il lui faut connaître le manière de construire les étangs, les canaux, les roues et les pompes, faute de quoi, il ne pourra assurer un drainage efficace des eaux souterraines.

a) L'attaque de la mine et des massifs.

Maîtriser l'espace intérieur, c'est d'abord discerner et mettre à jour ses potentialités. « Les métaux ne se présentent que rarement sous la forme qui leur est propre ; ils sont le plus communément minéralisés, c'est à dire masqués, et pour ainsi dire rendus méconnaissables par les substances avec lesquelles ils sont combinés... » Il y a donc souvent tromperie et méprise : « ce ne sont point les substances qui ont le plus d'éclat qui sont les plus riches, ce sont souvent des masses infimes qui renferment les métaux les plus précieux... » D'Holbach, l'auteur de ces lignes, met en garde ceux qui seraient tentés par l'aventure : « il faut de l'expérience et des yeux accoutumés... Les travaux pour l'exploitation des mines supposent des connaissances préliminaires qui doivent être très étendues »¹.

1) Les aléas de la découverte.

De l'expérience et des yeux accoutumés. D'Holbach résume parfaitement les qualités requises pour détecter la présence d'une mine. Les techniques de recherche et d'observation dont disposent les minéralogistes, couleur des feuilles, aspect particulier de la végétation, fontes des neiges inexplicables, recherche d'affleurements dans les ravins et les lits des torrents, relèvent d'un empirisme de bon aloi, en place bien avant qu'Agricola n'en fasse l'inventaire critique en 1556. Jusque tard dans le dix-huitième siècle, l'on se sert de la

¹ - Encyclopédie, art. « Mines ».

baguette divinatoire. Lézer, maître-mineur de la famille Blumenstein, l'utilisait pour découvrir ses sites, et établir « toutes ses conjonctures »¹. Du moins le laissait-il croire.

Les minéralogistes les plus avertis et les plus rationnels ont peu de techniques de remplacement à proposer. Jars dénie toute qualité à la baguette divinatoire, mais s'autorise à penser à propos des sources, de l'espèce des herbes, des arbres, de la nature du sol que ce sont « des indices qui réussissent souvent » même s'ils sont « trop généraux pour qu'on puisse les appliquer avec certitude à des cas particuliers ; nous les passerons sous silence ». Bien qu'il en tienne compte, l'ingénieur se refuse à énumérer des indices qui ne peuvent faire l'objet d'aucune nomenclature d'aucun classement généralisateur et dont la reconnaissance tient principalement de l'intuition. Mais il recommande, avec tout son pragmatisme, la recherche « dans les ravins où l'on aperçoit la tête ou la sortie du filon...par des tranchées ou par des puits ou galeries déjà pratiquées »². Propos réalistes : à l'exception de quelques gîtes, -bien peu nombreux à la vérité : celui de la Gardette découvert en 1707 par des paysans, celui des Chalanches découvert en 1767 par Marie Payen, une bergère du Clot d'Allemont, Vialas, découvert en 1781 par Vidal qui coupait des genêts³- les entrepreneurs miniers n'eurent pour principale ressource que la réutilisation de sites exploités dans un passé plus ou moins lointain. Dans les Pyrénées, comme au Huelgoat, à Sainte-Marie aux Mines comme à Villefort, au Bleiberg comme à Masboutin, à Joursac, à St-Amand-Roche-Savine, à Pontgibaud, les travaux commencèrent par la réouverture d'anciennes galeries⁴.

Cette installation dans les travaux délaissés d'exploitations antérieurement menées ne facilitait pas la tâche de l'exploitant. La coupe ancienne était parfois trop grande. Le cas ne

¹ - J. HELLOT, « Etat des mines du royaume ... », in Ch. A. SCHLUTTER, op.cit.

² - G.JARS, « Elémens de la géométrie souterraine... », 1769/1780. *De nos jours, la présence d'une flore spécifique sert à la détection archéologique de site. Ainsi en Belgique, Mrs. Joan Day s'attache à rechercher la présence de « pelouses calaminaires » dans la région de Liège, une qualité d'herbe qui pousse exclusivement sur les anciennes exploitations de calamine.*

³ - Vidal trouva des morceaux de minerai et en remit quelques-uns au facteur de Villefort, qui les montra à Gensanne. Celui-ci en fit immédiatement l'essai. Les ayant trouvés très riches, il chercha à savoir où ils avaient été ramassés. Selon l'anecdote, il fallut faire boire Vidal pendant deux jours avant d'obtenir le renseignement souhaité. Pour récompense, « on lui fit cadeau d'un habit de drap du pays teint en bleu et garni de boutons de métal jaune, qui coûta 35 francs. »(A.JOLY, Archéologie industrielle. Réhabilitation de la mine de plomb argentifère de Vialas, p.33).

⁴ - Les Chalanches : P.LEON, op. cit., t.1, pp.158-159 ; La Gardette : A. CHERMETTE, op. cit., pp. 46-62 ; Saint-Sauveur : A.N. F 14 8129 ; Les Essarts : J. DEHERGNE, op. cit., pp.203-205 ; Villefort : E.N.S.M.P., M 1837 (202), Comte ; Masboutin, Joursac, St-Amand-Roche-Savine : A.N. F 14 8102.

fut pas rare de concessions qui, pour être limitées en surface, n'en présentaient pas moins une multitude d'excavations anciennes, de puits et de galeries dont il restait à déterminer le principal. C'est là un cas de figure fréquent à l'Est du royaume. A Giromagny, l'exploitant dut choisir ses attaques parmi une centaine d'ouvertures potentielles. A Urbeis, le gîte, « contre-partie du filon de Sainte-Marie-aux-Mines... » rassemblait sous un seul vocable les mines de « Goutte-du-Moulin, Champs Bréteché, Haute-Landolle, Montagne de Cotte, Goutte-Henry, Porte de Fer, St Nicolas, Aptingoutte, La Chapelle... », et présentait « des haldes considérables, notamment auprès du château de Champ-Bréteché » ainsi que « d'anciennes scories qui ont dû provenir de deux fonderies situées l'une à Urbeis, l'autre à Champ-Bréteché »¹. La présence de tels restes pouvait en laisser accroire à Pierre Poncelet. Mais le maigre apport fourni par l'ecclésiastique et la vieille demoiselle qui s'associèrent à l'entreprise ne put suffire quelle qu'évidente que fût une bonne volonté qui se manifesta par des tentatives répétées. Il y eut des cas plus faciles, au Huelgoat, ou à l'Argentière en Briançonnais. L'exploitation s'établit vers 1788 sur d'anciens travaux, « quelques-uns du temps des Dauphins viennois, les autres du temps des romains. ». Ces travaux étaient « très étendus, formant de vastes excavations pratiquées dans des filons sud-ouest/nord-est, inclinés 40 à 50° sud-est ». Le choix pour la reprise se porta sur les plus importants d'entre eux, à la mine des Goujaz, qui étaient longs de 100 mètres et larges de 1m50, ainsi que sur ceux « moins considérables » de la mine de Saint Roch².

2) L'ouverture des travaux.

La mine découverte, il faut l'entreprendre. Mais comment ? A Vaucron, Jean de Giraud l'explique à ses associés aixois :

« Les premiers symptômes d'un gisement découvert, le premier travail est de suivre la tête du filon qui a de 1 à 6 pouces de largeur et qui est placé entre deux rochers qui la bornent. Après cette ouverture, on ouvre tout de suite un puits d'environ 4 pieds de côté³ que l'on continue sur le filon jusqu'à ce que l'on trouve une longueur et une qualité intéressantes... On creuse alors des fosses souterraines de même largeur, le long du filon. Les galeries si elles ne sont pas très avantageuses servent d'étages pour les décombres. »

¹ - A.N. F14 8110.

² - A.N. F 14 8050.

³ - Ceci fait un côté de 1m30 environ, ce qui paraît bien peu. A Poullaouen, les puits St-Sauveur, St-Georges et Ste-Barbe avaient respectivement 3,41x6 pieds, 14,5x7 pieds et 12,5x6 pieds.

« Lorsque ces galeries ont plusieurs toises de long, on creuse d'autres puits sur la même ligne à 5 ou 6 toises de distance l'un de l'autre et qui sont toujours reliés les uns aux autres. Tous les puits n'étant pas percés d'aplomb, il faut prévoir du côté opposé à l'inclinaison, des planches mises en longueur en descendant afin que les seaux et les débris puissent couler plus aisément sans être arrêtés par les châssis. »

« La sortie du minerai des puits s'effectue sur un tour à l'entrée, qui descend un seau en en montant un autre ; un seul homme suffit à le faire fonctionner. »

« Pour creuser dans la minière, les ouvriers ouvrent un côté du rocher afin d'avoir le dessus en un côté libre, et choisissent le roc le moins dur et le plus facile à briser avec le fer, les masses et les coins. Si la mine est dure, ils utilisent beaucoup de pétards. »

« Ces mines contiennent beaucoup d'eau... Il faut se servir de pompes dont la charge est donnée à prix fait¹ à un ouvrier qui peut en engager d'autres. Cette eau est conduite au sortir de la mine par des canaux couverts aux forges et aux lavoirs. Ces canaux peuvent être placés à une certaine profondeur de la mine pour n'être pas obligé de tirer l'eau du haut du puits². »

Voilà retracées d'un ton où perce la naïveté et le zèle du néophyte, les étapes principales de l'ouverture d'une mine, dans leur déroulement logique : fonçage de puits, ouverture de galeries, boisage, extraction, travail au front de taille, exhaure. Au vocabulaire près -les termes « fosses souterraines », « tour », « seau », « fer » « pétard » n'appartiennent pas en propre au vocabulaire minier³, gestes et techniques sont là. Qu'en retenir ?

1°) La multiplication des puits que l'on égrène, à raison d'un tous les dix mètres. Tous suivent le filon autant qu'il est possible ; jamais ils ne cherchent à anticiper une éventuelle direction. C'est là une technique présente à peu d'exceptions sur la plupart des sites nouvellement ouverts. A Poullaouen, « la dite mine contient en circonférence plus d'un journal de terre... dans l'étendue duquel il y a 10 à 12 puits nouveaux indépendamment des 6 vieux », écrit le subdélégué de Carhaix envoyé sur place par l'intendance de Bretagne. A

¹ - Et non « à prix fort » comme l'auteur l'a transcrit dans son article.

² - F. d'AGAY, op. cit., pp.26-27.

³ - Encore que le terme « pétard », amusant en lui-même, soit peut-être à retenir, comme désignation locale de la poudre.

Pont-Péan, après le rapport pour le moins critique de Blumenstein, sept puits furent établis au fond de la grande excavation qui mesurait quatre-vingts mètres de long sur quarante de large¹. A Masboutin, les « modernes » menèrent leurs travaux sur deux filons, situés « en montagne ». « Ils n'occupaient pas une longueur de plus de trente toises, développés en cinq puits et galeries »². Opposons à cette manière de faire, celle qui prévaut à Olliergues, en Auvergne, mine exploitée par les Blumenstein. Ils sondèrent le site au moyen d'un puits ouvert à l'affleurement puis percèrent à mi-côte une galerie, tantôt dans la veine, tantôt dans le filon, pour rejoindre le puits et dans le même moment favoriser l'écoulement des eaux et le roulage. Le savoir-faire déployé est remarquable de classicisme. Mais il correspond, en l'occurrence, à ce qui constitue l'idéal topographique de l'exploitation minière : un site en « montagne », un filon que l'on peut attaquer par le sommet³.

2°) L'importance du facteur travail tant pour l'abattage que l'extraction et l'exhaure, l'une et l'autre se faisant manuellement. C'est là aussi une constante de ces exploitations débutantes. A Pont-Péan, comme à La Garde-Freinet, comme partout, les « matières », sont « tirées » dans des « seaux par le secours d'un tour que des hommes font mouvoir. » L'épuisement des eaux à Pont-Péan se fait par « 28 hommes qui se relèvent de quatre heures en quatre heures ». Rythme semblable à Poullaouen, où l'exhaure, en 1733, est assuré par une pompe à chaîne, desservie par des équipes de quatre hommes se relayant toutes les deux heures, jour et nuit. Ce travail éreintant, cette permanence de la machine humaine va de pair avec le faible enfoncement de travaux et la multiplication des puits sur la ligne filonienne. C'est là, pour des exploitations à l'avenir incertain, un investissement élémentaire, le moins exigeant en dépenses.

3°) Elémentaire ne se conjugue pas obligatoirement avec rudimentaire. La présence de mineurs qualifiés, était obligée, repérable à ce qui est dit du boisage et de l'usage de la poudre⁴. Si les conditions de fonctionnement ressemblent à celles de l'entreprise proto-

¹ - E. MONANGE, op. cit., t.I, p.76 ; R. CARSIN, op. cit., pp.48-49.

² - Soit un peu moins de 20 mètres. « Le puits le plus profond creusé par les modernes a été de 60 pieds, par lequel ils ont rencontré une galerie des anciens qui l'a submergé un instant ; on n'a jamais connu la longueur de cette galerie, parce qu'on l'a abandonnée aussitôt. » (A.N. F14 8102).

³ - Ceci différencie Olliergues de Pont-Péan (vol.3, pp. 22-24). Blumenstein conseilla d'ailleurs à la Compagnie Danycan de reprendre l'exploitation « à partir des hauteurs de Laillé ». Mais ce fut en pure perte : la minéralisation n'allait pas jusque là. (R. CARSIN, *ibid.*)

⁴ - A titre d'exemple, cette réflexion faite à Pont-Péan en octobre 1733 à propos d'amorces de puits : « On attend pour les continuer, les mineurs allemands. » (A.D. Ille-et-Vilaine C1479, R. CARSIN *ibid.*)

industrielle, c'est pour mieux s'en détacher. Inéluctable en raison de la géologie, l'enfoncement des travaux oblige l'exploitant d'entrer dans une autre dimension technico-économique. Rapidement, la nécessité se fait ressentir de règles d'avancement rigoureuses dans les travaux souterrains tandis qu'en surface, progressivement l'hydraulique impose ses infrastructures. Faute de quoi, la mine est condamnée à disparaître.

3) L'exploitation des massifs.

En raison de leur ampleur et de leur durée, les travaux de Poullaouen et du Huelgoat offrent le meilleur des terrains d'observation. En 1737, Denmann, capitaine de mine Cornouaillais engagé par la Compagnie découvre et lance à Poullaouen les travaux dits de « la Nouvelle Mine »¹. Les travaux antérieurs, désormais baptisés « Ancienne Mine », impossibles à maîtriser en raison des difficultés d'exhaure, sont interrompus en décembre 1740. En 1748, venu indirectement de Saxe², Koenig reprend et développe autant qu'il le peut les travaux de la Nouvelle Mine, mais surtout remet à jour et entreprend la mine du Huelgoat, à quelques kilomètres de là, non loin du « Moulin d'Argent »³. Même scénario, en 1780, quand Brolleman, originaire quant à lui du Hartz, poursuit et approfondit les travaux du Huelgoat tout en proposant et en réalisant sur un secteur totalement neuf, l'ouverture des puits St-Sauveur et St-Georges à Poullaouen. Bien sûr, il s'agit là de spécialistes, appelés en renfort par une Compagnie en proie à des embarras que des officiers médiocres ne parvenaient pas à surmonter⁴. Cette fuite en avant en dit long sur la difficulté qu'il y avait à dominer un site, à le penser à long terme ; elle révèle également combien il était périlleux, délicat et potentiellement coûteux de vouloir reprendre des travaux mal engagés. Tard dans le dix-neuvième siècle, les ingénieurs des Mines,

¹ - Vol. 3, pp. 20-21.

² - Arrivé en France en 1738, Koenig entra au service de la Compagnie en 1748. Il s'était occupé auparavant « de mines de plomb et de charbon ». (A.D. Ille-et-Vilaine C 1493, cité par H. BOURDE de la ROGERIE, « Les voyageurs en Bretagne... », M.S.H.A.B., 1925.

³ - Episode narré par Daubuisson en 1807, qui confond les dates de découverte et de relance des travaux : « Exploitation redécouverte par Koenig en 1754... Ce métallurgiste se promenant dans le pays, trouva sur les bords d'un ruisseau et près d'un moulin appelé Moulin d'Argent, un tas de scories et de déchets de laverie. Ces matières et le nom du moulin auprès duquel elles étaient (autrefois les minerais étaient moulus au lieu d'être bocardés) lui firent présumer l'existence d'une ancienne exploitation dans le voisinage. Il remonta le ruisseau, et en cherchant dans les environs, il arriva à la mine. » (« Description succincte de la mine de plomb du Huelgoat », Journal des Mines, ibid.)

⁴ - Après Denman vint Félix qui officia de 1743 à 1748, Successeur de Koenig, Grévin dirigea les travaux de 1763 à 1780. Brolleman vint ensuite. A sa mort, en 1791, François Blavon-Duchesne, qui avait dirigé Pont-Péan de 1787 à 1791, lui succéda.

défendant une vulgate solidement établie par des années d'enseignement, recommandaient l'ouverture de nouveaux travaux, jugés potentiellement plus profitables que le réemploi d'anciennes galeries et de vieux puits à l'installation souvent douteuse¹. A contrario, la réussite d'un Koenig, maître d'oeuvre d'une organisation souterraine qui au Huelgoat se révéla efficace jusqu'à la fermeture de l'exploitation, vers le milieu des années 1860, n'en est que plus remarquable.

Organiser l'abatage est un art. Il faut « faire en même temps des ouvertures perpendiculaires et des routes en forme de galeries horizontales ou inclinées qui se communiquent et d'où on peut aller chercher de tous côtés le filon ou ses branches, des divers endroits qui paroissent à certaines marques n'en être pas trop éloignés »². Ceci pour la mise en oeuvre générale. Quant à l'attaque des massifs à proprement parler, la méthode diverge. L'époque Koenig sera celle des « strosses », c'est à dire d'un travail que l'on nomme aussi « à gradins droits » ou « en descendant » : de la galerie supérieure, l'abatage s'effectue en descendant progressivement par gradins horizontaux longs à peu près d'une toise et demi et hauts d'au moins une demi-toise³. L'allure est classique, -« on exploite plus souvent un filon en allant perpendiculairement dans les pays où ils courent dans des terrains bas »⁴-, le gain évident par rapport à l'excavation sauvage, celui du moindre risque grâce à une meilleure organisation de l'espace et des postes de travail.

La méthode a ses inconvénients, le principal étant un coût excessif en boisage. L'exploitation du filon « large à Poullaouen de 5 à 24 pieds » (1,6 à 8 mètres) conduisit à l'ouverture de vastes salles⁵ progressivement remblayées par le stérile que l'on déposait sur des planchers de bois. Ces planchers étaient coûteux d'entretien et bien difficiles à maintenir en place. « L'on était obligé d'exploiter toute cette largeur qui a formé des excavations considérables qui ont exigé un boisage de plus en plus coûteux en pièces de chêne de plus de 20 pieds de longueur et de 12 à 15 pouces d'équarrissage et, malgré cette

¹ - Cette recommandation fut faite à propos de Barbecot (Pontgibaud) et de Giromagny (A.N. F14).

² - « Mémoire sur l'exécution de l'arrêt rendu au Conseil d'Etat du Roy le 15 janvier 1741 concernant l'administration des Mines et Minières », (A.D. Ille-et-Vilaine, C 1472).

³ - Mesures fournies par Monnet dans sa définition du « poussage » des travaux miniers, A. G. MONNET, op. cit., p.65ss.

⁴ - A.G. MONNET, ibid.

⁵ - On ne parle pas au dix-huitième siècle de « dépilages ». Le terme apparaît tardivement dans la littérature technique du dix-neuvième siècle. Dans les mémoires des élèves-ingénieurs des Mines que nous avons consultés, la première mention vient en 1866.

énorme quantité de bois, la mine menaçait de s'écrouler »¹. De même au Huelgoat, « les massifs entre les galeries sont exploités presque partout par strosses. Les « kastes » ou planchers destinés à supporter les déblais sont à 2m les uns des autres ; et comme le filon, dans la plupart des anciens travaux, a de 30 à 40m de puissance, ces boisages n'ont pu être faits qu'avec des solives de près de 3dm d'équarrissage : lorsqu'on parcourt ces anciennes excavations, on croirait quelquefois être dans un magasin de bois »².

Le « travail en remontant » permettait d'économiser le bois. Il reprenait la découpe du massif par strosses en l'inversant. Dans cette manière de faire, qu'on appelle aussi « travail par gradins renversés », le premier ouvrier attaque le massif par le haut -« au-dessus de sa tête »³- et sur deux faces, « puis continue le travail horizontalement en s'appuyant sur les déblais résultant de son travail ». Un deuxième ouvrier « se place derrière lui et abat de même pour former un autre gradin supérieur au premier et avance horizontalement » ; pour se soutenir, « il doit établir un plancher qui repose en partie sur les déblais, en partie sur des solives implantées dans les parois du filon ». Un troisième ouvrier, au-dessus de lui, « entame un troisième gradin, etc »⁴. Cette méthode rend « l'exploitation et surtout -on s'en doute- le remblai plus faciles ». Pour des raisons qui tiennent peut-être à la géologie, son usage demeura peu courant, et limité à Poullaouen.

A moins qu'il ne faille voir dans ce relatif non-emploi, la concurrence d'un autre mode d'abattage, l'exploitation en galeries. Utilisée dans les mines du Harz et en Saxe, la technique était bien connue. « Si dans cet approfondissement, écrit Monnet dont l'ouvrage est une traduction commentée d'un manuel rédigé par le Collège des Mines de Freiberg, les filons se trouvent tellement bons, qu'on juge à propos de pousser en galerie pour enlever la mine..., on se détourne et on pousse horizontalement ». Brolleman l'employa avec bonheur dans l'exploitation des filons autour des puits St-Georges et St-Sauveur à Poullaouen dont Daubuisson fait une description admirative. Avant d'abattre, une nécessité s'impose, remarque-t-il, celle de préparer le massif. A partir du puits principal, on commence par percer horizontalement dans la bande métallifère (soit sur le filon, soit sur

¹ - DUHAMEL « Rapport sur la mine de Poullaouen, in E. MONANGE, op.cit., t.1, p.147.

² - DAUBUISSON, « De la mine de plomb de Poullaouen... », Journal des Mines, ibid.

³ - E.N.S.M.P., M 1825(33), Jabin, « Mémoire sur l'exploitation des mines de Vialas ».

⁴ - E.N.S.M.P., M 1828(77), Gras « Gisement, exploitation et traitement métallurgique de la galène argentifère de Vialas ».

les veines) des galeries de vingt mètres en vingt mètres. Ce travail préparatoire accompli, on exploite successivement chacun des massifs compris entre deux galeries. Pour ce faire, l'on descend une cheminée, c'est-à-dire, selon la définition qu'il en donne, un « puits foncé dans le corps du filon et suivant son inclinaison » ; puis, « de droite à gauche, on poussera dans le massif et aussi loin que le minerai s'étend ou que l'airage¹ le permettra, des galeries d'exploitation, ayant environ 2 mètres de haut et environ 1m1/2 de large (en supposant que la puissance du filon surpasse cette largeur) »².

Cette technique évitait un boisage excessif. De plus, elle facilitait le remblayage, qui était obligé, à Poullaouen en raison de la nature ébouleuse du toit du filon et sa forte inclinaison³. Entre chaque galerie, on laissait subsister un interstice ou portion de filon de 6 à 7dm d'épaisseur. Le dernier d'entre eux, situé immédiatement au-dessus de la galerie du fond supporte le remblai que l'on met dans l'espace autrefois occupé par le massif ; les autres sont progressivement abattus à mesure que stériles et remblais remplissent l'espace, de façon à laisser en place le moins de minerai possible. L'on monte ainsi « successivement d'interstices en interstices jusqu'à celui qui est au haut du massif et qui forme le sol de la galerie supérieure »⁴.

Ainsi va l'exploitation des massifs, de Koenig à Brolleman, des années 1740 aux années 1780. L'évolution tend à l'économie des coûts de production par la systématisation de l'architecture souterraine. Contrairement à la méthode en strosses qui travaille à vue, l'exploitation en galerie impose une vision projective du massif. C'est, de prime abord, une technique plus élaborée, un pas évident vers la géométrisation de l'espace souterrain, qui se remarque lorsque l'on compare le dessin des plans levés entre les années 1760 et les années 1780⁵.

¹ - Terme technique valant pour « aération ». Il évoluera ensuite en « aérage ».

² - Il en attribue la paternité à Blavon-Duchesne.

³ - Remblayer était à ce point impératif qu'il fallait parfois se procurer des décombres en dehors de l'exploitation, par exemple en excavant ou en poussant une galerie en plein roc.

⁴ - En cas de grande richesse du filon, les interstices inférieur et supérieur étaient abattus et remplacés par un fort plancher.

⁵ - Vol. 3, pp. 20-21.

b) Abattre, foncer¹, rouler.

Le travail du mineur à proprement parler, sa manière d'attaquer le front de taille ne va pas connaître une semblable évolution. Depuis l'acclimatation de la poudre, son adaptation aux travaux miniers que Monnet date avec une belle précision de l'année 1613², les techniques d'abattage se modifient certes, avec la nécessité d'une adaptation au terrain et par un souci constant d'économie, mais ce sont des modifications des détails, qui ne remettent pas en question une grammaire gestuelle fixée dans ses traits principaux. De théorisation, de prise de recul, point ou très peu. L'enjeu n'est pas à ce niveau. Signe des temps, l'iconographie, abondante pour le boisage et l'art des mines en général, est à peu près silencieuse sur l'art de la poudre et du coup de fleuret. Le mineur, en tant que tel, est absent des planches qui accompagnent les traités ; il n'appartient pas à cette mine que l'on pense, que l'on théorise, sur laquelle on réfléchit. Ainsi l'écart se creuse-t-il lentement, progressivement, inexorablement, entre le geste et son environnement technique, entre le savoir-faire et sa mise en oeuvre globale.

1) Faire parler la poudre.

Que représente la poudre au dix-huitième siècle ? Quelle est sa place ? Partout et nulle part à la fois. Nulle part, en effet, elle n'est d'emploi généralisé ; partout elle est susceptible d'être utilisée. « Tel rocher ou gangue, qui paraît dans un premier temps n'en devoir pas être susceptible, le devient par la suite ; ...la poudre peut être employée dans toutes les exploitations, si ce n'est dans un temps, c'est dans l'autre » avertit Monnet³. Mentionné en 1736 à Poullaouen pour « fendre les troncs », son usage s'étend, à partir des années 1740, aux travaux miniers ; non la poudre fine et ordinaire, mais une poudre grosse, « faite avec le salpêtre très pur et un bon charbon, une poudre aussi grosse que celle qu'on emploie pour les canons »⁴.

Son emploi a effacé celui du torréfage⁵, dont nous n'avons trouvé de traces actives sur aucun site étudié. Quant à la pratique, elle s'organisa autour des outils qu'elle exigeait, fleurets et masses pour percer l'orifice, curettes pour le nettoyer et le débarrasser des

¹ - Terme technique. On « fonce » un puits, on « pousse » une galerie.

² - A moins qu'il ne s'agisse de la date d'arrivée de la poudre à Freiberg.

³ - A.G. MONNET, op.cit, pp. 71-79.

⁴ - E. MONANGE, op. cit., t.I, pp.142-144.

⁵ - Encore appelé « calcinage ». Mode d'abattage par le feu.

particules de roches qu'il pourrait contenir, bourroirs pour le clore d'un opercule de matière sèche après qu'il a été rempli de poudre, épinglettes pour placer l'amorce. Partout, et pour des décennies, l'on répétait les mêmes gestes, ceux que relève l'élève-ingénieur Roëttier dans un rapport rédigé en 1786 : « le mineur est muni de plusieurs fleurets de différentes longueurs et d'un marteau, de sorte qu'il fait des trous dans la partie qu'il veut abattre, à peu près d'un pied, d'un pied et demi... Le trou achevé et séché, si toutefois il est humide, il charge puis il met le feu au moyen d'une mèche soufrée qui lui donne le temps de se retirer »¹.

Où se situe la technicité ? Sur quoi, en 1807, se porte le regard de l'ingénieur ? Sur l'emplacement choisi pour la charge, la profondeur donnée aux trous, 35 à 40 pouces en moyenne, dans le maniement du fleuret, la manière d'effectuer le bourrage, la manière de placer la mèche. Ces techniques se rationalisèrent. Le remplissage s'effectua non plus manuellement mais au moyen d'une cartouche de papier huilée, préparée à l'avance². A Sainte-Marie-aux-Mines « et en beaucoup d'endroits », pour disposer l'amorce, on substitua au remplissage par l'épinglette, une « mèche à poudre » également préparée à l'avance³.

Nulle part, il n'y eut identité d'exécution. Chaque site présentait ses particularités. A Poullaouen, on ne pouvait donner une grande profondeur aux trous de mine, « car la pierre dans laquelle on les fait est fendillée ; assez souvent même ceux de 4dm restent sans effet ; la poudre en s'enflammant, s'échappe à travers les fissures ». A Poullaouen toujours, le mineur faisait trois trous pas poste de 12 heures. Au Huelgoat, la masse principale du filon étant de quartz, « on a bien de la peine à avancer dans une matière aussi dure ; et il n'est pas rare de voir un mineur employer 12h de temps pour forer un trou de 4 dm et mettre hors de service une cinquantaine de fleurets ». Au Huelgoat encore, le filon rempli de fentes et de crevasses laissait passer les eaux ; le danger de voir mouiller la poudre est donc grand, et les précautions nécessaires ; aussi « emploie-t-on un moyen particulier : au lieu de se servir de cartouches de toile goudronnée et même de fer blanc, comme cela se fait en quelques endroits, on bouche les fissures qui conduisent l'eau dans le trou, en y

¹ - A.N. F 14 8073, rapport de stage de l'élève Roëttiers, 1786, cité par E. Monange, *ibid.*

² - Dans son mémoire rédigé en 1781, Duhamel indique qu'il y a deux personnes « employées aux cartouches », E. MONANGE, *op.cit.,t.I, p. 163, n.3. Voir aussi A. G. MONNET, ibid.*

³ - E. MONANGE, *ibid.*

introduisant de la glaise que l'on bourre très fortement à coups de refouloir. L'on charge ensuite comme à l'ordinaire »¹.

Les conditions imposées par le terrain n'expliquent qu'en partie de telles différences. Il y a aussi ce particularisme intrinsèque, difficile à comprendre tant il est insoupçonnable dans ses raisons, pour une grande part fruit d'habitudes de travail prises en dehors de toute véritable rationalité. Ainsi, la manière de bourrer les trous, après le remplissage, n'est nulle part la même. La pratique relève d'un coup de main qui appartient à chacun. Pourquoi ne pas utiliser un bouchon de terre glaise comme il est recommandé et préférable de le faire ? interroge l'ingénieur. A Poullaouen comme au Huelgoat, « chaque mineur bourre avec la matière qu'il juge à propos ; les plus circonspects vont sur les haldes chercher du schiste doux, c'est à dire exempt de portions quartzeuses ». Autre sujet d'étonnement, l'emploi de l'épinglette de fer, dangereuse en raison des risques d'inflammations et des explosions qu'elle peut provoquer. Pourquoi ne pas lui substituer, comme en Hongrie des épinglettes de cuivre ou de laiton ? Les recommandations de la Compagnie des Mines de Basse Bretagne, faites en ce sens, tant en 1774 qu'en 1786 après la mort d'un ouvrier mineur, restèrent lettres mortes : « l'essai n'avait pas réussi ; ces épinglettes cassaient ou se tortillaient lorsqu'il était question de les retirer du trou »². Défaut de matériel ou, pourquoi pas, refus d'adapter un geste par trop familier à un matériel nouveau.

2) Manier pics et pointerolles.

L'étude historique apporte peu à la connaissance des gestes habituels au mineur. Plus encore que pour l'utilisation de la poudre, la description manque. « Nous ne décrirons pas le travail au coin et à la masse, écrit l'élève-ingénieur Coste en 1827, il est trop bien connu »³. Pics et pointerolles continuent à marquer galeries et fronts de taille de leurs empreintes, autant du moins que la roche le permette. A Poullaouen, où « la masse principale du filon est une espèce de schiste argileux en général peu dure », l'usage qu'on fait du pic « y est aussi fréquent qu'avantageux. » Du pic seulement. La « pointrôle...y est

¹ - DAUBUISSON, « Description succincte... », ibid.

² - E. MONANGE, ibid.

³ - E.N.S.M.P., M 1827(53), Coste, « Mémoire sur le gisement et l'exploitation de la mine du Huelgoat et sur la préparation mécanique du minerai »

presqu'inconnue ; il n'y a guère que les boiseurs qui s'en servent »¹. Si l'on suit Monnet dans ses explications, le pic est utilisé préférentiellement en cas de « roche ou filon solides », la pointerolle, en cas de « roche ou filon friable. » Est-ce le cas dans les mines du Warndt en Lorraine ? Au Bleiberg, en effet, ne se rencontrent ni pic, ni poudre, mais un travail minutieux à la pointerolle et à la massette qui dessine « dans certains secteurs, des sillons parallèles en arc de cercle, du toit vers la sole... Chaque coup, ajoute l'archéologue, était frappé exactement dans le sillon du précédent, formant ainsi une ligne continue »². Nous ne saurons rien de plus, de même que nous ne saurons rien ou presque sur la manière de pousser une galerie et celle de foncer un puits³. Ici, place est laissée à l'indispensable archéologie, qui seule peut donner relief et dimension à ce que les textes apportent à l'histoire des techniques⁴.

Au regard des chiffres disponibles, l'impression prévaut d'une constance des métrages pratiqués. A Poullaouen, les puits présentent des modules de 6 à 7 pieds et lorsqu'ils s'accroissent ou se rétrécissent horizontalement, c'est par module de 2 pieds. Les plus importants, ceux dont nous possédons les dimensions, sont « quarrés longs », c'est à dire rectangulaires, compartimentés ; ils mesurent grosso modo de 12 à 12,5 pieds sur le grand côté et de 6 à 7 pieds (1,95m) sur le petit⁵. Au Huelgoat, les dimensions sont identiques : 12,5/7 pieds pour le puits septentrional, 12/6 pieds pour le puits de la machine à molette, 10,5/6 pieds pour le puits dont on poursuit le fonçage en 1807, dans la partie sud des travaux.

¹ - Daubuisson précise : » "Je n'en ai vu aucune entre les mains des mineurs durant mon séjour sur l'établissement. »

² - Un sillon peut avoir jusqu'à 1m50 de longueur. Quant au minerai, il s'agirait à 85% de césurite et 15% de galène, encaissé disséminées dans la masse du grès. Voir J.KUNZLER, « Contribution à l'étude historique et archéologique de la mine du Bleiberg », Les Cahiers naboriens, pp.45-72.

³ - Si ce n'est au travers des explications qu'en donne Monnet dans son ouvrage.

⁴ - Nous remercions vivement Bruno Ancel, Bernard Bohly, Claude Dubois et Jacques Grandemange de l'aide qu'ils nous ont apportée en nous communiquant leurs rapports de fouilles (fouilles de L'Argentière-la-Bessée en Hautes-Alpes, du Val-de-Lièpvre à Sainte-Marie-aux-Mines, projet collectif de recherche sur les Pyrénées ariégeoises, Autriche).

⁵ - Il s'agit de la taille des puits perpendiculaires. Les dimensions des puits inclinés qui suivent le filon ne sont pas données par les textes, et l'exploitation n'a fait l'objet d'aucune fouille archéologique. A Poullaouen, puits St-Georges : 3,41x1,95m (10,5x6 pieds), puits St-Sauveur : 4,71x2,27m (14,5x7 pieds), puits Ste-Barbe : 4,06x1,95m (12,5x6 pieds). Les puits St-Sauveur et Ste-Barbe étaient compartimentés en deux parties égales. En 1807, l'exploitation comprenait en outre quatre ou cinq petits puits, dont le puits dit de la Bascule, profond de 50 pieds. Les autres ne dépassaient pas la galerie d'écoulement à 45 pieds de la surface (14,5 mètres environ). DAUBUISSON, « De la mine de plomb de Poullaouen.. », Journal des Mines, ibid.

Ces dimensions sont-elles propres au site ou se retrouvent-elles en d'autres endroits ? Nous manquons de références à ce propos, de même que nous manquons d'éléments pour juger de ce qui les justifie: nécessité due au boisage, c'est-à-dire à la qualité de la roche environnante? à l'écoulement des eaux ? au matériel ? Y aurait-il, en toile de fond, une manière commune de procéder, un métrage commun¹ que l'on adapterait en fonction des divers paramètres imposés par les lieux ? Force nous est de laisser ces questions en attente. Relevons simplement que les dimensions trouvées au Huelgoat-Poullaouen ne recoupent pas celles, plus générales, qu'en donne Gabriel Jars²: théorie et pratique, à ce niveau, ne se rejoignent pas.

Il en va de même pour les galeries. Jars distingue entre galerie d'écoulement, galerie de recherche, galerie de reconnaissance, galeries obliques poussées sur des filons inclinés et propose comme « mesure commune » : 6 pieds de haut dans l'oeuvre (1m92), 3 pieds de large dans le bas (0m96), 2,5 pieds (0m80) de large dans le haut³. L'on retrouve là la forme trapézoïdale -et grossièrement anthropomorphe- des galeries du 18^e siècle, telles que le distingue l'archéologie. Quant aux dimensions proposées, où sont-elles ? A Poullaouen, les galeries d'exploitation mesurent 2m de haut sur 1,5m de large, taille imposante si on la compare à celle des galeries du Bleiberg ou des mines du Fournel qui, elles, avoisineraient plutôt les 1m75 à 1m80 de haut pour 1m à 1m50 de largeur à la base et 0m75 à 0m80 au sommet⁴. Quelles conclusions en tirer ? Prudemment, restons-en à la méthodologie : l'idéal serait d'établir pour chaque site étudié une typologie des galeries qui tiendrait compte de leurs fonctions, selon qu'il s'agit, par exemple, de galeries de traverse, d'exploitation ou de

¹ - *Métrage commun et non standard, c'est à dire relevant de la coutume et non d'une volonté de normalisation.*

² - « *Mesure commune* » proposées par Gabriel Jars pour un puits perpendiculaire : 9 à 12 pieds de long sur 4 à 5 pieds de large, in G.JARS, *ibid.*

³ - G. JARS, *ibid.* Monnet distingue entre galeries de poursuite, « celles que l'on fait pour entailler le filon de droite à gauche » ; galeries de traverse, « celles que l'on pousse hors de la direction du filon dans la roche, soit pour poursuivre une veine de mine qui donne de bonnes espérances, soit pour aller à la rencontre d'un filon » ; enfin, galeries de décharge, « celles qui sont faites à dessein pour saigner les eaux d'une montagne ». (A. G. MONNET, *op. cit.*, pp.108-109).

⁴ - Au Bleiberg, en St Avold : galerie A : 1m82 de hauteur pour 1m02 de largeur à la base et 0m65 au sommet pour le Bleiberg ; galerie B : 1m65x1mx0,52 ; galerie C : 1m76x1mx0,76. Les galeries B et C semblent avoir été des galeries de traverse. La reconstitution de la progression des travaux dans la galerie A donne 0m35 soit 1 pied progression par poste. (J. KUNZLER, *ibid.*). A la mine du Fournel en L'Argentière-la-Bessée : 1m75 à 1m80 de haut sur 1m50 à 2m de large à la base et 0m50 à 0m80 au sommet pour ce qui semble des galeries de traverse (galeries n° 20 à 23). (B. ANCEL, Les mines d'argent du Fournel. L'Argentière-la-Bessée (Hautes-Alpes). Fouille de sauvetage archéologique. Août 1991.

recherche¹. Perspective strictement linéenne certes, mais indispensable : elle montre l'étendue de ce qu'il reste à accomplir...

3) Pousser les brouettes, rouler les chiens.

Tout comme le travail au pic et à la pointerolle, boisage et roulage s'inscrivent dans la continuité technique qui s'est progressivement mise en place entre douzième et seizième siècle. Du boisage, nous parlerons peu, réservant ce sujet pour l'étude que nous tenterons de mener dans un prochain chapitre sur les coûts de production². Le roulage s'est peu modifié dans son principe depuis la description qu'en donne Agricola. Nouveauté peut-être, -mais datant de quand ?- le jet des minerais au travers d'une cheminée ou d'un « interstice percé » dans la galerie inférieure³. Pour le reste, très classiquement, dans des mines de l'importance de celle de Poullaouen ou du Huelgoat, le transport intérieur du minerai s'effectuait au moyen de « chiens de mine » ou de brouettes. Les brouettes vont pour les petites galeries, « et où l'on n'a pas établi de plancher »⁴, les chiens de mine pour les galeries plus importantes et équipées de ces « voies de bois »⁵ faites de deux madriers de hêtre, sur lesquelles on les roulait.

Quelle description donnent les ingénieurs de ce mode de transport intérieur au début du dix-neuvième siècle? Coste relève la nécessité d'humidifier constamment la voie, ce qui facilite le roulage⁶. Daubuisson analyse la disposition du plancher, qu'il voit formé de deux rangées de madrier, fixées sur des tasseaux de bois. Entre les deux rangées, « un intervalle d'environ 2cm dans lequel la cheville de conduite du chien glisse comme dans une

¹ - *Le distinguo est fait par DAUBUISSON qui dénombre à Poullaouen onze galeries d'exploitation qui constituent autant de niveaux, trois grandes galeries de traverse, deux galeries de recherche.* (DAUBUISSON, « De la mine de plomb de Poullaouen en Bretagne », Journal des Mines, *ibid.*)

² - Cf. chapitre.3. *Sur la continuité technique du boisage et du roulage, voir les derniers chapitres de l'étude réalisée par Jacques Grandemange à la Fontaine-aux-Chouettes en Ste-Marie-aux-Mines, Jacques GRANDMANGE, « Les mines d'argent du duché de Lorraine au XVI^e siècle. Histoire et archéologie du Val de Liepvre (Haut-Rhin) ». Documents d'Archéologie Française n° 30, 1991.*

³ - *La cheminée était un conduit vertical servant en priorité à l'évacuation du minerai. La remontée des minerais dans la galerie supérieure au moyen de tourniquet était également pratiquée mais c'était une pratique beaucoup plus coûteuse.*

⁴ - DAUBUISSON, *ibid.* « En toutes circonstances, les brouettes sont toujours nécessaires », écrit Monnet (op.cit., p.216). Dans son rapport de 1781, Duhamel relève la présence de « brouetteurs » et de « chariotiers ».

⁵ - *L'expression est de l'élève-ingénieur Coste et date de 1827. Daubuisson parle de « plancher », Monnet de « planches de roulage ».*

⁶ - « On a soin de les tenir (les madriers) toujours mouillés, le roulage est plus facile. » E.N.S.M.P., M 1827 (53).

rainure ». Quant à l'entretien, « on les retourne au bout d'un an de service et on les rechange l'année suivante »¹.

L'analyse porte aussi sur le contenant, le chien de mine, dont les dimensions et les formes ont évolué entre le début et la fin du siècle. Mignot de Montigny, en 1752, parle de « caisses hautes et étroites montées en forme de brouettes sur une petite roue qu'on fait rouler entre deux planches au long des galeries », des chiens venus de Hongrie. Roëttiers, en 1786, décrit un matériel d'apparence plus classique, des « petits chariots à quatre roues, appelés chiens, à cause d'une cheville en fer qui est fixée dessus et qui leur sert de guide en glissant entre deux planches appelées limandes, lesquelles donnent de la facilité pour le transport. » Avec son souci de précision, Daubuisson présente une caisse d'une capacité de 0,073 m³ et précise « qu'il en faut près de 14 pour faire un m³ »² Les grandes roues, en bois et cerclées de fer³ sont placées un peu en arrière du centre de gravité et sous la caisse.

Vingt ans après, le matériel n'est plus tout à fait le même. Le chien décrit par Coste est « formé de 5 planches maintenues par des lames de fer » Ses dimensions sont légèrement supérieures : 1m de longueur dans l'oeuvre, 0m97 de largeur au milieu, 0m40 de profondeur, ce qui lui donne une capacité totale de 148 litres. L'élève-ingénieur décrit la mise en place des essieux, précise l'emplacement des grandes roues⁴ dont l'essieu est « à peu près au milieu du chien, afin que l'ouvrier puisse facilement lever l'extrémité lorsqu'il change de route ou qu'il y a une interruption dans la voie de bois »⁵, insiste enfin sur la

¹ - Les madriers (ou limandes) ont 0,19m (7 pouces) de largeur et 0,08 (3po) d'épaisseur, ce qui concorde avec les dimensions rencontrées par J. Grandemange à Sainte-Marie-aux-Mines (0,12 et 0,006m). Seule différence -et de taille- l'importance donnée à l'écart : 2cm à Poullaouen, 4 à 7cm à Sainte-Marie-aux-Mines. Le gain de précision enregistré à Poullaouen pourrait bien être dû à l'amélioration des fixations au sol, disposition que Daubuisson critique cependant. Il préconise, une fixation par « solivettes dont les extrémités entreraient dans les parois des galeries », qui serait selon lui « plus solide » (DAUBUISSON, *ibid.*). Au Huelgoat, en 1827, le roulage s'effectue par relais de 70m, sauf si la galerie est inférieure à 100m (E.N.S.M.P., M 1827(53).

² - Dimensions exactes de la caisse, dans son oeuvre : 0,87 de long (32po), 0,3 (11po) de large sur le derrière, 0,27 (10po) sur le devant ; hauteur : 0,3m (11po). Epaisseur du bois : 3,8cm. La description vaut pour la mine du Huelgoat.

³ - Diamètre des roues : 0,19m (7po) pour les grandes, 0,11m (4po) pour les petites. Bois et cerclage comme à Sainte-Marie-aux-Mines (J. GRANDÉMANGE, *op.cit.*). Daubuisson plaide pour une augmentation du diamètre des roues qui, à son sens, faciliterait le roulage..

⁴ - Diamètre des roues : 0,16 et 0,08m.

⁵ - Le rouleur disposait pour ce faire d'une poignée de fer.

bonne adéquation du matériel à sa fonction : « la manoeuvre et la direction du chien sont assez faciles, en dépit du poids, environ 350 kg »¹.

Mignot de Montigny relève le caractère inhabituel de ce labeur souterrain. « J'ai parcouru les puits et les souterrains avec plaisir et non sans peine ; j'ai vu briser les roches pleines de minéral, j'ai vu transporter leurs éclats... « Souvent on est obligé de miner les rochers en les chargeant avec de la poudre... On m'a fait remarquer beaucoup de pyrites et quelquefois une espèce d'ocre rouge dans les endroits où il coule de l'eau »². Un demi-siècle plus tard l'ingénieur Daubuisson, nous apporte un autre témoignage sur la gêne que représente pour le travail ces eaux « tièdes et vitrioliques » : « Je les ai vues jaillir comme une très forte fontaine.... Les ouvriers qui travaillent dans ces endroits, étant constamment mouillés, se déshabillent entièrement »³. Dans l'organisation et la gestion des espaces intérieurs, le plus difficile fut de maîtriser l'épuisement des eaux.

c) L'indispensable hydraulique.

Dans la mine, l'eau coule en abondance : « 1m³ et parfois 1,5m³ à la minute » dans certains endroits au Huelgoat, calcule Daubuisson⁴. En 1760, elle ne possédait encore ni machine, ni installation. Elle n'en avait pas besoin : le pompage se faisait à bras, et l'eau était évacuée par la vieille galerie d'écoulement. Mais c'était là une exception, un cas particulier propre à ces « mines qui sont en de hautes montagnes, environnées de profondes vallées »⁵.

Partout ailleurs, l'hydraulique s'impose, une hydraulique qu'il faut concevoir, au sens premier du terme, comme un « Art, celui d'élever ou d'épuiser les eaux des Mines »⁶.

1) La filière étang/canaux/roues.

¹ - E.N.S.M.P., M 1827 (53).

² - H. BOURDE de la ROGERIE, « Les voyageurs en Bretagne - Le Voyage de Mignot de Montigny en Bretagne, en 1752 ».p. 287.

³ - L'ingénieur se trouvait à l'extrémité méridionale de la galerie n°91/2 ; « et l'on m'a dit que la source qui était au-dessous à l'extrémité de la galerie n°10, était au moins aussi forte... » DAUBUISSON, « description succincte... ».

⁴ - DAUBUISSON, ibid.

⁵ - A. G. MONNET, ibid. L'expression est à prendre au sens relatif. Ce que Monnet évoque, c'est la possibilité d'une fort dénivelé Dans ce cas, « on attaque le filon par le bas, on l'exploite en montant, on se délivre des eaux à mesure qu'on avance... »

⁶ - A. G. MONNET, op. cit., qui en fait la quatrième partie de son Traité.

Qu'exigeait le besoin en énergie motrice ? D'une part que soit rassemblée et conduite vers l'exploitation tout ce que les régions environnantes pouvaient offrir d'eau : il fallait donc par le biais de canaux plus ou moins longs détourner sources et ruisseaux, voire, lorsque cela était nécessaire, les rivières. Il était préférable, cependant, pour la régularisation de l'apport, de récolter les eaux pluviales, ce pour quoi l'on créait des étangs artificiels. Mais la capture ne suffisait pas à faire de l'eau un moteur. Encore fallait-il, par le biais de la hauteur de chute, lui donner suffisamment de puissance de manière à ce qu'elle puisse actionner les roues. L'hydraulique requérait un sérieux coup d'oeil, une excellente intelligence du terrain et une grande pratique.

Dés son arrivée à Poullaouen, en 1748, Koenig entreprend la construction de deux canaux destinés à collecter les eaux des sources voisines pour les amener sur deux roues hydrauliques. Une troisième roue, alimentée par un autre canal, sur l'autre versant du plateau, permit la relance des travaux à la Vieille Mine. L'ensemble fut achevé en 1751. L'année suivante, commençait le creusement d'étangs artificiels. Le premier fut l'étang de la Noiëe (Lanhaouic), situé à 2km environ en amont du ruisseau de la mine. Construit entre 1752 et 1755, il présentait 2400m de circuit, 12m07 au plus grand de sa profondeur, et proposait une réserve d'eau que Daubuisson, l'hydraulicien, évaluait en 1806 à 6 ou 700.000 m³ et dont il décrit l'écoulement en ces termes : « l'eau qui sort de l'étang est conduite à la mine par un canal de 3186m. de long : elle met quatre heures à le parcourir ; la pente est de 1 sur 300 de longueur »¹.

Entre 1763 et 1765, Koenig double ce réseau en creusant près du hameau du Cosquer un autre étang, placé « à la naissance d'une des ramifications de la vallée du Guily, à 3.000m de celui de la Noiëe » ; moins important en taille, cet étang comptait 1.500m de circuit et 11m de profondeur, à son point le plus bas. Complétant l'ensemble, le canal de Fréau, long de quelques 10km démarrait plus haut dans la pente et, serpentant dans la forêt de Fréau, recevait dans sa route les eaux d'un grand nombre de sources et de ruisseaux, celles aussi de l'étang du Cosquer, et conduisait le tout à l'étang de la Noiëe par un canal et une galerie souterraine, la galerie de Lanven. Envisagé par Koenig dès 1753, le détournement de l'Aulne, qui coulait à quelques kilomètres de l'exploitation, ne put être

¹ - DAUBUISSON, « De la mine de plomb... ». La digue de l'étang de la Noiëe mesurait 90m de long et 15m de haut.

réalisé que trente années plus tard, entre 1783 et 1789, par Brolleman qui reçut l'aide de Blavon-Duchesne qu'il forma à cette occasion¹. « M. Duchesne fut chargé de ce travail. Après avoir fait tous les nivellements nécessaires, il établit ses prises d'eau à 8.000m... de la mine : auprès du moulin du Pré, il se saisit d'un ruisseau au moment où il allait se jeter dans la rivière ; à quelques centaines de pas plus haut, il détourna, à l'aide d'une petite digue, la rivière elle-même ; enfin, à l'ouest, au bas du moulin de Kerroc, il coupa un fort ruisseau... Toutes ces eaux qui peuvent, en temps ordinaire, former un courant donnant de 6 à 8m³/mn, furent réunies à peu de distance des points où elles avaient été prises par un grand canal »². Construit en deux ans, achevé en février 1789, le canal d'Aulne s'étendait sur quelques 20 km, « dont 1.217m. percés sous des collines. » Sa longueur s'explique en partie par la faible déclivité de la région et l'obligation qu'il y avait à côtoyer les courbes de niveau tout en récoltant le maximum d'eaux dans les ruisseaux environnants et les affluents de l'Aulne³.

A partir de 1760, la mine du Huelgoat connut de semblables aménagements. « Donnez vos idées pour l'établissement d'une machine hydraulique » écrit la Compagnie à Koenig en avril 1761. Comme à Poullaouen, la mise en place des infrastructures hydrauliques s'effectua en plusieurs tranches. Achevé en novembre 1762, un premier canal, d'une longueur de 1.500 toises, vint conduire à la mine les eaux du Plandonnen, affluent de l'Aulne, Entre 1771 et 1774, le « canal supérieur » fut construit sous la direction de Grévin. Il était alimenté par les eaux de l'étang du Huelgoat que la Compagnie venait d'acquérir. Long de 6.000m, « tracé sur le coteau qui borde au midi le petit vallon qui conduit à Huelgoat... » il recevait en route les produits de quelques sources⁴. A défaut d'une forte déclivité, chacun des canaux s'efforçait de suivre au mieux les courbes de niveaux des vallons traversés.

¹ - Koenig quitta l'exploitation en 1763 mais resta inspecteur en titre des travaux jusqu'à sa mort en 1768. Après lui, Grévin qui assura une direction falote. L'arrivée de Brolleman en décembre 1780 revitalisa une exploitation en perte sérieuse de vitesse.

² - DAUBUISSON, *ibid.*

³ - Longueur du canal : 11.800 toises. Les détours, précise Daubuisson, ne sont pas portés avec précision sur la carte Cassini. « On a 5 percemens ou aqueducs souterrains : un d'eux qui à 774m de long (la galerie de Kerguinen), a évité un détour d'environ 20.000 mètres ». Pente : 1/7200 de long : « on n'aurait pu lui en donner davantage qu'en diminuant la hauteur de la chute des eaux à leur arrivée aux machines. » Largeur : 2,6m en haut, 1,3m en bas. Profondeur : 0m81. « On lui donna, en le creusant, 3,4 de large et 1,14 de profondeur, mais ensuite on établit, sur le fond de l'excavation, un lit de glaise bien battue et puis on en gazonna les parois... »

⁴ - DAUBUISSON, « Description succincte... », *ibid.*

A Pont-Péan, c'est à l'ingénieur flamand Pierre-Joseph Laurent, appelé par Pâris-Duverney, le principal bailleur de fonds, et intéressé par lui à l'affaire, qu'il revint de mettre en place l'infrastructure hydraulique destinée à permettre la mise en valeur du gîte. Les réalisations de Laurent étonnent par la finesse de leur conceptualisation et la qualité de leur exécution. Cas suffisamment exceptionnel pour être souligné, ce grand spécialiste de l'hydraulique de plaine¹ sut parfaitement s'adapter aux contraintes et exigences de l'exploitation minière. L'aménagement relevait de la gageure, tant le dénivelé était faible -à peine une dizaine de mètres- tant le site présentait de méandres et d'eau. Béliador, consulté quelques mois avant l'intervention de Laurent, s'était montré extrêmement réservé quant aux chances de réussite, et n'avait pu présenter qu'un projet difficile à réaliser et cher². Mais le propre des grands techniciens n'est-il pas de penser simple et -relativement- peu coûteux ?

Les travaux de Laurent consistèrent successivement 1°) à remanier le lit de la rivière en l'approfondissant, en l'élargissant et en le redressant depuis sa confluence avec la Vilaine jusqu'au château de Carcé³ puis à détourner son cours en creusant, depuis le château de Carcé jusqu'au Pont-Péan près la route de Nantes, un canal long de 800 toises, (1,5km environ) large d'environ 70 pieds (une vingtaine de mètres) et profond de 15 pieds (5m) ; 2°) à creuser trois autres canaux qui complétèrent l'aménagement du site stricto sensu : un premier canal long du kilomètre, large de 30 pieds, « glaisé et corroyé dans toute sa longueur » enjambait la rivière au moyen d'un aqueduc pratiqué au-dessus du nouveau lit, traversait « le grand chemin de Rennes à Nantes » et versait l'eau de la rivière sur les machines des puits ; un second prenait sa naissance à l'aqueduc, recueillait les eaux de la fontaine de Boutoire traversait les jardins du château de Carcé au moyen d'un autre aqueduc et venait fournir son eau motrice à la fonderie ; le troisième enfin, large de 40

¹ - L. THBAUD, Le mécanicien anobli Pierre-Joseph Laurent, 1713-1773. Des mines d'Anzin au canal de Saint-Quentin. *Thèse 3^e cycle, Lille III, 1974* ; R. CARSIN, op. cit., pp. 35-47 ; E. GRAR, « Pierre-Joseph Laurent », in *Histoire de la recherche, de la découverte et de l'exploitation de la houille dans le Hainaut français, dans la Flandre française et dans l'Artois, 1716-1791, 1848-1850, t.III, pp. 47-59.*

² - Béliador travailla sur le site entre le 20 avril et le 3 juillet 1754, avant que Pâris-Duverney ne s'y engage directement (R. CARSIN, op. cit., p.105, n.50).

³ - C'est là que logeait la direction (R. CARSIN, op. cit., p. 38).

pieds, profond de 15, creusé sur 600 mètres (300 toises) du « lieu des mines » jusqu'au château de Carcé faisait office de canal de décharge¹.

L'exécution s'en effectua promptement, en deux années -1754-1755- malgré des difficultés nombreuses. « Pour faire entrer la rivière dans ce nouveau canal, il fallut vaincre les inégalités de terrain et son extrême dureté qui, dans plusieurs endroits le rendait plus difficile à travailler que le rocher parce qu'il n'était pas possible d'emprunter comme dans les carrières, le secours de la poudre à canon... » L'ouvrage fut parachevé d'une série de travaux annexes. Laurent fit ériger des levées qui enserraient le nouveau cours de la rivière, afin de protéger des éventuelles crues la plaine dans laquelle s'étendaient les travaux² et construire « tant sur ce nouveau canal que sur l'ancien lit de la rivière, trois nouveaux ponts de charpente avec les coulées de maçonnerie pour conserver la communication des deux côtés ». L'élargissement du lit s'avéra également une opération délicate : « il fallut reprendre en sous-oeuvre le pont du manoir composé de plusieurs arches, dont les fondations se trouvaient pour ainsi dire à découvert ». Au moulin du Bois, une écluse pratiquée « à la tête même du canal vers le moulin » permit de tirer les eaux à volonté. Pour conserver les eaux de la Seiche qui servent à faire tourner le moulin, « le sieur Laurent a réparé, pour ainsi dire à neuf les écluses (du moulin) ainsi que la chaussée qui a 200 à 300 pieds de longueur (65 à 90m) »³.

Pour réussie qu'elle fût⁴, l'installation s'avéra immédiatement insuffisante. Les eaux de la rivière manquaient à l'étiage. Laurent décida de la construction d'un étang, dont il fallut trouver l'emplacement. Son choix se porta sur une lande, située à une petite lieue au Sud-Est de l'exploitation, parce qu'elle était traversée par un petit affluent de la Seiche, dit « le ruisseau de Teslé » qui, lui-même, réunissait les eaux de cinq à six ruisselets venus des collines proches d'Orgères et de Laillé¹. La retenue d'eau s'effectua par une « large chaussée, longue de plus d'un kilomètre, haute parfois de quelques cent mètres » ; au nord, elle barrait le ruisseau ; elle s'arrondissait vers le nord-ouest pour protéger la lande que traversait la grand'route. Vaste d'une lieue de tour, l'étang de Teslé vint occuper 130

¹ - H. SEE, « Quelques nouveaux détails sur la société minière de Pont-Péan », M.S.H.A.B., 1927, pp.314-315.

² - R. CARSIN, op. cit., p.39.

³ - Rapport de Pâris-Duverney, H. SEE, ibid.

⁴ - Laurent reçut en récompense des lettres d'anoblissement et le cordon de Saint-Michel.

hectares couverts en hautes eaux. Du flanc ouest de la chaussée, prenant à peu près en son centre, un canal long de 1.400 toises conduisait les eaux sur les roues motrices, tantôt en déblai, tantôt en remblai selon la topographie. Afin de maintenir le dénivelé et d'assurer une hauteur de chute suffisante, la partie du canal située au voisinage immédiat de l'exploitation fut érigée en aqueduc, d'une élévation de 30 pieds (9 à 10m), supportée en partie par des piles de maçonnerie, en partie par des chevalets de charpente.

Ces travaux ne trouvèrent leur équivalent sur aucun autre site en France. Ils s'achevèrent entre 1757 et 1758. En quatre années, Laurent avait détourné la rivière et fait construire pas moins de cinq canaux, dont trois tout ou partie en aqueducs, et deux étangs. Le site s'organisait désormais autour de deux points pourvoyeurs d'eau : la rivière et les étangs. La rivière, par l'intermédiaire du canal du Moulin du Bois et de sa double dérivation, fournissait en eau les puits de la Nouvelle Mine et de Bicêtre et la fonderie de Carcé ; les étangs, par l'intermédiaire des deux canaux du grand et du petit Teslé, alimentaient quant à eux la machine complexe du puits du Chapelet. Partant des puits de Bicêtre et du Chapelet, le canal de décharge rejoignait la rivière, près de Carcé, non loin de la fonderie.

2) Un système technique face à ses contraintes.

Ce réseau de surface se complétait d'un réseau souterrain. Tout mine possède un « niveau général d'épuisement », cette galerie où sont collectées les eaux d'infiltration que l'on évacue ensuite plus ou moins complètement soit par pompage, soit par écoulement naturel. Ces travaux étaient d'un coût et d'une technicité en tout point identiques à ceux de la surface. A Poullaouen, dès l'année 1733 une première galerie d'écoulement fut tracée à 30 pieds de la surface (un peu moins de 10m). L'ouverture de la Nouvelle Mine obligea au percement d'une seconde galerie profonde de 45 pieds (à peu près 15m) et longue de 600 toises. L'une et l'autre débouchaient dans le vallon voisin. Plus tard, elles furent reliées entre elles et formèrent le niveau général d'épuisement. En 1806, l'ensemble mesurait 1.624m de long, et débouchait au-dessous des fonderies, dans le vallon de Poullaouen².

¹ - Voir le schéma réalisé par R. CARSIN, vol. 3, p. 90.

² - DAUBUISSON, « De la mine de Poullaouen.. »

Ces infrastructures hydrauliques innervaient par un courant liquide, moteur, chacun des espaces de travail. Schématisée à l'extrême, la traversée du carreau minier peut se résumer de cette manière : chute / machine(s) d'épuisement / bocards / ateliers de traitement (laveries, fonderies) / retour au niveau de base, celui de la rivière voisine avec ou non l'intermédiaire de la galerie d'écoulement. Parce qu'il fallait tenir compte de l'ensemble des ateliers, le trajet des eaux pouvait adopter des contours complexes. A Poullaouen, « l'eau... tombe de suite sur la petite roue hydraulique du puits St Sauveur ; puis elle se joint à celle que le grand canal mène dans la rivière d'Aulne. Ces eaux se divisent, une portion tombe sur la grande roue de St-Sauveur et l'autre sur celle de Sainte Barbe. Ensuite, elles vont aux bocards, y font mouvoir deux roues. De là, une partie est envoyée aux fonderies et l'autre va tomber sur la roue de St-George... Au bas de cette roue, elle se trouve dans la galerie d'écoulement. » Au Huelgoat, « les eaux du premier canal, à leur arrivée, tombent sur la machine supérieure ; de là, elles vont tomber en chute perdue dans l'emplacement d'une ancienne machine ; ensuite, elles se réunissent à celles du canal inférieur, et vont ensemble sur la machine inférieure et sur les deux roues des laveries ; après quoi, elles se jettent dans un petit ruisseau, qui les conduit à la rivière d'Aulne »¹. Dans tous les cas la récupération est maximale, les pertes en puissance évitées autant qu'il était possible.

Les contraintes engendrées par la mise en place de telles infrastructures étaient multiples. Première d'entre elles, la contrainte financière. La réalisation de tels ensembles réclamait énormément d'argent. D'une part parce que toutes les constructions nécessaires à ces captures, digues, canaux, aqueducs coûtaient en travaux. D'autre part, parce qu'elles coûtaient aussi en acquisitions de terres et de moulins. De l'eau au foncier, le pas était inévitable : pour agrandir, pour se procurer de l'eau, il fallait indemniser ou acheter. A Pont-Péan, entre 1784 et 1788, l'importance des frais de procédure jointe aux « prétentions exorbitantes soulevées par les propriétaires des terrains traversés »² alourdit les coûts de travaux envisagés jusqu'à bloquer leur mise en oeuvre. Au Huelgoat-Poullaouen, les indemnisations courantes, traitées à l'amiable ou par les tribunaux, s'élevaient

¹ - DAUBUISSON, *ibid.* et « *Description succincte...* »

² - LODIN, *op.cit.*

annuellement à 5.000 livres, année moyenne¹. En 1776, la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne perdait successivement trois procès ce qui l'obligea à verser 16.000 livres de dédommagements aux riverains de l'Aulne². A partir de ce moment, la Compagnie modifia son comportement et plutôt que d'argumenter, se lança dans un politique d'achat systématique des terres et moulins. A la fin du dix-huitième siècle, elle était devenue l'un des plus gros propriétaires fonciers de la région.

De tels frais exigeaient une organisation sans faille du capital. A Poullaouen comme à Pont-Péan, chaque période de grands travaux fut précédée d'une intense réorganisation financière : la banque protestante entre en force dans la Compagnie au moment précis - 1748/1749- où Koenig arrive sur le site et réfléchit à son aménagement. En 1779, le doublement du capital permet le financement des travaux de relance proposés par Brolleman. L'intéressement de Pâris-Duverney à Pont-Péan relève de la même logique. Appelé par son neveu Nugues qui s'était associé avec la veuve Danycan, le financier Pâris-Duverney s'intéressa pour six sols dans la Compagnie et finança à peu près intégralement les travaux hydrauliques. Nugues et Danycan se réservèrent respectivement trois sols et six deniers et cinq sols et six deniers. Mais, après les travaux, ils refusèrent au financier le remboursement de ses avances. Après des années de querelles, Pâris-Duverney obtint à son profit l'adjudication d'une exploitation qui l'avait déçu. C'est ainsi que la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne put racheter, pour une somme modique, un site prometteur et équipé à neuf.

Financer, c'est investir. Mais jusqu'à quel point de maîtrise et pour quelle efficacité ? Ce qui surprend dans l'histoire technique de cette hydraulique, c'est l'obsolescence particulièrement rapide non du matériel lui-même, mais de l'infrastructure qui le commande et le met en oeuvre. Dans l'avancée des travaux, régulièrement la force motrice vient à manquer et régulièrement l'entrepreneur doit élargir les réseaux afin d'augmenter la

¹ - Selon les calculs d'E. Monange (op.cit., t1, p.260-261). Ces frais d'indemnisation englobent les dégâts provoqués par l'exploitation, défoncement des chemins, et autre assèchement des sources, stérilité croissante des terrains, bétail intoxiqué, roues de moulins abîmées par une eau devenue corrosive.

² - Précisément 4.243 livres 8 sols à la comtesse de Coigny en dédommagements des détériorations provoquées sur ses terres riveraines de l'Aulne et de la Rivière d'Argent par les laveries du Huelgoat ; 8.985 livres 8 sols en mars 1776 au Comte de Muzillac pour les mêmes raisons ; 2.800 livres au marquis de Lesquelen, propriétaire du Moulin d'Argent pour la perte d'une écluse détériorée par les eaux corrosives de la rivière et emportée par une crue. (Arrêts du Conseil d'Etat et ordonnance de l'intendant, E. MONANGE, ibid.).

disponibilité en énergie. Dans ce combat contre l'ennoiement des fonds, la périodicité décennale semble de règle, une périodicité qui, en profondeur, correspond à des paliers de trente à quarante mètres¹. Cette périodicité se retrouve, grossièrement esquissée à Poullaouen comme au Huelgoat². Pont-Péan ne vient pas un contre-exemple : certes les travaux d'aménagement hydraulique s'y font à distance respectable si l'on s'en tient strictement à la chronologie : 1755-1758 pour les premiers travaux, 1788 pour les seconds. Mais ces dates masquent une période relativement longue d'un fonctionnement aléatoire³. Les travaux hydrauliques réalisés par l'ingénieur Laurent ne se trouvèrent réellement et durablement mis à l'épreuve que dans le courant des années 1770.

Le gain en force motrice était trop faible pour permettre d'échapper complètement aux rythmes imposés par la pluviosité saisonnière, voire pour faire face à l'irruption brutale et inopinée d'eaux en profondeur. A Pont-Péan, dès 1756, Laurent dut ajouter à son installation une seconde pièce d'eau, « le petit étang de Teslé », qu'il établit en aval de la chaussée du premier et à un niveau inférieur afin d'augmenter la capacité de retenue des eaux hivernales. En 1771, les travaux se trouvèrent ennoyés pendant une année entière. Une autre année fut alors nécessaire pour assécher et réparer les dégâts commis par les eaux. Au Huelgoat, le premier canal avait une hauteur de chute de 24m et un débit qui variait de 2 à 8m³/mn selon les saisons. Le canal supérieur, branché directement sur le grand étang du Huelgoat -acheté à cet effet par la Compagnie⁴- fut mis en place pour « suppléer au produit direct des eaux pluviales dans les saisons sèches »⁵. A son arrivée sur les machines, son volume était de 18m³ environ. Le détournement de l'Aulne, à Poullaouen, procura au carreau minier une énergie disponible à l'année sans accroître de manière spectaculaire le volume d'eau disponible Comparé au volume d'eau disponible au Huelgoat, les six à huit mètres cubes fournis à la minute ne représentaient rien de plus que l'apport du seul canal inférieur au meilleur de la saison.

¹ - Par exemple, à Poullaouen, à -60m, -100m et -130m.

² - Dates des travaux hydrauliques au Huelgoat : 1761-1762 et 1769-1774.

³ - En raison des disputes entre les actionnaires, l'exploitation fonctionna au ralenti entre 1760 et 1762 ; elle cessa toute activité entre 1762 et 1765, date de la vente et ne retrouva que très progressivement un fonctionnement régulier.

⁴ - Cet étang existe encore et représente l'un des attraits de la région. Il pourrait bien avoir été mis en place pour l'exploitation des mines d'argent à l'époque ducale.

⁵ - DAUBUISSON, *op.cit.*

A Poullaouen, la hauteur de chute entre les canaux et la galerie d'écoulement était de vingt-quatre mètres pour l'eau de la rivière et de trente-trois mètres pour l'eau des étangs. Un second niveau d'épuisement, « le grand projet » fut mis en oeuvre à partir de 1772, onze toises (17,5m) en dessous du précédent niveau. L'ambition était de donner à l'exploitation le niveau d'écoulement de l'Aulne et de ses affluents. Conçue par d'Arcy, cette galerie devait mesurer 1.234 toises, comporter onze puits et déboucher sur l'Aulne par un canal de 126 toises. Le projet fut abandonné en septembre 1780 -il restait alors à percer quatre puits et près de 600 toises de galeries- puis repris au début du dix-neuvième siècle, un peu moins de dix années après le détournement de l'Aulne. On cherchait à obtenir pour les machines hydrauliques un « soulagement » d'environ soixante-dix pieds (un peu plus de 20m). Spécialiste de l'hydraulique, Daubuisson fait ses comptes: « Lorsque la galerie du Grand Projet sera terminée et conduite jusqu'à la mine, on aura 50m de chute pour l'eau des étangs et 41m5 pour celle venant de la rivière. Abstraction faite de 7m pour la chute qu'on destine à la fonderie, les étangs peuvent fournir à trois roues hydrauliques, ainsi qu'à un baritel à eau ; et le canal d'Aulne à deux pareilles roues et à tous les besoins des laveries. Mais il faut observer qu'on ne peut guère compter que sur six à huit mois d'eau venant des étangs.... » On mesure combien de centaines de mètres, voire de kilomètres de canaux et de galeries il fallait mettre en place pour obtenir un gain en puissance de quelques unités dynamiques, et une continuité pour le moins relative.

2°) MINEURS ET OFFICIERS.

Qui -techniquement- gère de telles contraintes ? Il y a le mineur bien sûr, celui qui, jour après jour, creuse, pique, boise, abat, casse, roule, pousse le minerai du front de taille à la surface¹. L'officier aussi, celui qui calcule, décide et projette.

a) L' apprentissage.

Entre l'un et l'autre, à ce moment du développement technico-économique, la distance pourrait être moins grande qu'il n'y paraît de prime abord. Certes à Poullaouen, « la barrière entre maître-mineur et officier est pratiquement infranchissable »². Mais

¹ - Le terme « mineur » désignait de manière générique toute personne travaillant au fond, sans que cela interdise des dénominations professionnelles spécifiques.

² - E. MONANGE. Nous n'insisterons pas sur l'organisation du travail qui a fait l'objet d'une publication récente (E. MONANGE, « La vie quotidienne aux mines de Poullaouen et du Huelgoat dans la seconde moitié du XVIII^e siècle », M.S.H.A.B., 1988, pp. 105-124.)

sommes-nous en pays de tradition minière ? Le mineur est homme de l'art, doté d'un regard et d'un geste qui ne s'improvisent pas, détenteur d'un savoir-faire acquis par l'effet cumulé de l'apprentissage et de l'expérience. Le passage au rang d'officier s'inscrit dans la double continuité des connaissances acquises et de l'héritage. L'officier est à l'origine, lui-même un mineur ou un métallurgiste, le plus souvent fils de mineur ou de métallurgiste, dont les compétences se sont trouvées élargies par ses qualités de gestes, d'intuition et de compréhension. Exemple en ce sens, le parcours de Johann-Gottfried Schreiber : né dans l'Erzgebirge, les Monts métallifères de Saxe, neuvième enfant d'une famille de mineurs, il travailla -comme ses frères- d'abord aux laveries, puis dans la mine ; comme ses frères, l'expérience accumulée, il devint chef d'atelier puis directeur de travaux¹. Il y a là comme une écologie de l'apprentissage, une transmission symbiotique du savoir indispensable dans ces complexes productifs pré-industriels où domine la connaissance intuitive.

Ce lien naturel du mineur à son métier se maintiendra bien en avant dans le développement industriel: A Pont-Péan en plein dix-neuvième siècle, dans un cercle démographique qui dépassait à peine le millier de personnes, l'accoutumance au milieu souterrain se faisait par le roulage. Les fils étaient embauchés d'abord comme wagonniers. Ils accédaient au rang de mineurs après une, deux ou trois années d'un long va-et-vient entre les trémies de décharge et les recettes². Recrutement efficace mais limité ; les exploitants en firent l'expérience lorsque vint la nécessité d'augmenter sérieusement le nombre d'ouvriers au fond à la fin des années 1890. L'inexpérience des nouveaux embauchés se traduisit par un doublement, voire un triplement du nombre des accidents du travail³. Un décompte du personnel en place aux Chalanches à la fin de l'Ancien Régime concrétise ce processus traditionnel d'apprentissage : auprès de vingt-sept mineurs, dont il est spécifié qu'ils sont « presque tous étrangers », sont comptabilisés quatorze manoeuvres « apprentis-mineurs », de trois manoeuvres « commençants » et de cinq autres « plus jeunes »⁴.

¹ - A. CHERMETTE, *op. cit.*, pp. 17-20.

² - Nom donné au palier d'accès aux cages d'extraction.

³ - A.-F.(BRULE)-GARÇON, « Mineurs de Bretagne », p.67-84.

⁴ - ALLIX, « Métaux précieux et chercheurs de fortune en Haut-Dauphiné », *Alpes Economiques*, 1930, pp. 57-79.

La rupture est proche cependant, symbolisée par ce que le parcours de Schreiber contient de neuf : l'admission en 1771 à la toute jeune Ecole des mines de Freiberg¹, son accession au rang de géomètre et d'assesseur auprès des arrondissements miniers de Johanngeorgenstadt et Schwarzenberg à sa sortie de l'Ecole en 1772, l'étude qu'il fait du district minier d'Ilmenau dans le duché de Weimar, l'arrivée en France enfin, en 1776, à l'appel du comte de Provence qui vient d'obtenir la concession des Chalanches. Une autre logique de l'apprentissage se met en place, qui détache l'homme de son milieu d'origine après l'y avoir reconnu et lui permet de dominer d'autres centres productifs au mieux de sa technique. La notion d'ingénierie minière émerge après une longue gestation. Dans cette première conception, elle mêle étroitement savoir-faire et savoir théorique, intelligence de terrain et spéculation scientifique.

Le « cas Schreiber »² fait figure d'exception. Dans une France qui n'est pas pays de mines, un autre processus se met en place, caractérisé par une dissociation des structures d'apprentissage. La formation de l'élite technicienne fut prise en charge par l'Etat, avec l'institution des « élèves pour les mines », que l'on voit apparaître dans les années 1750 au sein de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Tandis que sur le terrain, les entrepreneurs -en mal d'ouvriers qualifiés- durent en appeler constamment à la main d'oeuvre étrangère. Ingénieurs d'un côté, mineurs de l'autre : cette coupure épistémologique constitue l'une des spécificités de la filière technique française. Ce trait de naissance ne constituerait-il pas l'une des origines de l'intellectualisme qui marque en France les débuts de l'ingénierie industrielle¹ ?

b) Mineurs venus d'ailleurs.

L'appel à la main d'oeuvre étrangère n'est le propre d'aucune province, n'est particulier à aucun site : Anglais, Allemands, Suisses se rencontrent indifféremment en Provence, aux Chalanches, en Bretagne, en Auvergne, en Roussillon. En début de siècle, la faveur va aux ouvriers anglais. En Provence, à Vaucron, Martin O'Connor revient d'Angleterre avec une quinzaine de personnes, ouvriers et encadrement. La même année à Poullaouen, « la mine est travaillée avec succès et conduite par des Anglais. Il n'y a encore

¹ - L'école fut créée en 1765, en même temps que l'Académie royale des mines en Saxe.

² - J.-M.ROLLIN, « Les ingénieurs des mines (1783-1815) », Bulletin de l'Institut d'Histoire Economique et Sociale, 1978, p.29.

ni fourneau ni moulin ». A Pesey, en Savoie, la compagnie anglaise fait venir à ses frais « dans une chaise roulante » seize ouvriers britanniques, des métallurgistes pour la plupart.

La préférence se porta ensuite sur les ouvriers allemands. En 1750, à Poullaouen « soixante mineurs allemands gagés par les entrepreneurs sont employés sur ces mines ». Des mineurs allemands travaillent à Olliergues vers 1768, à Saint-Sauveur dans les années 1775. Dans les mêmes années, à Vialas, « on avait fait venir une cinquantaine d'ouvriers allemands et suisses ». Aux Chalanches, les mineurs sont « presque tous étrangers », les fondeurs et les chefs-mineurs suisses. En 1754, « sur 36 hommes travaillant à Pesey, 1 venait de Cologne, 2 d'Alsace, 1 d'Espagne, 2 d'Angleterre, 15 du Tyrol, 5 seulement étaient originaires du Piémont et 8 manoeuvres de Peisey. »²

Pour cette main d'oeuvre venue d'ailleurs, l'insertion ne fut pas de tout repos. L'adaptation aux conditions climatiques fut délicate en Provence comme en Savoie pour les ouvriers anglais. A l'été 1734, Martin O'Connor perdait son chef mineur et son principal fondeur. L'été 1736, de nouveau, ouvriers et fondeurs tombent malades, ce qui eut pour effet de perturber le cycle productif. Les exploitants de Pesey éprouvèrent les mêmes déboires.

La difficulté d'adaptation au climat n'explique pas une telle débandade. Entrent également en ligne de compte les problèmes inhérents à cette « disette d'ouvriers »³, le coût élevé pour l'exploitant, la forte mobilité pour l'ouvrier qui cherche à travailler au mieux offrant et le charlatanisme, toujours possible. Qui vient travailler en France ? « Ce sont les moins habiles qui se déplacent. » affirme Jean Hellot parlant des Saxons, de loin à son avis « les meilleurs ouvriers en Allemagne ». Point de vue excessif sans doute, le déplacement pouvant tout aussi bien signifier la fermeture ou le rétrécissement de vieux travaux -ce sera le cas pour Jean Kibge et Benjamin Unger, « bourgeois de Sainte-Marie-aux-Mines, fondeur et raffineur de produits minéraliques », venus à Saint-Sauveur en 1786 « dans l'espoir de mieux nourrir leurs familles »¹. Point de vue motivé par l'expérience cependant. A Poullaouen, trois années s'écouleront, de 1733 à 1736, avant que l'on puisse

¹ - Voir sur ce sujet, A.-F. (BRULE)- GARÇON, « l'exemple des mines » in *La Bretagne des savants et des ingénieurs*, dir. J. Dhombres, pp.144-157.

² - *La Garde-Freinet* : F. d'AGAY, *op. cit.* ; *Poullaouen* : E. MONANGE, *op. cit.* ; *Pesey* : M. MESTRALLET, *op. cit.* ; *Olliergues* : A.N. F 14 8102 ; *St Sauveur* : A.N. F 14 8129 ; *Les Chalanches* : ALLIX, *op. cit.*

³ - L'expression est de Jean Hellot, in Ch. A. SCHLUTTER, *op.cit.*, préface.

trouver un personnel capable de mettre en route la fonderie. A Pont-Péan, en 1731, « la fonte est paresseuse », les ouvriers allemands « presque toujours malades, chagrins, débauchés, de mauvaise humeur », le sont manifestement aussi²... « Même son de cloche en 1770 à Poullaouen : « Nous sommes toujours les dupes des ouvriers étrangers... Rarement ce sont de bons sujets et quand ils ont quelques talents, ils demandent tous les jours quelques nouvelles faveurs et veulent donner la loi »³.

Corollaire de cette conjoncture, le débauchage. Evident sur tous les sites, il est aussi de tous les moments. Les ouvriers allemands engagés par Martin O'Connor viennent de l'exploitation voisine du Luc d'où « ils s'étaient enfuis », tandis que Ribot le Catalan, un fondeur venu en remplacement de Williams, décampe en 1737 « avec des dettes et l'argent de plusieurs personnes d'icy », pour s'en aller « joindre un homme moins honneste que lui-même », en l'occurrence Blumenstein à Vienne⁴... A Pesey, les Anglais sont presque tous débauchés l'hiver 1739-1740 par le baron de Chateauneuf qui redoute la perte de ses revenus seigneuriaux. Le 26 mars 1768 à Saint-Brieuc en Bretagne, Henri Hopileur maître-mineur et Joseph Mathias, mineur, « tous deux allemands », venus de Pont-Péan, sont jetés en prison pour avoir tenté de soudoyer quelques-uns de leurs compatriotes qui travaillaient à Chatelaudren. Ces épisodes singuliers représentent la partie émergée d'une mobilité qui donnait aux ouvriers la possibilité de spéculer sur leurs salaires, de se vendre à meilleur prix. « Les Allemands aiment trop à courir pour qu'on ait besoin de les débaucher » plaide à Saint-Brieuc, le syndic de la Compagnie des Mines de Basse-Bretagne, un Le Coursonnois mi-résigné mi-agaçé⁵.

Ont-ils forcément tort ? A leur décharge, glissons au dossier l'incompétence d'un bon nombre d'entrepreneurs. « Monsieur de St-Sauveur », se plaint Jean Kibge manifestement pris au piège de sa bonne volonté et frustré de ses gages, « Monsieur de St-Sauveur a perdu tout son argent mal à propos en voulant tirer de l'étain de son minéral qui était de la blende

¹ - A.N. F 14 8129.

² - R. CARSIN, op. cit., p.62.

³ - E. MONANGE, op. cit., p. 231, n.1.

⁴ - F. d'AGAY, op. cit., pp.30-31.

⁵ - A.N. F 14 8071. La Compagnie était accusée par la veuve Danycan d'avoir débauché ses ouvriers à Chatelaudren.

et qui donne beaucoup de zinth »¹. Faire de l'étain avec du minerai de zinc : autant, aux yeux du fondeur, vouloir transformer le plomb en or !

Pour que l'ouvrier qualifié reste et joue son rôle, il faut que l'entreprise soit viable, qu'elle puisse le payer le temps nécessaire, l'abriter, et lui donner une tâche conforme à ses capacités. Alors peut s'effectuer la greffe, la transmission du savoir-faire, qui s'établit par contact et par contiguité. A Pesey, à Vialas, aux Chalanches, les étrangers quittent le carreau minier après avoir formé des ouvriers du crû : contrat accompli. En 1754, l'intendant de Tarentaise, Robilant, constatait que les Anglais avait « formé » dans l'art de fondeur et affineur « 5 sujets de Sa Majesté ». Selon Grosset, l'un des actionnaires principaux, « il y en avait 14 en Maurienne pour laver et fondre à l'anglaise : Piémontais, Faucignerands, hommes d'Argentine »². Une greffe voulue par l'exploitant. A qualification égale, nominalement du moins, un ouvrier étranger coûte de deux à trois fois plus cher, si ce n'est davantage : vingt livres mensuelles pour un mineur provençal contre soixante pour son homologue anglais à la Garde-Freinet. Il fallait déboursier 400 à 500£t par an pour un chef-fondeur originaire du pays tandis que son homologue anglais coûtait 1.500 à 2.000 £t³. C'est à Poullaouen la distance qui sépare l'ouvrier du maître-mineur.

A Poullaouen justement, la politique salariale évolua vers un alignement des salaires. « Vous fixerez les gages au prix ordinaire en distinguant toujours la paye accordée aux Allemands et au Français », indique la Compagnie en 1749. Trente ans plus tard, en 1776, la recommandation est strictement inverse. La demande faite par les mineurs allemands d'être seuls bénéficiaires d'une augmentation est sèchement repoussé : « ...si on les traite plus favorablement que les ouvriers du pays, ce sera exciter les murmures de ces derniers. »⁴ Mesure de prudence et signe des temps : deux conflits successifs l'avait opposé, quelques mois auparavant, à ses ouvriers mineurs et aux machinistes et s'étaient soldés par l'incendie de la maison du maître-mineur Hauptamn et la destruction de la grande machine hydraulique. A ce moment, près d'un millier d'ouvriers travaillaient sur le site.

¹ - A.N. F 14 8129. Kibge parle de zinc.

² - M. MESTRALLET, op. cit., p. p.25. Argentine est l'un des centres d'exploitations de la Compagnie en Maurienne.

³ - F.d'AGAY, op. cit., p.37 ; M. MESTRALLET, op. cit., p.30.

⁴ - E. MONANGE, op. cit., t.1, p.245 et 255.

c) Une exploitation multi-artisanale.

L'exploitation minéro-métallurgique se caractérise par l'importance des effectifs qu'elle regroupe sur un même espace. Les chiffres descendent rarement au-dessous de la cinquantaine pour les exploitations de petite taille, 44 ouvriers au Poullaouen des débuts, 53 à la Garde-Freinet, 71 sur le côté Deux-Ponts d'un Sainte-Marie-aux-Mines chancelante, 30 au Bleiberg près de Saint-Avold dans les années 1780 ; ils atteignent et dépassent facilement la centaine, 80 à Pesey, 100 à Saint-Martin-La-Sauveté et Largentière, 300 à Pont-Péan, 360 à Chessy, 500 à Chatelaudren ; l'on frôle parfois le millier : à Pont-Péan dans les années 1760, comme au Huelgoat-Poullaouen déjà cité. Pour la plupart des entreprises citées, cette comptabilisation ne concerne que le personnel employé directement. En y ajoutant l'emploi induit, voituriers, bûcherons, charbonniers, maçons et autres, l'on double la mise. A Poullaouen, Monnet puis Cambry proposent des chiffres avoisinant 2.500 à 3.000 personnes ; de telles estimations à coup sûr excessives si l'on se préoccupe du seul carreau minier paraissent tout à fait raisonnables si l'on s'intéresse à la totalité des emplois créés par la mine.

Ce milieu de travail est organisé avec précision. L'impératif premier était d'assurer aux travaux une continuité à court terme, afin d'éviter l'ennuiement. La répartition des journées de travail se faisait par postes de huit à douze heures, en fonction des difficultés rencontrées, et par équipes de jour et de nuit. Il fallait répartir rigoureusement des tâches complexes. Dans aucune exploitation, le nombre de catégories de personnel ne descend au-dessous de trois à quatre. Il était nécessaire de disposer aussi bien de mineurs et de maîtres-mineurs que de rouleurs, de casseurs, de laveurs, de fondeurs et d'affineurs. C'était là une exigence minimale.

Sur un carreau minier aussi développé que celui du Huelgoat-Poullaouen, le nombre de catégories de personnel employé atteignait la quinzaine au fond, autant en surface. A chaque tâche correspondait un corps de métier¹ dont la qualification était plus ou moins poussée : à la manutention, oeuvraient les charioteurs, les chargeurs, les tournicoteurs et autres bassicoteurs, conducteurs de machines et toucheurs de chevaux, au front de taille les distributeurs de poudre, les mineurs, les décombres, trieurs dans la mine, les boiseurs et leurs aides, à l'exhaure les pompeurs, les machinistes, les graisseurs ; et les pistonnières, aux

¹ - Non défini juridiquement, toutefois.

laveries, les casseurs, les cribleurs, les gamins aux grilles, les laveurs aux caisses, les laveuses aux tables, les bocardiés, les scheideurs, à la fonderie, les fondeurs et leurs aides, les affineurs et leurs aides, sans oublier les maîtres en tout genre, les charpentiers, et autres bûcheurs, fendeurs, scieurs de long, les forgerons, maréchaux et serruriers, le bourrelier, les valets d'écurie, les maçons, jusqu'au jardinier et tous ces gardes présents à tous les endroits de l'entreprise¹. La polyvalence était possible. Un mineur expérimenté pouvait devenir boiseur ; dans certains cas, rares à la vérité, les qualifications étaient doubles, les mineurs étaient aussi charpentiers ou fondeurs². Ce passage d'une qualification à l'autre paraît s'inscrire dans le continuum de l'apprentissage³. Pour organisée qu'elle soit, la mine n'est pas à proprement parler un milieu industriel, mais un milieu poly-artisanal.

II - LES TECHNIQUES MINERO-METALLURGIQUES.

Extraire la mine n'est rien, pourtant. L'important est ce qui vient ensuite, le traitement du minerai, minéralurgique d'abord, métallurgique ensuite. Là se réalise le gain, traduction économique d'une technique plus ou moins bien maîtrisée qu'il faut comprendre comme la capacité à extraire les métaux en limitant autant que possible les pertes par rejets, dépôts et scorifications. Pour aboutir au résultat qu'il recherche, pour obtenir un quelconque produit, l'exploitant doit se faire autant que mineur, fin minéralurgiste et bon fondeur.

A - L'INDISPENSABLE MINERALURGIE.

La préparation minéralurgique -c'est-à-dire le lavage, le cassage du minerai et son enrichissement- forme la clé de voûte de l'ensemble minéro-métallurgique. Monnet l'affirme sans détours : « La préparation des mines, bien ou mal conduite, décide du profit ou de la perte de l'exploitation des mines. Outre cela, c'est encore de la bonne ou mauvaise préparation des mines, que dépend aussi le succès de l'exploitation au fourneau »⁴.

Ce traitement minéralurgique requiert un savoir spécifique, incluant simultanément la connaissance des minerais et des gangues ainsi que celle des outils appropriés. Porté à son terme ultime, du moins dans l'enchaînement des opérations, il comporte une suite de

¹ - E. MONANGE, « La vie quotidienne aux mines de Poullaouen... », M.S.H.A.B., 1988.

² - Cela se produisit à Peisey. (M. MESTRALLET, op. cit.)

³ - Au dix-neuvième siècle, à Pont-Péan, l'on devenait mineur puis boiseur. (A.-F. (BRULE)-GARÇON, op. cit., pp. 51-65)

⁴ - A.G. MONNET, op. cit., p.271.

manipulations rigoureusement ordonnées que l'on trouve décrite, en l'an XII, par les ingénieurs Gallois et Beaunier dans leur « Exposé de la préparation des minerais à Poullaouen »¹. Selon une nomenclature qui se met alors en place², ces auteurs distinguent six étapes principales : triage, criblage, lavage sur les caisses allemandes, bocardage, lavage sur les tables, usage des grands bassins de dépôts et des labyrinthes, qu'ils décomposent en autant d'opérations intermédiaires, toutes destinées à récupérer au maximum un minerai prompt à se laisser emporter avec les stériles³.

1°) LE CASSAGE ET LE CRIBLAGE.

L'obligation de séparer et de concentrer un minerai intimement lié à la roche et le plus souvent disséminé représente la justification fondamentale d'un tel travail de préparation. « Si la Nature nous présentait toujours les mines massives ou en masse continue dans les filons, leur préparation pour la fonte ne serait pas bien difficile... il suffirait, ou qu'elles fussent pilées à sec ou brisées en assez petits morceaux... » Mais le plus souvent, elles se trouvent disséminées çà et là dans les roches ou gangues « quelquefois si finement, qu'on ne peut pas les y apercevoir »⁴.

On traquait donc « les mines massives », et pour ce faire, on opérait une série de triages et de cassages destinés à diviser le minerai en autant de catégories. Chacune recevaient un traitement approprié. L'opération commençait dès l'abattage. Au pied du front de taille, le mineur opérait un premier dégrossissage. « Les ouvriers détachent ce qui est mine ou minerai à grands coups de marteau, ou de masse, de ce qui n'est purement que gangue ou roche. On fait ensuite parvenir les minerais au jour, pendant qu'on laisse dans la mine les roches inutiles »⁵. Ces stériles servaient au remblayage des travaux après l'abattage.

¹ - De l'avis même des auteurs, cette publication fait suite à celle réalisée par Daubuisson sur la préparation des minerais en Saxe. Les auteurs expliquent avoir choisi Poullaouen parce qu'il s'agissait d'un des établissements « les plus importants que la France connaisse » BEAUNIER et GALLOIS, « Exposé... », Journal des Mines, an XII.

² - Du moins en ce qui concerne le domaine technique français.

³ - Voir notre « schéma des opérations minéralurgique », vol. 3, p.26.

⁴ - A. G. MONNET, « Traité particulier sur la préparation et le lavage des mines » in Traité de l'exploitation des Mines, p. 266-342.

⁵ - A. G. MONNET, op.cit., p.281. Opération pratiquée dans toutes les exploitations, les plus frustrées comme les plus avancées techniquement. Exemples à Poullaouen et Huelgoat, St-Hippolyte-de-Durfort, St-Sauveur, etc.

Venait ensuite la division du minerai, plus ou moins poussée selon le degré de technicité de l'entreprise, selon la richesse intrinsèque du minerai et sa teneur en métal précieux, deux facteurs qui le plus souvent allait de pair. A la mine de Saint-Hippolyte, le minéral extrait était trié par les propriétaires « en deux classes; dans la première, on range les petits morceaux purs et détachés en cet état de la pierre de gangue à l'aide d'un marteau ». Ils étaient vendus aux potiers sans autre préparation. « On met en réserve, pour la seconde classe, les débris de triage qui sont pilés et réduits de suite en sables »¹. A Saint-Sauveur, près de Meyruès, on distinguait trois catégories de minerai : la mine grasse « que l'on envoie à la fonderie après un concassage grossier »; la mine moyenne, « pilée sous un bocard à sec, passée à plusieurs criblages successifs jusqu'à ce qu'elle fût successivement purifiée »; la mine maigre, « on la bocardait et on lavait les gros sables sur des caisses allemandes et les boues sur des tables jumelles »². Cette classification rejoint celle de Monnet qui différenciait « mines massives » c'est à dire « pures et rassemblées en masse » qui n'ont à subir que le « brisement ou pilage », voire un lavage; mines répandues en morceaux plus ou moins gros dans la roche »; enfin, mines « en partie finement dispersées et comme confondues dans la roche » qu'il fallait obligatoirement bocarder³.

A Poullaouen, la nomenclature était plus précise. En fin de siècle, la succession des diverses opérations de triage et de cassage aboutit à une répartition du minerai en cinq classes nettement différenciées: le minerai massif « ou presque, exempt de matière terreuse » ; le minerai divisé, « formé de petites portions de minerai massif, moins rapprochés dans la gangue »; le minerai à scheider, « destiné au cassage, qui comprend les morceaux d'un plus grand volume et d'une richesse variable dans leur étendue » ; le minerai à bocarder, « le plus pauvre de tous » ; les « pierres de nulle valeur ». Quatre catégories de minerai, pour une de stérile. Chacune subissait un traitement spécifique⁴.

¹ - A.N. F 14 8074. Il s'agit d'un rapport rédigé par Maisonneuve, ingénieur à Villefort, en l'an IV. L'utilisation de ces sables n'est pas connue.

² - A.N. F 14 8129. Le rapport de l'Ingénieur Furgaud date de 1817 mais retrace le déroulement des opérations tel qu'il s'effectuait entre 1777 et 1782. Le minerai est qualifié de « très maigre : 50 à 60 livres de plomb par quintal de mine pure et 2 à 3 onces d'argent ».

³ - A Vialas, après triage et débouillage, l'on obtenait le « minerai A, envoyé à Villefort où il est pilé, tamisé, puis grillé ; (le) minerai B envoyé au bocard à eau ; (le) minerai C envoyé à la criblerie ; (le) minerai D, rejeté ». (E.N.S.M.P., M 1828(77), Gras, « Gisement, exploitation, préparation mécanique et traitement métallurgique de la galène argentifère de Vialas »).

⁴ - BEAUNIER & GALLOIS, op.cit., pp.95-96.

La bonne réussite du travail exigeait de l'eau, une solide habitude, un bon coup de main et l'emploi d'un matériel approprié. Au cassage, par exemple, le choix de l'instrument n'était pas sans conséquence. Ainsi à St-Hippolyte en début de dix-neuvième siècle, la seconde classe de minerai était traitée avec le même marteau que la première. Maisonneuve, l'ingénieur de Villefort critiqua vivement cette habitude. « Il est impossible d'empêcher que le minéral ne se brise avec perte. Nous avons conseillé à ces ouvriers de se servir du marteau plat usité dans les mines pour cette préparation, mais il y a apparence qu'ils ne renonceront pas à leur méthode quoique évidemment mauvaise »¹.

Les techniques mises en oeuvre à Poullaouen présentaient toutes les marques de la fiabilité². Il suffit pour s'en convaincre de suivre l'opération de triage dans son intégralité. Le minerai était d'abord débourbé et trié, puis « scheidé » et criblé. « Le débourage consiste à placer le minerai sur des grilles dites anglaises³ et à y faire tomber un courant d'eau... » Le minerai était placé en tas sur la grille et travaillé par des enfants : un premier, muni d'un rouable⁴, « renouvelle les surfaces, et éloigne sur le plancher les matières éclaircies, qui sont aussitôt remplacées ». Quatre enfants étaient « appliqués au service de chaque grille ». Le « minerai à trier », c'est-à-dire celui qui restait au-dessus des grilles était classé en cinq catégories. Le minerai coincé dans les grilles était envoyé au « schickage »⁵. Celui qui passait la grille était réparti en « sable brut » et en « schlamms » qui recevaient des traitements différents. Les sables bruts tombaient dans un réservoir d'où ils étaient retirés « tous les jours entre midi et une heure pendant le repos des ouvriers ».

¹ - « Telle est l'emprise de la routine » ajoute-t-il. A.N. F 14 8074.

² - Tout ce qui concerne la préparation du minerai vient de la description qu'en firent Beaunier et Gallois en 1803. Les ateliers avaient été réorganisés en 1792. (« Exposé de la préparation des minerais à Poullaouen », Journal des Mines, n°92, floréal an XII, pp. 81-116.

³ - Coste, en 1827, en donne la description suivante : « grilles en fer ajustées sur des tables de bois percées à cet effet d'un trou rectangulaire. » Les tables étaient des planches (0,04m ép.), « reposant sur des massifs en maçonnerie qui forment trois parois de la caisse destinée à recevoir les parties entraînées. » La paroi antérieure était « moins élevée que le massif, au-dessus de laquelle l'eau peut s'écouler dans un petit canal. L'eau est fournie par un tuyau de bois un peu prismatique. (E.N.S.M.P., M 1827(53).

⁴ - Sorte de petit râteau à long manche. En 1827, Coste parle, pour la même opération, « d'une sorte de râble en fer ou une pelle qui sert aussi à faire tomber l'eau sur les parties les plus éloignées de la grille ». Doit-on voir, dans ce changement de dénomination, l'influence de la métallurgie, et en particulier du puddlage alors technique à la mode ?

⁵ - Le « schickage » est un criblage particulier « qui s'exécute sur les morceaux de minerai d'un trop petit volume pour être trié à la main ». Il aboutit en deux tours à la détermination de cinq parts : pierres de nulle valeur, minerais à bocarder, minerai divisé, minerai massif, vases enfin, qui seront passées au bocard.

On les envoyait directement au criblage¹. Entraînés par les eaux, les schlamms, plus fins que les sables, étaient récoltés dans les labyrinthes et travaillés aux tables².

Catégories par catégories, les autres matières étaient réduites en sable pour pouvoir être criblées. Le scheidage s'appliquait au minerai de moyenne richesse³. Il était exécuté par des vieillards⁴ « par terre à l'aide de masses garnies de manches assez long pour qu'un homme puisse commodément les atteindre, étant debout »⁵. Les morceaux obtenus étaient de la taille d'un oeuf et divisés en trois classes : minerai divisé, minerai à bocarder et pierres de nulle valeur. Les « morceaux volumineux riches » -minerai massif ou divisé⁶- étaient brisés à la masse. De cette manière on isolait dans chacune de ces deux espèces de minerai « les parties plus ou moins riches renfermées dans leur masse, afin de réunir celles qui sont semblables et obtenir plus d'uniformité dans ces deux espèces. » Chaque espèce de matière était enfin pilée à part et réduite en sable à la batte⁷.

Le criblage, qui venait alors était l'une des opérations qui demandait le plus de précision dans le coup de main⁸. C'était « une forme particulière de triage » reposant à la fois sur le degré de ténuité et la pesanteur spécifique de chacune des catégories à trier⁹.

¹ - Du moins en 1827 à Huelgoat (Coste, op.cit.).

² - Cf. infra.

³ - Morceaux de minerai restés coincés dans les grilles, « d'une richesse variable dans leur masse. » (ibid.)

⁴ - C'est-à-dire, si l'on se rapporte à la qualification identique à Pont-Péan au XIX^e siècle, des hommes de 45 à 55 ans. Peu survivaient au-delà, en raison du saturnisme.

⁵ - « Nom venant probablement de l'allemand « scheider » (briser, casser). Il s'exécute aux marteaux de fer semblable à ceux des cantonniers. Cassage et triage se font en présence du surveillant » (E.N.S.M.P., M1827(53).

⁶ - La meilleure définition de ces catégories de minerai est donnée par l'élève-ingénieur Furiet en 1841 : « Selon la manière d'être de la galène dans le filon, on peut distinguer le cas où on a des veines de mines à peu près pures de celui où la galène est intimement mélangée avec une assez forte proportion de gangue. C'est ce qu'on exprime en disant qu'on a du massif ou du divisé. Dans le divisé, le mode d'association de la gangue au minerai est tel qu'on ne peut le séparer qu'après la pulvérisation ; c'est là son caractère propre. Pour le massif, c'est tout différent : s'il est associé à une certaine quantité de gangue, c'est du stérile provenant de la roche. On conçoit la possibilité de les séparer sans pulvérisation ; ce n'est que par le fait de l'abattage qu'ils se trouvent dans le même fragment. » (E.N.S.M.P., M 1841 (280), Furiet, « Mémoire sur le lavage de la galène à Poullaouen ».

⁷ - De même que les déchets des cribles. Plus le minerai est massif, moins il est pilé fin.

⁸ - Coup de main ou savoir-faire ? Donnons au coup de main, un côté beaucoup plus mécanique, routinier, un champ d'application plus limité que celui du savoir-faire ...

⁹ - Pesanteur spécifique et degré de ténuité : ces deux notions commanderont l'essentiel des travaux de préparation des minerais jusqu'à la mise au point des procédés de flottation au début du vingtième siècle. Mais, il faut pour cela un minerai dont le poids soit très différent de celui de la gangue. C'est le cas à Poullaouen, où les sulfures de plomb tenant argent, à ténuité égale, se distinguent nettement en pesanteur d'une gangue « formée d'un grès fin et schisteuse ». Le procédé n'est pas sans inconvénient lorsque minerai et gangue ont la même pesanteur ou lorsqu'un métal précieux, « disséminé dans la gangue en filets déliés, ou

L'outil était un crible à poignées, de forme légèrement conique¹, plongé dans une cuve. L'ouvrier le chargeait jusqu'à la moitié de la hauteur, et le plongeait dans la cuve remplie d'eau qui servait à séparer les matières les unes des autres. L'opération - - « le tour »- se décomposait de la manière suivante :

1°) L'ouvrier imprimait dans un plan horizontal, une série de mouvements « très prompts, circulaires et alternatifs dans un sens et dans l'autre ». Le minerai très divisé se délayait. Les parties les plus ténues traversaient le crible².

2°) Le minerai restant était secoué de plusieurs saccades verticales, ce qui le rangeait horizontalement.

3°) L'ouvrier inclinait le crible en maintenant la partie la plus près de lui hors de l'eau et lui faisait éprouver plusieurs chocs contre la cuve. A chacun de ces chocs, le minerai le plus dense, qui était aussi le plus riche, descendait « avec plus de force que le reste ». Ainsi se formaient progressivement deux couches superposées l'une de minerai riche, l'autre de minerai pauvre.

4°) En maintenant le tamis incliné dans l'eau, l'ouvrier réalisait une série de saccades et d'oscillations qui permettaient à la masse entière de se déposer « sur le bord opposé au centre du mouvement »³.

5°) Le crible était sorti de l'eau. Le minerai pauvre était rangé dans la partie vide au moyen d'une « lime »⁴, jeté dans une brouette et transportées au bocard.

contenu en poussière parmi des oxydes, se trouve en partie entraîné par l'eau avec les substances de nulle valeur. » L'exemple que donnent Beaunier et Gallois dans ce dernier cas est celui d'Allemont. (BEAUNIER & GALLOIS, ibid.)

¹ - « Ils sont formés de douvelles (c'est-à-dire de petites planches servant à la fabrication des tonneaux, n.d.a.) réunis par deux cercles de fer » auxquelles étaient rivées des poignées coudées. Le fond consistait en « un tissu de laiton, formé de mailles dont la grandeur est variable, à raison du volume des matières qu'on y traite. » (Ibid.)

² - Le texte n'indique pas comment étaient récoltées ces parties ténues.

³ - C'est avec un soin tout particulier, témoignage sans doute à la fois de la nécessaire qualité du geste et de son caractère inusité, que Beaunier et Gallois décrivent cette manipulation : « L'ouvrier se penche en arrière, en se faisant un point d'appui de ses genoux contre la cuve, et en se retenant les bras tendus au crible, auquel il communique encore des saccades, en le maintenant toujours incliné dans l'eau, et en le faisant osciller autour de son point de contact avec la cuve. » (Ibid.)

⁴ - Nom donné à une petite plaque de tôle destinée à cet effet.

6°) Les oscillations étaient répétées deux à trois fois, ce qui avait pour effet d'isoler de nouveau le minerai riche. Il était jeté séparément dans une case voisine selon un tour de main très précis, qui portait le nom de « stricken »¹.

Ce n'était là que le premier tour. Les matières riches étaient reprises et criblées de nouveau « jusqu'à ce que l'ouvrier les ait amenées à la richesse qu'elles doivent atteindre entre ses mains. » A mesure qu'avancait l'enrichissement, les matières pauvres changeaient de composition et tendaient elles aussi à s'enrichir. Elles étaient donc traitées différemment des premières. L'ensemble de ces tours, plus ou moins nombreux selon la nature du minerai traité, formaient ce qu'on appelait un criblage. Etaient ainsi criblés, le massif, le divisé, le sable brut, les « petits déchets des caisses », le minerai à mettre au net, les déchets. L'on obtenait en deux à trois levées, le « minerai à bocarder », le « minerai dit des déchets », le « minerai destiné à être mis au net »², les « vases ou bourbes ».

L'ensemble de ce travail -pilage et criblage des minerais pilés- était « un des plus anciens qui soient en usage dans les exploitations des mines ». Ancien, est-ce à dire périmé, comme l'affirme Monnet qui préconise son remplacement par le travail au bocard³ ? L'exemple de Poullaouen montre que les deux techniques cohabitèrent et potentialisèrent leurs effets.

2°) LE BOCARDAGE.

Nous rejoignons Monnet cependant, lorsqu'il affirme que le bocardage des minerais « est le travail le plus utile, et le plus important qu'il y ait dans l'exploitation des mines »⁴. Bocarder signifie broyer le minerai, non plus au marteau mais par une série de pilons alternativement levés et abaissés par le jeu d'un arbre à cames mû par une roue hydraulique. Le bocard évitait les ruptures de charge, du moins lorsqu'il fonctionnait à

¹ - L'expression « tour de main » est celle qu'utilise le texte. « Stricken », c'était « incliner le crible et lancer les matières vers la case, comme si on voulait y jeter à la fois les parties riches qui occupent le bas du crible et les parties pauvres placées du côté de l'ouvrier; ces matières tendent à décrire deux jets parallèles : le cribleur laisse échapper les premières, et arrête avec le crible, les secondes dans leur chute. » (Ibid.)

² - Catégorie destinée à être de nouveau criblée.

³ - Monnet fait le commentaire suivant : « ce travail, dit notre texte, est un des plus anciens qui soient en usage dans les exploitations des mines : mais il ajoute que c'est un des plus utiles ; ce que nous n'avouons pas aisément. Nous dirons au contraire qu'il n'a jamais été fort nécessaire, quant à la première opération (séparation des minerais, n.d.a.); & qu'à l'égard de la seconde, il est devenu absolument inutile, aujourd'hui qu'on a le bocard et un lavage plus important. » (A. G. MONNET, op.cit., p.293)

⁴ -« Les Minéralogistes doivent une reconnaissance éternelle à celui qui l'établit le premier », ajoute-t-il. (Ibid. p.299.)

l'eau. Il limitait le nombre de bras occupés sur le carreau minier. Surtout cette machine, qui fut utilisée tard dans le vingtième siècle pour le broyage des minerais de quartz aurifères¹, permit la séparation de minerais jusque là délaissés en raison de leur pauvreté².

Pour mieux définir le bocard, nous prendrons pour exemple celui qui fonctionnait à Vialas en 1828. La date est tardive, mais l'appareil conforme à beaucoup près à ceux du dix-huitième siècle. Il s'agissait d'un bocard à eau, composé de quatre batteries avec chacune trois pilons. Les pilons de quatre mètres de haut battaient dans des auges en bois³, garnies intérieurement de bandes de fer. Sur le devant de chaque auge était placé un treillis de fil de fer. L'eau pénétrait par un canal de bois ; la quantité s'en réglait par une vanne. Soumis à un travail considérable, l'appareil fatiguait vite : L'armure en fonte des pilons (le sabot) -d'un poids de cinquante kilos- durait à peine quatre mois. Usée aux deux tiers, elle était alors remplacée par une neuve et envoyée pour garnir les pilons du bocard à sec. Ce bocard battait jour et nuit⁴.

De telles machines équipaient la plupart des exploitations du dix-huitième siècle. St-Sauveur, par exemple, possédait « un bocard à eau portant neuf flèches avec labyrinthes, bassins de dépôt, caisses allemandes et tables jumelles »⁵. Au Huelgoat-Poullaouen, en 1786, l'élève-ingénieur Roëttiers donne une description toute pédagogique d'un bocard construit en 1774 : « La division des comes sur l'arbre est telle qu'il n'y a jamais deux pilons qui tombent ensemble, quoique cependant chaque pilon agit 3 fois dans une révolution de l'arbre. Le nombre des pilons est de 12. Il y a donc 36 coups dans une révolution... La matière se jette par une ouverture pratiquée tout au long du bocard qui communique dans l'auge où par l'action des pilons elle est broyée dans un courant d'eau qui y arrive continuellement »⁶.

¹ - M. ANGEL, Mines et fonderies au XVI^e siècle, pp. 165-168 et P.-Ch. GUIOLLARD, Mines d'or. Petite histoire des grandes mines d'or françaises, p. 14. Vol.3, pp. 24-25 et 29.

² - *L'invention du bocard dut se faire en deux temps. Il y eut d'abord le remplacement du pilage à la meule de moulin par le bocardage à sec, quelque part entre quinzième et seizième siècle en Europe centrale. Selon Agricola, le bocardage à eau fut utilisé en 1512 pour le traitement des halles sur les mines de Meissen. G. Agricola, De re metallica, H. Hoover éd., L.VIII, pp. 279-287, et MONNET, ibid. Représentation de bocard in vol. 3, pp. 27-28.*

³ - Terme rencontré dans les journaux, mémoires et rapports des ingénieurs des Mines, tout au long du dix-neuvième siècle.

⁴ - E.N.S.M.P., M 1828(77).

⁵ - A.N. F 14 8129.

⁶ - E. MONANGE, op.cit., t.1, p.163.

La construction devait s'effectuer selon des critères bien précis. Il fallait connaître la hauteur de la chute d'eau. « C'est un point essentiel pour déterminer le nombre des batteries qu'on peut faire au bocard »¹. Ensuite, « il ne s'agit plus que de proportionner la roue... et de l'emplacer de la manière la plus avantageuse. » La confection du sol demandait un soin particulier : fait d'une charpente ou de pierres pilées, il était humecté -ni trop, ni trop peu- de manière à ce que les pilons le durcissent du mieux qu'il soit². Charpente et pilons était « en bois de chêne » parce que, « outre que ce bois dure le plus, il est le moins sujet à se laisser pénétrer par l'eau. » Quant aux « masses » -c'est-à-dire aux sabots-, elles doivent être d'un fer le plus dur possible. Les parois de l'auge étaient élevées « pour empêcher que rien ne tombe dans l'auge du bocard, ou même que rien n'en sorte, et que les jaillissements excités par les pilons ne soient pas perdus » ; pour cette même raison, on couvrait l'auge de branchages. Enfin, « il est nécessaire que les comes soient bien distribuées sur l'axe de la roue », pour que les pilons soient soulevés et tombent régulièrement.

Pour l'utilisation, « il suffit de connaître que la machine est composée de 12 pilons divisés en 4 batteries, ayant chacune une auge particulière que l'on charge de minerai à mesure qu'il ne se pile, que dans cette auge afflue un courant d'eau qui entraîne les parties assez divisées par les pilons, à travers des cribles de laiton...appliqués sur les côtés et le devant de l'auge³. En sortant de l'auge, les matières étaient déposées par l'eau en suivant leur ordre de richesse et de ténuité, d'abord dans les réservoirs, ensuite dans les premiers canaux qui y attenaient, enfin dans les bassins⁴. Mais derrière l'apparente simplicité de la séquence introduction du minerai / broyage dans un courant d'eau / sortie jointe de l'eau et du minerai / dépôt dans des réservoirs, se cache un savoir-faire tout aussi indispensable que spécifique. La connaissance du minerai à bocarder devait être précise pour déterminer

¹ - Monnet utilise au lieu du terme « batteries », celui inusité de « compartiments » Dans sa traduction, l'ingénieur définit une nomenclature à ce point objective qu'elle échappe à la pratique courante. Ainsi utilise-t-il le terme « brouails » pour les bourbes, « masses » pour les sabots des pilons, etc., dénominations que nous n'avons rencontrées nulle part ailleurs. A moins qu'il ne s'agisse de termes employés à Ste-Marie-aux-Mines, gîte qu'il affectionnait particulièrement.

² - Il s'agit le plus souvent de granite, dit Monnet, qui déconseille l'usage de plaque de fer, parce que « le fer se détruisant peu à peu, on le retrouve dans le « brouail » ou dans la mine pure (ibid.). A Poullaouen, l'auge du bocard décrit par Roëttiers se composait « de fortes solives assurées, sur un fond solide, sur lesquelles l'on met une grande quantité de scories que l'on pile, ce qui forme alors un fond d'une dureté incroyable par l'action continuelle des pilons qui ne cessent de battre dessus. » (E. MONANGE, op.cit., p. 163)

³ -BEAUNIER & GALLOIS, op.cit.

⁴ - Voir vol. 3, p.27, le plan des laveries de Poullaouen. (ibid.)

quand jeter le minerai, en quelles quantités¹ et jusqu'où « bocarder ». On devait piler différemment selon qu'il s'agissait de « mines légères » ou au contraire de « minerais qui contiennent des parties de mines massives pesantes ». « Plus il entrera d'eau dans le bocard, moins les parties de minerai auront le temps d'y rester », précise Monnet. Entrait également en ligne de compte la profondeur de l'auge, la nature de la grille², le « choc plus ou moins multiplié des pilons », c'est-à-dire le nombre de cames implantées sur l'axe, enfin « le plus ou moins de pente qu'on donne au sol du bocard. ».

Le bocard à sec ne différait du précédent que par la forme de l'auge et celle du sol. L'auge était ouverte sur les côtés « pour donner la facilité, tant de jeter le minerai que d'en retirer celui qui est pilé ». Le sol était recouvert de plaques, « attendu qu'on ne saurait former un sol solide à sec ». Peu pratiqué, en raison des pertes importantes que provoquaient le remplissage et le vidage, ce pilage, « comme on le sent, exige beaucoup plus de soin que le précédent »³.

3°) LE TRAVAIL AUX CAISSES ALLEMANDES ET AUX TABLES JUMELLES.

Pris isolément, le bocard n'était qu'une machine à piler le minerai. L'appareillage devait se compléter d'un réseau de fossés et de labyrinthes pour le dépôt des matières bocardées, sables d'abord, schlamms ensuite. La traque du minerai argentifère reprenait après le bocardage, travail purement passif dans un premier temps, car il s'effectuait par simple décantation entre parties minérales et éléments de « nulle valeur » en utilisant la gravitation différentielle. « La nécessité qu'il y a d'avoir plusieurs fossés pour cette opération, aussi bien que la différence qu'il y a entre eux, est fondée sur le principe que les

¹ - Deux dangers étaient à éviter : 1°) faire perdre au pilon son point d'appui, en cas de quantités insuffisantes. 2°) gêner le libre jeu des cames, en cas d'excès (A. G. MONNET, op.cit., p.307). Selon la qualité du minerai, la « jettée » -le terme est de Monnet- pouvait s'effectuer toutes les deux à trois heures. Elle s'effectuait à la pelle ou à la trémie. Le bocard, dans ce cas, pouvait être équipé d'un « avertisseur ou réveilleur », destiné à prévenir le bocardier que l'auge se vidait (Ste-Marie-aux Mines, Vialas, A. G. MONNET, *ibid.*, E.N.S.M.P., M 1828 (77)).

² - A Poullaouen, l'un des bocards disposait d'une auge profonde, et d'une grille serrée : « il résulte naturellement de ces deux conditions qu'il produit des sables très fins puisque par deux motifs les fragments de mine doivent rester longtemps au choc des filons ». (E.N.S.M.P., M 1841 (280))

³ - A. G. MONNET, *ibid.* Seul exemple de bocardage à sec rencontré, celui du « moulin à scheider » utilisé au Huelgoat et dénommé ainsi parce qu'il avait été mis en place en 1770 pour remplacer l'atelier de scheidage. C'était un bocard classique, composé de « 12 pillons qu'une roue d'environ 12 pieds de haut fait mouvoir... Huit de ces pillons divisés en deux cames donnent leurs coups sur le minéral mêlé de pierres que l'on jette sur une forte grille de fer... A mesure que le minéral se pile..., il tombe par les espaces ou entre les barreaux de la sus- dite grille, d'où il est pris et criblé tout de suite par un gros crible. Les parties qui restent

corps se précipitent d'autant plus promptement de l'eau que leur masse est d'autant plus fine et plus mince. Conséquemment les minerais pilés à gros grains doivent se précipiter avant ceux qui sont fins dans un moindre espace de temps »¹.

Tout était donc affaire de disposition. La précision était de règle : chaque catégorie de sable et de schlamms devait subir le traitement approprié². Au Huelgoat, « en tête de chaque batterie, est disposé un réservoir trapézoïdal où se déposent les sables du bocard, puis des labyrinthes pour le dépôt des schlamms numérotés selon le bassin dans lequel ils se déposent »³. A Poullaouen, dans la cour de la laverie, à fleur de surface, tout un réseau de fossés, de labyrinthes et de bassins s'ajoute au bâti et vient compléter les installations de préparation du minerai. Les eaux chargées de matières minérales étaient soigneusement drainées et distribuées selon leur provenance et de leur richesse. « Cinq grands bassins, deux petits labyrinthes » servaient à cet effet⁴.

La définition des labyrinthes se précisa en fin de siècle. « On entend généralement par labyrinthes des laveries, l'ensemble des canaux et des bassins de dépôt qu'elles renferment. Mais nous réservons cette dénomination pour la distribution particulière des espaces où se classent d'eux-mêmes les résidus de lavage, aux grilles anglaises et aux caisses de la criblerie...Ce sont des fosses revêtues en maçonnerie, divisées par des cloisons de planches en autant de petits bassins, qui se communiquent à un certain niveau. L'eau pour passer de l'un à l'autre, est obligée de suivre une marche sinueuse, et dépose

dessus... sont pillées de nouveau par les quatre autres pillons sur une plaque de fonte pour les réduire encore plus fines. » (Rapport Duhamel, 1781, E. MONANGE, op.cit, t.1, p.162).

¹ - A. G. MONNET, op.cit., p.319.

² - « La construction et l'arrangement des fossés est un objet si important, que nous devons les considérer d'abord avec la plus grande attention... » qui utilise pour désigner les divers fossés, les termes « chute », « moyens », « bourbiers ». Par contre, l'ingénieur utilise peu -voire pas- le terme « labyrinthe », d'usage courant au dix-neuvième siècle.

³ - E.N.S.M.P. JV 1833(148), François, « L'exploitation minière du Huelgoat ».

⁴ - « Les bassins n°1, des schlamms, reçoivent les eaux les plus richement chargées. Ils servent alternativement. L'eau y dépose les schlamms riches, et reste seulement troublée par les sables de nulle valeur... » L'usage était le même pour le bassin n°2, « seulement les eaux qu'il reçoit sont moins chargées. (BEAUNIER & GALLOIS, ibid.). Voir vol. 3, p. 27, le plan des laveries de Poullaouen. Entre chaque bassin était disposée une zone planchéiée, destinée au séchage des schlamms après leur retrait des bassins.

dans chacun des matières de diverses richesses »¹. Ce classement à l'économie se rapportait en priorité aux résidus de la criblerie et des grilles anglaises.

A intervalles réguliers et variables, chacun de ces bassins et labyrinthes était vidé, son contenu soigneusement recueilli, séché, puis traité aux « caisses allemandes »² et aux « tables jumelles. » Etape fondamentale : « c'est par elle qu'on jouit du profit et de l'avantage que procure le bocard »³. Le principe restait le même, celui d'un « rangement des matières »⁴ selon leur pesanteur spécifique. La réalisation différait du criblage, en ce qu'elle procédait non par chocs répétés, mais par remontée permanente du minerai à contre-courant d'une eau qui coulait en nappe.

Les matières les plus grossières, bourbes de la criblerie, sables provenant du travail du bocard étaient traitées aux caisses. Ces sortes d'auges rectangulaires mesuraient environ trois mètres de long et cinquante centimètres de larges, profondes de quarante centimètres. Elles étaient inclinées dans le sens de la longueur. A leur tête, un bassin recevait l'eau d'une canalisation commune à plusieurs caisses. Le minerai destiné à être lavé était déposé dans une « case », placée au-dessus du bassin et ouverte du côté du courant. L'atelier comportait quatre à huit caisses appariées, parfois moins, rarement plus⁵. Le travail consistait à laver les matières et les trier en renvoyant une partie sur la caisse précédente et l'autre sur la caisse suivante. Au terme ultime, on obtenait d'un côté un « minerai net », prêt à fondre, et de l'autre un ensemble de « déchets » envoyés aux tables jumelles.

Le coup de main était précis et demandait adresse et force. Le travail aux caisses était un travail d'homme. Comme aux grilles anglaises, l'instrument était le rouable. Le premier dégrossissage⁶ occupait deux ouvriers. « L'un ramène constamment le minerai contre le courant, tandis qu'un autre le lui jette à mesure de la case supérieure. ». Pour les autres dégrossissages, l'on augmentait le courant d'eau « à raison de l'accroissement des

¹ - BEAUNIER & GALLOIS, op.cit., pp.91-94. C'est la première fois que nous trouvons mention de « maçonnerie » pour le façonnage des fossés ou labyrinthes. Pour éviter une perte du matériau à traiter, la technique la plus courante consistait à planchéier.

² - Vol. 3, pp. 24-25. On parlait aussi, quoique moins fréquemment, de « table à tombeau ». Description plus académique dans MONNET, op. cit., p.329ss.

³ - A. G. MONNET, ibid.

⁴ - BEAUNIER et GALLOIS, op.cit.

⁵ - A Poullaouen, huit caisses pour les sables du bocard, quatre caisses pour le sable brut des cribles.

⁶ - Premier temps du traitement des matières venant de la criblerie. Cette étape n'existait pas dans le traitement des sables du bocard.

matières. » Un seul ouvrier suffisait. Tournant le dos au courant, il tirait le minerai vers lui en l'élevant, puis « il le laisse glisser en effleurant par une marche contraire la surface des matières... » Ainsi, il augmentait la vitesse de l'eau et chassait les parties pauvres -plus légères- vers le bas de la caisse. Le minerai enrichi s'accumulait à la tête, dans un tas « en forme de coin ». Périodiquement, il était prélevé et remplacé par le minerai situé immédiatement en-dessous. L'ouvrier prenait alors de nouveau du minerai non lavé en le faisant tomber de la case supérieure. « En quatre à cinq reprises semblables, la caisse supérieure est vidée, et on a recueilli deux brouettées de matières enrichies qu'on peut mettre au net. » Celle-ci exigeait encore plus de force et d'adresse. « Le minerai est plus dense et que le lavage doit se faire avec plus de soin. Il se termine en deux tours par un bon laveur, et en trois par un laveur ordinaire »¹.

Le travail aux tables concernait les « matières plus divisées », dépôts des labyrinthes, résidus des caisses et, plus généralement, tous les résidus de lavage, ces sables fins qu'on appelle schlamms. Travail de patience et de précision, il incombait aux femmes. Les tables étaient plus longues, plus larges, moins profondes, plus inclinées que les caisses allemandes¹. A leur tête, une petite auge horizontale recevait l'eau du canal supérieur et la versait dans un bassin triangulaire « d'où elle sort et s'étend en nappe d'une ligne d'épaisseur ». En bas, un dégorgeoir muni d'une gouttière mobile distribuait l'eau dans deux canaux différents : canal de nulle valeur pour les premiers moments du lavage, canal des déchets pour la suite. Celui-ci était « partagé en autant de cases mises en communication par de petites ouvertures. »

La laveuse versait sur la table un peu moins de trente kilos de schlamms, qu'elle retenait au moyen d'un petit rouable. Les schlamms s'épandaient sur la table sous l'effet du courant d'eau, le stérile se séparant des matières minérales et accompagnant l'eau dans sa course. L'ouvrière saisissait un « petit balai de genêt disposé en éventail » et le promenait sur la table « en effleurant la surface des matières qui la couvrent », ce qui avait pour effet d'enrichir progressivement le minerai. L'eau chargée de matières s'écoulait dans le canal des déchets. Lorsque, sur l'aire de la table, la matière avait acquis la richesse convenable,

¹ - BEAUNIER et GALLOIS, op.cit. Voir vol. 3, p. 26, le déroulement complet de l'opération de lavage sur les caisses des sables du bocard.

la laveuse stoppait l'eau en bas de table, augmentait son arrivée vers le haut. Le schlich² se dégageait brutalement dans la case destinée à cet effet. Les déchets étaient prélevés tous les quatre à cinq jours et aussitôt relavés. Le schlich était prélevé tous les quinze jours dans la case du même nom et envoyé directement à la fonderie.

L'organisation spatiale des ateliers était austère, qu'imposaient le nombre d'ouvriers et les rigueurs de la technique. La laverie de Poullaouen employait en fin de dix-huitième siècle, « vingt-huit enfants aux grilles, huit casseurs, douze cheideurs, seize cribleurs, deux laveurs sur les caisses des vases, quarante laveuses sur les tables, seize laveurs aux caisses du bocard »³, au total, 120 personnes environ, « non compris les aides du service au bocard, à la criblerie et aux tables ». Le parcours de l'eau commandait l'agencement d'ateliers disposés perpendiculairement autour des bassins de dépôts⁴. L'atelier des bocards en était le point focal. De là venait l'eau, de là elle se divisait avec, au centre, deux canaux en diagonale, l'un pour l'eau motrice, l'autre pour l'eau du pilage. Sur la droite, en prenant le sens du flux, était l'atelier des caisses puis celui des tables, long de cinquante mètres. Sur la gauche, était l'atelier des grilles anglaises, la criblerie et ses caisses. Disposition judicieuse : l'accès des canaux chargés de matières aux bassins de dépôt respectait le sens du flux, sa force et sa teneur en particules minérales, ce qui limitait les facteurs de turbulences. Le scheidage, dont la place se trouvait quelques cinquante mètres en contrebas était le parent pauvre de cette organisation⁵.

B - UNE METALLURGIE PLURIELLE.

Schlutter le souligne : il importe de bien conduire la fonte « si l'on veut retirer tout le métal que les mines contiennent..., parce que s'il se perd quelques portions de métal qu'on doit retirer, il en coûte trop de frais et de temps pour le recouvrer »¹. Deux grandes méthodes co-existèrent au dix-huitième siècle, différentes dans leur mise en oeuvre, l'Allemande -terme à prendre ici au sens générique- et l'Anglaise.

¹ - *Dimensions des tables à Poullaouen : 3 pieds de largeur, 15 pieds de long, 6 pouces de pente (soit 0m97/4m86/0m16). Elles étaient appariées, d'où leur nom, mais on parlait aussi de tables dormantes. L'image qu'en donnent les planches de l'Encyclopédie est saisissante (vol 3 p. 25).*

² - *Nom donné au minerai suffisamment enrichi, c'est-à-dire bon à fondre.*

³ - *BEAUNIER & GALLOIS, op.cit.*

⁴ - *Plan, vol. 3, p.27.*

⁵ - *Le minerai à traiter était déposé à l'extrémité du « traînar », nom donné à la voie « sur laquelle roulent les chiens chargés venant de la mine ».(Ibid.)*

1°) DE LA DIFFICULTE DE FONDRE.

L'histoire de la fonte est souvent celle d'un fiasco. Les exemples abondent. A Barbecot, près de Pontgibaud, Drelon et Engelvin font enlever, en novembre 1783, les restes de la fonderie « ruinée depuis plus de quarante ans ». Ils y trouvent du schlich abandonné, un « amas uniforme de mines et de matières mélangées » que, manifestement, l'on n'avait pu passer au fourneau. En visite sur le site, Buffon exprime son étonnement « quant à l'abandon de ces matières qui avaient coûté tant de dépenses à extraire et à préparer » et conseille de laver et fouiller tout le terrain². A St-Sauveur, en 1787, les récriminations de l'Alsacien Jean Kipgé, éclairent d'un jour particulier les difficultés qu'il pouvait y avoir à fondre correctement. Lorsqu'il arrive, le minerai n'est pas prêt³. On l'emploie à fondre des restes d'orfèvrerie « lesquels ne tenaient pas assez de plomb ». Il lui faut ramasser « les rebuts des ouvriers fondeurs qui étaient avant lui sur les lieux, et lesquels les avaient jugés comme non valeur ». Il en retire « beaucoup de plomb tenant argent ». Les ouvriers lui rapportent qu'avant son arrivée, « les cy-devant fondeurs ont dépensé 1.800 qx de minerai dans différentes fontes mal réussies et dont les débris ont été déposés dans les environs de la fonderie ». Muller, le directeur, Müller, « a fait de pareilles fontes qui n'ont pas réussi de même de 300 quintaux... » De plus, « ils n'ont fait presque aucun affinage qu'a réussi ; au contraire tous ont été défectueux »⁴. A Pont-Péan, en Bretagne, les essais sont satisfaisants. En décembre 1730, la mine rend 50% de plomb⁵, 60% même, l'année suivante grâce au savoir-faire de Blumenstein. Mais le travail en grand pose problème. Les rendements sont mauvais. En octobre 1733, « on n'a peu encore fondre

¹ - Ch. A. SCHLUTTER, *De la fonte des mines, vol.II, chap.XXXIX, 1751.*

² - A.N. F 14 8102., *lettre de Drelon et Engelvin à l'intendance d'Auvergne, 18 novembre 1783.*

³ - Jean Hibge (ou Kibge ou Hipge...selon les diverses transcriptions) et Benjamin Unger, « bourgeois de Sainte-Marie-aux-Mines », sont « fondeurs et raffineurs de produits minéraliques ». Invités par Müller, ils ont rejoint Saint-Sauveur « en 28 jours d'une marche fatigante... dans l'espoir de mieux nourrir leur famille. » Salaire envisagé : 50 livres par mois. Kipgé travaille avec son fils qui fait office de « vallet de fondeur ». Ni l'un ni l'autre ne parlaient français. (A.N. F 14 8129).

⁴ - *Ibid.* Kipgé vient de rater un affinage après en avoir réussi quatre successifs. Il attribue l'échec à la mauvaise qualité des cendres « que M. de St Sauveur a fait porter par les gens du village qui s'étaient servi pour leurs lessives et qui étaient pleines de chaux et autres matières impures... »

⁵ - *Le premier essai, effectué par Canu, « ingénieur des instruments de mathématique et maître fondeur », avait donné 56 livres de métal pour 112 livres de mines (A.D. Ille-et-Vilaine, C 1479, in R.CARSIN, op. cit., annexe 1). Blumenstein obtint neuf gros de plomb pour 2 onces de mines, (ibid.).*

que trois fois 24 heures par semaine, parce que les souffres, l'antimoine et le vitriolle dont la mine est chargée rongent les pierres de l'intérieur du fourneau »¹.

La difficulté peut surprendre. Le métal est connu depuis longtemps pour sa fusibilité et sa malléabilité². Les températures de fusion sont relativement basses, aux alentours de 500 à 600°³. Des méthodes d'extraction rudimentaires mais efficaces existent depuis l'Antiquité⁴. On les retrouve dans le système classique. En Bretagne, « depuis 1682 que l'on commença à travailler aux mines de Carnot, on ne s'était servi pour fondre les dites mines que d'un simple fourneau avec des soufflets à bracs... »⁵ Savary décrit le procédé : « Pour fondre la mine de plomb, on la met dans un fourneau fait exprès, avec beaucoup de feu de charbon par-dessus; le plomb fondu coule par un canal ménagé à côté et la terre, les pierres et les scories restent avec les cendres du charbon. On purifie le plomb en l'écumant avant qu'il soit refroidi, ou en y jettant du suif et d'autres sortes de graisses. Les moules où l'on le reçoit ont la forme de saumons en navettes; ce qui donne ces noms aux masses de plomb qu'on en tire. Les marchands le nomment ordinairement saumons et les plombiers navette »⁶. Mais à quel niveau prendre en compte cette réalité ? Ces techniques sommaires correspondent à une économie de boutiques, quasi-individuelle.

L'embauche d'ouvriers qualifiés, le désir manifesté par les entrepreneurs d'obtenir du plomb « au moins aussi bon que celui d'Angleterre » relèvent d'une autre logique. Mais la volonté productive dut composer avec une réalité toute physique. Les gîtes exploités en

¹ - R. CARSIN, op.cit., p.62.

² - Toutes notions inconnues des Anciens. Aristote le premier distingua les minéraux non métalliques d'avec les métaux (dans les *Météorologiques*) et donna pour caractères essentiels à ces derniers, malléabilité et fusibilité. (J.-P. MOHEN, *Métallurgie préhistorique*, pp.16ss)

³ - Température valable pour la fonte au procédé à air et réaction. (C. SCHNABEL, *Métallurgie*, p.257.)

⁴ - A partir de l'ouvrage du Dr Robert Lamborn, *A Rudimentary Treatise on the Metallurgy of Silver and Lead*, Londres 1861, Percy parle des « chasseurs et colons en Missouri (qui) apprennent vite à se procurer le plomb nécessaire pour leurs projectiles et leurs balles en faisant du feu dans le creux d'un arbre tombé ou dans une vieille souche, et en y brûlant les morceaux de galène qu'ils ont recueillis sur le sol; le métal est récolté dans les cendres et n'a besoin que d'une simple refonte pour être à l'emploi » (J.PERCY, *Metallurgy*, vol.III part.2, « Historical notices »). J.P.Mohen donne pour début de la métallurgie du plomb (c'est-à-dire, traitement du minerai et non d'éventuels métaux natifs) la fin du IV^e millénaire. On l'employait à Suse soit en alliage avec le cuivre, soit seul pour la confection de vases à bec verseur, bols et coupes. (J.-P.MOHEN, op. cit., p.81).

⁵ - Archives de l'Académie des Sciences (Paris), *Enquête du Régent*, 1717, n°17.

⁶ - Savary, *Dictionnaire du Commerce*, article « plomb ». Le charbon mentionné est du charbon de bois. Plusieurs faits sont à relever dans cette description : la position du charbon de bois, qui recouvre la charge; la coulée unique, celle du plomb tandis que les scories restent en place; l'utilisation de graisses pour débarrasser le métal en fusion de ses impuretés; le doublon saumons/navettes enfin, qui désigne un même objet de façon différente selon qu'ils s'agisse du producteur ou du marchand.

France se composaient de trois minerais intimement mêlés, la galène (sulfure de plomb), la blende (sulfure de zinc) et la pyrite (sulfure de fer)¹. De plus, la galène est un minerai complexe. A l'état pur, elle contient près de 86,5 % de plomb et 13,4 % de soufre, de l'arsenic, du bismuth, de l'antimoine à l'état de traces, de l'argent enfin, dont la teneur « varie depuis les quantités les plus faibles jusqu'à un pour cent »². Pourcentages théoriques : chaque minerai possède sa composition propre, sa personnalité.. La galène de St-Sauveur s'accompagnait de blende en gros rognons dans une gangue de quartz et de chaux carbonatée. Le « minerai d'argent gris » du gisement de Sainte-Marie, « maître minerai » selon le mot de Monnet, était un minerai de cuivre riche en arsenic, garni de boutons d'argent rouge. La galène massive de Pont-Péan tenait 200 à 300 grammes d'argent par tonne comprise dans une gangue de quartz, de débris de diorite et de schistes quartzeux ; celle de Poullaouen se présentait sous la forme d'une galène en filets, encaissée dans un schiste de transition³. Nature des métaux, teneurs, composition de la gangue représentaient autant de paramètres évolutifs et conjoints, qu'il fallait maîtriser pour produire. Gensanne sous-estime ce fait lorsqu'il décrit les fondeurs, comme étant des « hommes de routine, ...espèces de machines, ou plutôt d'instruments monotones, dont on ne peut tirer qu'un même son. Sont-ils accoutumés à fondre une espèce de mine, ils la fondront toujours assez passablement; sortez-les de là, ils ne savent plus où il en sont »⁴.

2•) DU GRILLAGE A LA COUPELLATION.

Il existait cependant des constantes techniques, des pratiques communément établies et éprouvées par des siècles d'empirisme. La fonte de la galène argentifère s'effectuait en trois étapes successives, le grillage du minerai, l'obtention du plomb d'oeuvre par la fonte, le départ entre la litharge et l'argent par le biais de la coupellation. Cette manière - classique- de procéder s'accorde avec la pratique allemande.

¹ - Il pouvait aussi y avoir des minerais secondaires -plomb carbonaté, (cérosite, $PbCO_3$) plus rarement plomb sulfaté ($PbSO_4$). Ces produits de décomposition de la galène se rencontraient dans la partie supérieure des gisements.

² - C. SCHNABEL, op. cit., p.253 ; M. LHERAUD Le plomb.

³ - Définition de la galène de St-Sauveur, de Poullaouen et de Huelgoat in S.I.M. 1844 ; du minerai de St-Marie in A. G. MONNET, « Exposé... » ; de Pont-Péan in A. LODIN, « Notice sur l'exploitation des mines de Pont-Péan ».

⁴ - GENSANNE, Traité de la fonte des mines..., 1770, t.1. Il parle encore plus durement des mineurs « race sans âme et sans honneur... De toutes les professions de la vie, il n'en existe point au monde dont les ouvriers possèdent à un plus haut degré l'insolente impudence de se donner pour très habiles. »

a) Le grillage.

Indispensable, le grillage -encore appelé calcination- permet la séparation du soufre et la transformation de la galène (PbS) en oxyde de plomb (PbO). L'oxyde était ensuite réduit -fondu- de diverses manières.. Le grillage se pratiqua dès l'Antiquité. Gensanne, dans l'étude des scories anciennes qu'il rencontre, déchets, « loupes et culots »¹, note les difficultés qu'avaient les « Romains » -terme générique- à traiter « les mines blanduleuses et arsénicales... (On voit) par quelques restes de leurs lavains qu'ils commençaient par faire rougir leur minéral ». Ils le concassaient ensuite sous des marteaux aplatis et le faisaient passer par des moulins à bras « tout à fait semblables à nos moulins à moutardes ou aux moulins dont on fait usage pour séparer l'argent de quelques mines par la voie du mercure »² Le grillage précédait donc le concassage. Cette pratique pourrait bien correspondre à la nécessité de « calciner les minerais trop durs pour les rendre friables, avant que de les bocarder »³.

Au dix-huitième siècle, la compréhension de la technique évolua : Schlutter, et Monnet établissent une claire distinction entre la préparation des minerais et grillage⁴. L'évolution aura pu correspondre à un changement dans la nature des minerais traités mais aussi -surtout ?- à la nécessité de limiter les pertes en métal. Le grillage fut dès lors pris pour ce qu'il était, c'est-à-dire l'étape préliminaire indispensable à la bonne réussite de la fonte. Il faut griller le minéral dans lequel le métal est caché, car celui-ci est ordinairement minéralisé par le soufre, et assez souvent par le soufre et l'arsenic⁵. La fonte crue¹ aboutit à

¹ - Les termes sont de Gensanne, (op.cit., Préface). Les loupes et culots analysés venaient « en particulier » de la Vieille-Hutte en Franche-Comté et du Mont Bourdaillat dans les Pyrénées. Les fourneaux utilisés, « avaient quelque chose d'approchant, pour la forme, « de ceux que nous appelons fourneaux à la Portugaise et même ceux dont on fait usage encore pour la fonte des fers en Catalogne et une bonne partie des Pyrénées... » Ceci plaide pur une origine commune des métallurgie du fer et des non-ferreux, autour du bas-foyer.

² - Ibid. Gensanne dit avoir vu beaucoup de ces meules dans les Pyrénées et qu'il en conserve deux entières. Elles étaient en « espèce de granite très dur qui se trouve en abondance dans les Vosges et les Pyrénées ».

³ - A. G. MONNET, op.cit., p.316 ; G. AGRICOLA, op. cit., Livre VIII. Vol. 3, p.28.

⁴ - C'est aussi le cas de Ch.-J. Schreiber (second fils de Ch.-F. Schreiber, le directeur de Ste-Marie-aux-Mines) dans sa traduction de Ch.-F. DELIUS, Instruction sur la science des Mines..., paru en 1773.

⁵ - Vol. 3, p. 28. « Griller ou rôtir une mine, c'est la mettre sur du bois qu'on allume, afin qu'en brûlant il fasse rougir le minéral ; qu'il en dilate les pores et que par là, il perde une partie de sa dureté. Par le grillage, on brûle en partie le soufre que ces mines contiennent en quantité ; l'autre partie s'évapore en fumée ou en vapeur ; alors le minéral devient plus facile à fondre : le métal s'en sépare plus aisément, et n'étant plus retenu par des parties hétérogènes qui le minéralisaient il ne se trouve plus mêlé avec les scories... » (Ch. A. SCHLUTTER, op. cit., chap. XX, « Du grillage des mines »). L'auteur avait été directeur des fonderies du Haut-Hartz de 1698 à 1724.

l'obtention d'une matre, « matière moyenne entre le minéral et le métal »². Cette matre, nécessaire dans la métallurgie du cuivre, était redoutable dans le traitement du minerai de plomb. Difficile à retraiter, elle était synonyme de métal perdu ; il était préférable d'éviter sa formation³.

La technique en vigueur demeure identique à celle décrite par Agricola⁴. Le grillage s'effectuait à l'air libre, « sur du bois qu'on allume... ». A Pesey, on calcinait le minéral « à trois ou quatre feux, avant que de le passer à la fonte ». En visite sur le site, l'ingénieur Bongin note qu'il s'y trouve « six fourneaux à découverts, contigus les uns les autres, et construits à l'allemande pour griller la mine grasse. » Non loin sont quatre autres, « pleins de mine grillée »⁵. A Pont-Péan est installée en 1731 « une double rôtisserie, construite à l'allemande, pour griller la matière et en tirer les souffres pour en faciliter les fontes » remplacée ultérieurement par neuf grilleries placées près de la mine, des laveries et des bocards⁶. Partout, les fourneaux se présentaient sous la forme d'un rectangle ouvert composé de trois petits murets de briques⁷. Faut-il pour autant conclure à l'inertie ? Un débat se développe en milieu de siècle sur la manière la plus adéquate de procéder. Faut-il griller au bois cru ou au charbon de bois ? A feu vif ou à l'étouffé ? « La méthode de griller sur un feu de flamme est sans contredit la meilleure de toutes, indique Schlutter en praticien habitué à son domaine. Il est d'expérience que le charbon allumé ne grille bien

¹ - C'est-à-dire sans grillage préalable.

² - Ch. A. SCHLUTTER, *ibid.* L'Encyclopédie en donne la définition suivante : « c'est un mélange de plomb, de soufre, d'arsenic, d'argent, etc. en un mot de toutes les substances qui étoient contenues dans la mine qui a été fondue, et que le grillage n'a point pu entièrement débarrasser. On prend une portion de cette matre pour en faire l'essai en petit, afin de s'assurer de ce qu'elle contient. A Freyberg, on fait trente-six fontes en une semaine. Les différentes mattes qui résultent de ces fontes se grillent de nouveau, pour achever d'en dégager le soufre et l'arsenic ; on est obligé pour cela de les faire passer par trois ou quatre feux de grillage différents, après quoi on les remet de nouveau en fusion dans un fourneau semblable au premier. » (d'Holbach, art. « plomb »).

³ - « Le grillage est seulement nécessaire pour les mines d'argent et de plomb, afin que dans la fonte elles ne donnent pas tant de mattes, et que le plomb qui en vient ne soit point aigre. » (Ibid, chap.XX).

⁴ - G. Agricola rapporte le « brûlage » et le « grillage » uniquement aux minerais d'étain et de cuivre.

⁵ - A.D. Savoie, SA 253, "visite des minières de Savoie, 1762" (réf. aim. Philippe Chapon); M. MESTRALLET, *op. cit.*, p.29 La visite eut lieu en 1754. En dépit de leur origine, on ne saurait donner à ces fourneaux la dénomination de « fourneaux à l'allemande », comme le fait M. MESTRALLET, ce qui amène une confusion avec les fours à manche..

⁶ - L'ancienne rôtisserie « sert à fondre les crasses une seconde fois », (R. CARSIN, *op.cit.*). Ce pourrait bien être l'atelier mis en scène dans la planche « Métallurgie du plomb » du Recueil de planches de l'Encyclopédie. (vol. 3, p.29).

⁷ - Vol. 3, pp.28-29.

que la partie du minéral ou de la matte qui y touche »¹. La discussion renvoyait au problème crucial du contact, nécessaire ou non, entre combustible et minerai et constituait la première approche théorique des problèmes soulevés par la différence entre four à manche et four à réverbère.

b) La fonte au four à manche.

Le four à manche était la clé de voûte du procédé à l'allemande. Ce four - traditionnel- était d'usage courant. Il équipait la plupart des fonderies, le plus souvent en couple. A Pont-Péan, en 1731 se trouvaient « dans un grand bâtiment »², deux fourneaux à l'allemande « dont l'un travaille au moyen de deux grands soufflets de cuir..., réservés à la fonte proprement dite et construits sur les conseils du sieur de Sutter, essayeur des mines »³. A Poullaouen, « deux fourneaux à manche qui sont dans la vieille mine et qui servent à la fonte des terres de monnaie » étaient en cours de réparation en 1758. Ces fourneaux mesuraient « 3 pieds et demi de longueur, 18 pouces de largeur le tout dans oeuvre..., 3 pieds et demi de hauteur à partir du bas de la chemise jusqu'à la partie supérieure » précise Duhamel en 1781. Ils étaient ventilés par deux soufflets en bois que mettait en action une roue à augets⁴. A St-Sauveur enfin, la fonderie, construite dans le courant des années 1770, était équipée entre autres de deux fourneaux à manche « l'un marchant avec des soufflets de bois, l'autre avec une trompe »⁵.

Le four à manche est abondamment décrit dans le traité de Schlutter. Il n'en est pas pour autant mieux connu. Dédaigné par la littérature technique du dix-neuvième siècle⁶, c'est un four encore peu étudié dans le cadre historique et archéologique. Il n'est jusqu'à sa dénomination qui paraît obscure⁷. Son importance ne doit pas être sous-estimée cependant

¹ - Ch. A. SCHLUTTER, op.cit., chap.XX.

² - De 60 pieds sur 40, soit 18m sur 12.

³ - R. CARSIN, op.cit.

⁴ - E. MONANGE, op.cit., p.176.

⁵ - A.N. F 14 8129.

⁶ - Dès 1807, Gallois et Beaunier renoncent à fournir une description complète des fourneaux à manche arguant que « la forme est connue » (Journal des Mines, an XII, vol. XVI, pp.223ss). Par défaut, nous avons utilisé les informations fournies par les mémoires et journaux de voyage des élèves-ingénieurs des Mines. Entre 1750 et 1850, le mode d'édification et d'utilisation de ce type de fourneau a relativement peu évolué. (Reproductions en vol. 3, pp. 30 -31, à comparer avec la reproduction des fourneaux à soufflets anglais, p.49).

⁷ - Dans son traité de métallurgie, J.Percy assimile le fourneau à manche au « slag-hearth » anglais ainsi qu'au « Krummofen » allemand et au « Pava » espagnol. Il cite Petitgand (« Exploitation et Traitement des Plombs dans le Midi de l'Espagne », Revue universelle, 1861), qui donne au terme une étymologie

: dans ce qu'il présente d'archaïque et de durable, le four à manche, lointain cousin du haut-fourneau sidérurgique, constitue l'un des maillons essentiels de l'évolution des techniques métallurgiques.

1) Le fourneau.

Ce fourneau à soufflets, se distingue des hauts et moyens fourneaux par la taille et l'unicité de la tuyère. A la fois rudimentaire et adapté à son objet, il fut utilisé pendant des siècles sans connaître de modifications majeures¹.

Le four à manche se composait de quatre parties distinctes : le massif, la chemise, la poitrine -plus rarement appelée poitrail-, l'ensemble foyer/avant-foyer. Intérieurement, il présentait un vide, prismatique d'environ 1m50 de hauteur -mesure toujours prise au-dessus de la tuyère- 0m50 de large et 0m90 de profondeur, ceci en début de campagne². La tuyère était postérieure. « Le patevent -ou homme- écrit l'élève-ingénieur Dusouich en 1833, est placé derrière le fourneau, à une hauteur telle qu'une ligne partant de son extrémité supérieure et se rendant jusqu'à la pointe de l'avant-foyer place le trou de la tuyère à 11 pouces au-dessus de l'atelier »³. La diagonale ainsi tracée donnait l'inclinaison de la tuyère. Sole et avant-foyer venaient dans son prolongement.

Le massif constituait l'élément durable de l'ensemble et sa structure de base. Il était construit en pierres du pays, granite à Poullaouen, grès à Vialas, pierres de lave à Pontgibaud. Les pierres de pays étaient également utilisées pour la confection de la chemise. A Poullaouen, l'on employait du granite pour la paroi postérieure, des briques pour les parois latérales. A Vialas, elle était confectionnée avec du grès sur les trois faces. Elle se présentait sous la forme d'un parement de briques rouges ordinaires à Pontgibaud

espagnole : le terme viendrait ainsi du mot « manchia » qui désigne un manchon de cuir destiné à relier les soufflets au canal des vents (« blast-pipe »). Le nom se serait ensuite étendu de la partie au tout. Dans le nord-Est de l'Espagne, ces fourneaux étaient connus sous le nom de « Manchia » et dans le sud de l'Espagne, sous le nom de « Pava » J.PERCY, op.cit., vol III part.2, p.412 n.2.

¹ - Le four à manche fut utilisé jusqu'à la fin du dix-neuvième siècle. (cf. chapitre 7).

² - Mesures données par l'élève-ingénieur Loupot en visite à Pontgibaud en 1834 (E.N.S.M.P., M 1834 (169) Acceptons-les comme représentatives, à défaut d'être précises : entre 1781 et 1837, les variations se feront dans cet ordre de grandeur. A Poullaouen, en 1781, les nouveaux fours à manches mis en place mesureraient en longueur, largeur et hauteur hors-tout : 10 pieds de large (3m24), 7 de profondeur (2m2), 12 de hauteur (3m8) et en vide intérieur : 5 pieds de haut (1m62), 3 de profondeur (0m97), 22 pouces de largeur (0m54) (E. MONANGE, op.cit.). A Vialas, le vide intérieur mesurait, en 1837, 1m50 de haut sur le devant, 1m37 de haut sur le derrière, 0m54 de largeur, 1m50 de profondeur (E.N.S.M.P., M 1837 (202), Comte)

³ - E.N.S.M.P. M 1833(153), Dusouich, « Fonderie de Poullaouen ».

avec, en complément, quelques briques réfractaires placées « aux environs de la tuyère et sur les côtés »¹.

La poitrine fermait le tout et formait la paroi antérieure du four. Elle se composait de quatre plaques, deux plaques supérieure en briques, deux plaques inférieures, l'une en granite, l'autre -la dernière- en fonte, la « firvente »². Au milieu de la paroi étaient ménagés des « yeux », orifices de petite taille bouchés avec de l'argile, « destinés à laisser voir à l'intérieur du fourneau », ainsi qu'à remuer et faciliter l'abaissement des matières au moyen d'un ringard³. Pour ce même travail, les fourneaux de Vialas étaient dotés d'une ouverture rectangulaire, placée juste au-dessus de la firvente. L'« oeil », ouverture carrée de 0m16 bouchée d'une brique, servait à la conduite du feu ainsi qu'au nettoyage du four⁴. La partie supérieure des fourneaux comportait « une chambre formée par trois plans inclinés se réunissant aux faces latérales et à la face postérieure, et par un plan vertical, prolongement de la poitrine »⁵. Ce plan supérieur était percé d'une ouverture circulaire, le gueulard, lieu de chargement du fourneau. Au dix-neuvième siècle, une porte en tôle permettait de travailler au gré des circonstances « à gueulard ouvert » ou « à gueulard fermé »⁶. Enfin, chaque fourneau était recouvert d'une hotte qui conduisait la fumée à la cheminée.

Le fond du fourneau⁷, les bassins d'avant-foyer et de coulée⁸ -encore nommés cassins supérieurs et inférieurs- étaient en brasque, une matière composée de poussière de

¹ - E.N.S.M.P., *ibid.*

² - *Ceci pour Poullaouen. Taille : 10 pouces en hauteur et 4 pouces d'épaisseur (30cm x12 environ) ; la plaque de granite mesurait également 10 pouces de hauteur (E.N.S.M.P., M 1827(59), Boudusquié ; M 1833(153), Dusouich). A Vialas, la firvente ne reposait pas sur la sole mais s'élevait au-dessus d'elle de quelques centimètres.*

³ - BEAUNIER & GALLOIS, *op.cit.*, légende de la planche IX. (voir vol. 3, p.30).

⁴ - E.N.S.M.P., M 1825 (33), Jabin ; M 1837(202), Comte.

⁵ - E.N.S.M.P., M 1827 (59), Boudusquié. Le texte dit exactement que cette chambre « surmonte » le fourneau, ce qui la dissocie du fourneau lui-même.

⁶ - Cette notion, couramment utilisée dans la première moitié du dix-neuvième siècle, notamment à Pontgibaud, reste à confirmer pour le siècle précédent.

⁷ - Qualifié à Poullaouen de « sol » en 1804 (Beaunier et Gallois), de « sole » en 1827 (Boudusquié).

⁸ - La distinction bassin d'avant-foyer / bassin de coulée semble s'être progressivement établie entre dix-septième et dix-huitième siècle. Schlutter distingue les « fourneaux à percer » dotés d'un seul bassin placé à même le sol -modèle très ancien et en cours d'abandon- et les « fourneaux courbes », dotés d'un bassin supplémentaire. Ce dédoublement des bassins de réception offrait l'avantage de dissocier les scories liquides du plomb en fusion. Schlutter date des années 1700 la quasi-disparition des fourneaux à percer. (*op. cit.*, t.II, « de la fonderie »).

charbon¹ et de terre argileuse. La brasque était humectée, tassée, pilonnée et creusée au couteau de manière à former un plan incliné d'arrière en avant, à partir de la tuyère. Le bassin d'avant-foyer glissait sous la poitrine et la dépassait d'une vingtaine de pouces, parfois moins. A Poullaouen, ce bassin reposait dans un encaissement triangulaire « élevé de 0m60 au-dessus du sol de l'atelier ». Cet exhaussement de l'avant-foyer d'une hauteur de quelques marches au-dessus du sol de l'atelier est un fait constant. Le panier sur la tête ou l'épaule, les servants y mettaient le pied pour atteindre sans difficulté le gueulard et vider la charge². Destiné à recevoir le plomb par l'intermédiaire d'un canal qui prenait naissance dans le cassin supérieur et traversait la paroi de l'encaissement, le bassin de coulée était creusé à même le sol.

2) Sa conduite.

L'important dans la conduite du fourneau était la formation du « nez », c'est-à-dire « la prolongation de la buse de la tuyère dans l'intérieur du fourneau ». Il était créé « par la condensation des premières matières fluides qui enveloppent le jet du vent »³. Dans le fourneau à manche, explique l'élève-ingénieur Jabin qui se livre dans son mémoire à une utile comparaison avec le haut-fourneau sidérurgique, « le bout de la tuyère (en fonte) ne dépasse point la face, car il serait dévoré par les matières plumbeuses (ce qui est différent des hauts-fourneaux) et s'il ne se formait pas un nez qui portât le vent loin de cette ouverture, le feu y passerait et pourrait même se propager jusqu'aux soufflets; ce qui est arrivé quelquefois par une allure du fourneau où le feu était trop porté sur le derrière »⁴. La confection du « nez » permettait de porter le vent à l'intérieur du fourneau à moindre risque. D'où ses dimensions : dans tous les cas, il était recommandé de lui donner une longueur de 7 à 8 pouces (19 à 22cm environ).

¹ - A Poullaouen au dix-huitième siècle, la brasque portait le nom de « casse » ou « catin » (Ms 3723 de la bibliothèque Mazarine, cité par H.SEE, « Etudes sur les mines bretonnes au XVIII^e siècle », Annales de Bretagne, 1926-1928. En fonction de la plus ou moins grande proportion d'argile, on parlait de « brasque pesante » ou de « brasque légère ».

² - A Pontgibaud, cette avancée s'appelait « table de travail ». L'ouvrier mettait les pieds sur une plaque en tôle qui reposait sur une traverse en fer d'un côté et sur la paroi de la table de l'autre.

³ - BEAUNIER & GALLOIS, op.cit. « On appelle nez, un trou rond que l'on fait avec un ringard introduit par la tuyère, dans la matière qui se fond : ce trou est souvent long ou profond de 6 pouces et plus (un peu plus de 16cm) » (Ch.A. SCHLUTTER, op. cit.). Loupot en 1834 parle de « tube, c'est-à-dire matières en fusion figées » (E.N.S.M.P. M1834(169), Loupot).

⁴ - E.N.S.M.P., M 1825(33), Jabin

Dès la première chauffe, le fondeur donnait le vent et commençait la charge, en prenant soin de porter le feu sur l'avant du fourneau et non sur l'arrière. C'est par la fonte de scories jetées en premier dans le fourneau que, peu à peu, le nez se formait « jusqu'au point où la chaleur est assez forte pour empêcher les matières de s'y agglutiner ». Imparfait à cause des matières à demi fondues qui le forment, il était cassé. Le second nez qui se formait était « plus lisse et plus solide; il dure toute l'opération quand le fourneau est bien conduit »¹. Ensuite, on versait la matière à fondre : peu au début puis davantage « à mesure que le fourneau prend une température plus élevée », ce qui avait lieu au bout de deux à trois jours. « Le temps d'un fondage dure 9 à 10 jours »². Contrairement aux « hauts-fourneaux à fonte de fer », le chargement ne s'effectuait pas par couches successives. Le « lit de fusion » - nom donné aux matières à fondre - était confectionné sur le sol de l'atelier³. Le fondeur jetait le mélange par panerées contre la paroi postérieure et faisait glisser le charbon en avant, contre la paroi antérieure⁴. Cette organisation du chargement à la verticale était capitale : en s'accumulant contre la poitrine, le charbon formait « un prisme qui descend peu à peu à mesure qu'il se consume devant la tuyère ». Le gradient de température qui résultait de cette disposition permettait à la réduction de s'engager là où il le fallait, c'est-à-dire au point de contact entre le lit de fusion et la partie la plus arrière et la moins chaude du charbon⁵.

C'est par ce moyen que l'on réglait le nez et donc l'allure du fourneau. S'il était trop long, -signe de refroidissement- il était cassé et refait, en portant le feu « sur le devant, il suffit pour cela de charger plus en charbon surtout sur le derrière ». Au contraire, s'il était

¹ - E.N.S.M.P., M 1834(169), Loupot. « D'après cette formation du nez, on ne doit pas s'attendre à voir un canal uni et clair comme dans les hauts-fourneaux à fonte de fer; c'est un canal raboteux traversé souvent par des gouttes allongées de scories figées. » (E.N.S.M.P., M 1825(33), Jabin)

² - E.N.S.M.P., M 1825(33), Jabin.

³ - C'était le travail du second aide. Le « lit » se composait de sept à huit matières distinctes, minerai grillé, abstrichs, litharges riches, fond de coupelle, sole de fourneau à réverbère, voire mattes de cuivre ou cendres d'orfèvre. Le minerai n'était donc jamais fondu seul. Ce mélange s'appelait « chite » à Vialas. Les paniers utilisés pour verser matières et charbon dans le fourneau se dénommaient « bachassées » à Vialas (Jabin 1825), « couges » à Pontgibaud (E.N.S.M.P., M 1845(354), Fournier des Ormes), « casserolées » pour les matières, « panerées » pour le charbon (de bois) à Poullaouen (Bodusquie 1827).

⁴ - A Pontgibaud, c'est le maître-fondeur qui chargeait et non l'un des aides (E.N.S.M.P., M 1834(169) Loupot).

⁵ - « Le charbon descend moins vite que la charge et sur le derrière est le reste de charbon qui, mêlé de minerai dans la descente, le réduit, facilite la fusion et la scorification des matières étrangères ; l'on remarque facilement à la tuyère les gouttelettes de scories rougeâtres bien distinctes des charbons plus blancs et du plomb qui est encore d'un blanc plus vif. » (E.N.S.M.P. 1825(33), Jabin)

trop court, -signe d'une allure trop chaude¹-, on chargeait plus en mélange et moins en charbon, « ce qui explique la grande variation des charges, suivant l'allure du fourneau à manche »². Si le nez venait à fondre, par excès de chaleur, il fallait le remplacer, faute de quoi, le four risquait d'être abîmé. Le fondeur confectionnait un nez artificiel avec de l'argile et l'introduisait par la tuyère au moyen d'une petite barre de fer. Le minerai tombait dessus et se refroidissait. Il se formait alors un troisième nez « aussi solide que dans le principe »³. L'aspect du fourneau à la tuyère, la couleur de la flamme au-dessus de la firvente, au-dessus du fourneau, la couleur de « celle qui se rend sous la hotte qui conduit à la cheminée », la chaleur du plomb quand il coulait dans le cassin constituaient autant d'indices de la marche du fourneau⁴. Le maître-fondeur veillait à ce qu'aucun « loups » ou « bonnets » ne se forment. En s'accrochant aux parois ou sur la sole, ces scories gênaient le travail⁵.

Les scories s'écoulaient dans le bassin d'avant-foyer. Un aide les retirait à mesure qu'elles refroidissaient. Venaient ensuite les premiers plombs dont le bassin finissait par se remplir. C'était le signal pour dégager le trou de coulée⁶. L'un des aides introduisait un ringard rougi au feu dans le canal de percée et, à coups de masse, il perçait le tampon d'argile. Le plomb coulait du bassin d'avant-foyer dans le bassin de réception préalablement nettoyé et échauffé avec un peu de charbon. Lorsque le cassin supérieur

¹ - Une allure trop chaude entraînait la production de scories abondantes et riches en plomb car la charge descendait trop vite. Les matières restant trop peu au contact du charbon, la réduction n'avait pas le temps de se faire.

² - E.N.S.M.P. M 1825(33)Jabin.

³ - Et pour reprendre le langage imagé des fondeurs : lorsque le nez se bouchait, on le perçait...

⁴ - Jabin, Boudusquié, Loupot, *ibid.*

⁵ - Les « bonnets » -terme qu'on trouve également orthographié « bonêts »- étaient des scories qui, en tombant sur la sole peu échauffée, se solidifiaient et abîmaient sole et avant-foyer. Pour éviter cet accident, on pouvait mettre d'abord une charge de litharge. Donnant facilement du plomb, elle « tombe sur la sole, la recouvre entièrement, y forme une masse pâteuse sur laquelle le bonnet s'attache moins facilement et de laquelle on peut dans tous les cas les arracher sans endommager la sole » (Boudusquié, *ibid.*). Les « loups » étaient des scoréfactions qui se formaient sur les parois du four, un peu au-dessus de la firvente, quand l'allure du fourneau était trop froide ; s'établissant en bandes parallèles à la poitrine, ils pouvaient former une voûte et ralentir considérablement l'allure du fourneau (Jabin, Loupot, *ibid.*).

⁶ - Les coulées se faisaient « de quatre en quatre heures » (Pontgibaud), ou « toutes les six heures » (Poullaouen). « A cet effet, l'on n'arrête pas le vent, comme cela se pratique dans les hauts-fourneaux à fonte » (Jabin, *ibid.*)

s'était vidé de tout son plomb, on arrêtait la coulée au moyen d'un autre tampon d'argile. Le bain était écumé et refroidi. Le lingotage pouvait commencer¹.

Au moment de la coulée, on débarrassait la sole et l'avant-foyer des « bonnets » qui s'y étaient figées et on cherchait à enlever les « petits loups » qui avaient pu se former sur les parois. Très pénible, ce « travail à la poitrine » s'effectuait à l'aide d'un « stick » ou d'un ringard qu'on faisait passer sur la firvente et qu'on promenait contre la paroi. Les loups se détachaient difficilement. Parfois le fondeur parvenait à les soulever et les plaçait sous le vent de la tuyère pour qu'ils disparaissent sous l'effet de la chaleur. D'autre fois, on les abaissait « par des ringards qu'on insinue par la partie supérieure ». Enfin, « si aucun de ces moyens joints à une addition de charbon, ne suffit », il fallait ouvrir « l'oeil » et nettoyer entièrement le four. « D'après cela, on voit que ces loups exigent beaucoup de main d'oeuvre et dépensent du combustible, ce qui fait que lorsqu'un fondage tire à sa fin, on préfère les y laisser et ne les retirer qu'après la mise hors »².

La mise hors intervenait diversement selon l'utilisation faite du fourneau et la quantité de matières à traiter. « Il n'y a pas de limite à assigner pour la durée d'une campagne »³ écrit Fournier des Ormes en 1845. A Vialas, elle se fait « quand les matières sont épuisées... Quand la dernière bachassée de mélange est passée devant la tuyère, on arrête le vent, on fait la coulée à l'ordinaire; les charbons sont retirés par le dessus de la firvente; on ôte la brique qui fermait l'oeil et les deux briques qui avec elles fermaient l'ouverture entre la firvente et le reste de la poitrine... La firvente s'enlève; on débarrasse le fourneau de ses loups tant qu'il est encore chaud; on éteint le charbon avec de l'eau après les avoir retiré. » Dans tous les cas, le fourneau était à refaire. « Certes la poitrine du fourneau n'est point du tout attaquée car elle n'a été en contact qu'avec du charbon, mais les parois latérales dans leur voisinage de la face des tuyères ainsi que celles-ci sont

¹ - « Pour lingoter, on attend que le bain ne soit plus aussi chaud et on le recouvre de charbon afin que d'une part il ne se vide pas et que d'autre part il ne se refroidisse pas pendant le lingotage. On puise alors le plomb avec des « poches » ou cuillères en fonte bien calées et placées horizontalement. L'ouvrier retire les lingots au fur et à mesure qu'ils se figent pour faire place à de nouveaux, cela en les soulevant avec des tiges en fer introduites entre moule et lingot. » (Jabin, *ibid.*)

² - *Ibid.*

³ - Les campagnes duraient six semaines à trois mois à Pontgibaud (Fournier, *ibid.*), neuf à dix jours à Vialas (Jabin, *ibid.*)

considérablement rongées¹... J'ai remarqué, note Jabin, que le côté gauche était plus dégradé, ce qui tient au mode de chargement. L'ouvrier apportant la bachassée sur sa tête, place des jambes des deux côtés du bassin d'avant-foyer et jette vers le fourneau le mélange, mais la main droite donne une impulsion un peu plus grande, ce qui fait dévier la matière un peu plus à gauche... »

c) Un essai d'anthropologie technique : l'art du coupelleur.

La fonte donnait des mattes, des scories et du plomb d'oeuvre. Mattes et scories étaient repassées au fourneau à manche, les premières directement, les autres après triage² Le plomb d'oeuvre était envoyé à la coupellation, étape ultime du traitement de la galène argentifère. « Le procédé consiste à exposer, dans une sorte particulière de fourneau à réverbère, le plomb à l'action réunie du calorique et d'un courant d'air rapide. Le plomb s'unit seul à l'oxygène de l'air, et forme avec lui un oxyde facilement fusible, plus léger que le bain du métal, et qui pénètre la sole formée de cendres, ou s'écoule par sa surface. L'opération se prolonge ainsi jusqu'à ce que la totalité du plomb oxydé, de proche en proche, ait disparu »³. Cette description fait ressortir à moindre mot, l'essentiel de la technique : un four dans lequel sole et chauffe sont séparées⁴, un bain de plomb soumis à l'action d'un courant d'air soufflé. Cet affinage -autre nom du procédé- utilisait la différence de températures de fusion des métaux : l'argent fond à quelque 960° et le plomb à guère plus de 320°. Matériellement, il s'appuyait sur une technique particulièrement éprouvée, celle de la coupelle dite à l'allemande.

1) Le fourneau d'affinage.

¹ - Jabin, *ibid.* Les bassins étaient renouvelés beaucoup plus fréquemment, particulièrement celui d'avant-foyer. A Pontgibaud, il était refait tous les 8 jours. « Pour cela, on arrête le vent, le bassin est reformé rapidement à la pelle; on le remplit de charbon de bois et le fourneau reprend sa marche » (E.N.S.M.P., M 1847(396), Daguin).

² - Les mattes sont rares : « il ne se forme de mattes que quand le four marche mal. » (Comte, *ibid.*) Les scories étaient triées en fonction de leur richesse : « les scories sont rangées en scories riches et pauvres. Les premières sont peu filantes et produisent beaucoup de fumées; refroidies, elles sont plus lourdes et raboteuses. Les scories pauvres donnent de longs fils après le ringard; elles ont unies à leur surface et ont moins de poids. » (Boudusquié, *ibid.*) « Les crasses qui sont bien limpides et bien vitrifiées sont jetées; les autres sont repassées dans la fonte suivante. » (Comte, *ibid.*)

³ - GALLOIS & BEAUNIER, *op.cit.*

⁴ - La distinction foyer/sole constitue la caractéristique première -et constitutive- du four à réverbère. Elle apparaît, mais tout à fait accessoirement, dans le *De re metallica*, dans le dessin qu'Agriola donne des fours de coupellation polonais. A cette date, les fours de coupellation allemands confondent encore sole et foyer. VI, p. 33.

Quelles sont les particularités du fourneau de coupelle à l'allemande? L'aire - circulaire, d'un diamètre de sept pieds à Poullaouen¹. La voûte -mobile, faite d'un chapeau de tôle ou mieux d'un chapeau de briques « disposées dans un large cercle de fer »². Les zones de travail enfin -distinguant flamme, vent, et sortie des matières. Les vents étaient placés à l'opposé de « la voie des litharges », cet espace ménagé près de la porte de travail pour leur écoulement tandis que la flamme arrivait perpendiculairement à cet axe³.

L'essentiel du savoir-faire reposait sur la confection de la coupelle. Il fallait savoir choisir les cendres et les disposer. C'est, en particulier, pour avoir reçu des cendres de mauvaise qualité, des cendres « dont les gens du village...s'étaient servi pour leurs lessives..., pleines de chaux et autres matières impures », c'est aussi parce que « Monsieur de Saint-Sauveur, pressé de faire un affinage, n'a pas laissé le temps au fondeur de les préparer à l'usage » que Kipgé rate son entreprise, non sans avoir pris soin d'avertir « que l'opération ne réussirait pas »⁴. A Poullaouen, « l'on fait presque uniquement usage de cendres de sarments lessivés qu'on tire de la Rochelle »⁵. Ces cendres remplissent « parfaitement les conditions qu'on exige d'elles dans la coupellation. Leur retraite est égale; elles forment, lorsqu'elles sont mélangées avec une certaine quantité de sable, une sole que l'oxyde de plomb pénètre facilement et qui a une solidité suffisante pour résister aux dégradations dans le travail »⁶. Leur préparation exigeait la présence d'un atelier spécifique et le travail de trois ouvriers, « celui qui lave et cuit les cendres; le tamiseur qui humecte les cendres, et les prépare pour les livrer aux affineurs, un aide »⁷. Les cendres neuves étaient au préalable brûlées dans un four à réverbère, puis versées dans des caisses

¹ - Du moins après 1783-1784, lorsque les capacités de la fonderie auront été augmentées par Brolleman. Le massif était rectangulaire et mesurait douze pieds de long.

² - Disposition caractéristique des fours de coupellation allemand dans le *De re metallica*, sauf pour les fours de Freiberg -plus anciens techniquement ?- et les fours... polonais : signe d'un cheminement technique en cours. Voir illustrations, vol. 3, pp. 32-35.

³ - « La flamme pénètre par trois ouvertures et sort par trois ouvertures qui la conduisent dans la cheminée, le vent est diamétralement opposé à la voie des litharges, sur une ligne perpendiculaire à celle qui passerait par la ligne chauffe/cheminée. » (Comte, *ibid.*)

⁴ - A.N. F 14 8129.

⁵ - L'on pouvait, « sans nuire au succès de l'affinage », les mélanger avec 1/6^{ème}, voire 1/5^{ème} de cendres du pays. L'on employait également pour la confection de la coupelle des cendres provenant de la démolition des vieilles coupelles. (GALLOIS & BEAUNIER, *op.cit.*)

⁶ - GALLOIS & BEAUNIER, *op.cit.*

⁷ - *Ibid.*

appropriées. Elles étaient ensuite tamisées¹ et mélangées à du sable, à proportion de six mesures pour une. Le mélange était humecté, soigneusement travaillé dans une auge, puis transporté à l'atelier d'affinage par les « faiseurs de feu ».

2) L'ingénieur et le protocole.

L'affinage est sans aucun doute le moment de la métallurgie du plomb qui présentait le protocole le mieux établi. Pour sa compréhension, nous utiliserons le récit qu'en donnent les ingénieurs Gallois et Beauhier. Il fit référence, indubitablement : des décennies durant, le même texte renaîtra sous la plume des élèves-ingénieurs. A mesure qu'avance la description, l'impression prévaut d'un cérémonial à peu près immuable -d'un rituel- établi dans le silence de ce que chacun savait avoir à faire. L'ouvrier -mais le mot ne vient qu'épisodiquement sous la plume des ingénieurs- y tient sa place, l'on pourrait presque dire son rang.

Pris dans son ensemble, le « service de la coupelle » occupait cinq à six personnes : deux « affineurs » -l'un chef, l'autre son aide-, deux « faiseurs de feu » et des manoeuvres dont le travail est d'entasser dans l'atelier les barres de plomb d'oeuvre et, plus tard, de brouetter les litharges. On commence par former la coupelle : les faiseurs de feu jettent sur l'aire les cendres contenues dans des casseroles de bois, en commençant par le passage des litharges. Le chef et son aide, qui ont enlevé la voûte mobile et pris place dans le fourneau, les reçoivent et les disposent à l'aide d'un couteau de bois et d'un pilon, le chef sur le pourtour, l'aide dans le passage¹. Lorsque le pourtour du fourneau a été totalement rempli, le chef achève de le battre. Le travail s'effectue avec une précision extrême : « le premier coup de pilon est donné à 18 pouces du centre, distance où les cendres commencent à avoir une certaine épaisseur; les coups qui suivent sont donnés dans la direction de l'aire du fourneau, et de manière à ce que les empreintes de chacun empiètent d'environ deux pouces les unes sur les autres. L'ouvrier agit du centre à la circonférence, et de la circonférence au centre. »

Il reste, pour terminer la coupelle, à former le centre, destiné à recevoir l'argent. Moment solennel, ésotérique presque : l'aide se retire. Resté seul, le chef nettoie

¹ - *Le tamisage s'effectuait dans un coffre monté sur roulettes et garni d'une tige de fer qui permettait à l'ouvrier d'imprimer un mouvement de va-et-vient « avec peu d'effort et sans être atteint par la poussière. » Le résidu du tamisage des cendres neuves était employé comme engrais dans la culture des prairies.*

l'emplacement et verse trois casseroles de cendres qu'il commence à battre. « Il donne un coup de pilon au centre, puis d'autres coups qui forment un anneau autour de celui-ci; un second anneau est formé autour du premier, un troisième autour du second et ainsi de suite jusqu'à ce que le pilon atteigne les cendres déjà battues. » La manoeuvre se répète trois fois mais elle s'étend à la totalité de la coupelle. « Ce premier tassement, opéré avec ménagement, a donné assez de solidité à l'ensemble de la masse, pour qu'elle puisse être fortement frappée. » Le chef est rejoint par l'aide. « Tous deux commencent à frapper du côté de la buse; l'un agissant à droite, et l'autre à gauche, de manière à ce que les empreintes des pilons forment des rayons qui prennent naissance à un pied du centre; il se joignent au passage des litharges. » De nouveau, l'aide se retire. Le chef parachève le travail. A l'aide d'un couteau de bois, il débarrasse la coupelle de ses irrégularités, la nettoie « en jetant au dehors toutes les parties qui n'y adhèrent pas », bat une dernière fois le pourtour supérieur du bassin « et les cendres sur lequel doit reposer le plateau d'argent. » La coupelle est prête.

La technique est efficace, ce que relèvent les ingénieurs. Réalisées de cette manière, les coupelles ne sont point sujettes à s'effeuiller par la chaleur, « comme celles que l'on compose de plusieurs couches de cendres battues séparément. ». Mais au-delà de l'appréciation strictement professionnelle, observons l'interférence. L'ingénieur observe sans discontinuer le chef coupelleur, détenteur exclusif du geste final, et décrit -révèle- le déroulement complet du processus de fabrication. Ce faisant, il rompt avec la tradition, au nom de la technicité qu'il cherche à acquérir et à propager. L'ésotérisme du protocole productif s'en trouve brisé. Mieux, il perd sa raison d'être. Sur un geste qui, par définition, ne se dit pas mais se montre et se reproduit, l'ingénieur greffe un récit, retranscrit l'observation en privilégiant le seul moyen qui lui permette d'être compris par son lecteur, celui d'une précision descriptive portée jusqu'à la métrique². La reproductibilité glisse du regard, forme d'appropriation technique directe et individualisée, à la mesure, forme d'appropriation technique médiatisée et généralisable. Avec, en conséquence, l'acculturation ouvrière.

3) Le savoir-faire du coupelleur.

¹ - Recommandation donnée : aucune cendre ne doit occuper le centre de l'aire.

² - Les mesures en pieds et pouces sont uniformisées.

Le « chargeage » du plomb s'effectuait à trois. Les faiseurs du feu passaient les barres de plomb au chef ou à l'aide placés dans la coupelle¹. Ceux-ci les disposaient de manière à former des croix successives, en prenant pour pivot le centre du fourneau. Les intervalles étaient ensuite soigneusement remplis. Avant toute manipulation, la sole était recouverte d'une couche de foin qui la préservait de toute dégradation. Le fourneau chargé, les faiseurs de feu abaissaient le chapeau. Le chef et son aide, placés sur la maçonnerie en dirigeaient la marche. Puis, ils plaçaient une plaque de tôle « et une légère maçonnerie, pour que les vapeurs plumbeuses qui se dégagent, ne puissent avoir d'autre issue que la cheminée ». Les ouvertures étaient bouchées, et le tour du chapeau luté² soigneusement.

L'affinage demandait à peu près deux jours de travail. Gallois et Beaunier calculent de la manière la plus précise possible la durée de chaque étape : tout commence par la mise à feu et la chauffe du plomb en barre qui dure six à sept heures. Les faiseurs de feu sont à ce moment seuls à opérer³. Lorsqu'au bout de ce temps, le plomb prend la forme d'un bain sur lequel vient surnager le foin « qui se charbonne promptement », les affineurs, jusque-là « restés au repos », mettent le vent, débarrassent le bain de ses crasses et de son foin, puis l'écument pendant une dizaine d'heures. Au bout de la quinzième ou seizième heure, apparaissent les premières litharges.

L'écoulement commence : travail de patience et de précision, travail de longue haleine aussi qui dure une journée complète. « A la 38^eme ou 40^eme heure... le bain est baissé de manière à ne plus avoir que trois ou quatre pieds de diamètre et il est à observer que le fond de la coupelle sur lequel il repose, est extrêmement évasé. » Il cesse lorsque le bain n'est plus couvert que d'une mince pellicule de litharge : « la surface du métal acquiert sur ses bords une convexité qui devient de plus en plus sensible; arrivée à un certain point, elle détermine la rupture du vide dont est couvert le bain et sa disparition instantanée vers les bords ». C'est alors que se produit « l'éclair », terme ultime de l'opération, que guette

¹ - « L'un des faiseurs de feu est debout, près du fourneau, sur un banc ; son compagnon prend les barres une à une sur la pile qui n'est éloignée que d'un pas ou deux, il les porte sur une épaule, et les présente successivement à son compagnon, lequel les reçoit sur ses bras, à la saignée, pour les poser sur le mur du fourneau, où il les soutient jusqu'à ce que le chef ou l'aide s'en empare et les place convenablement dans le fourneau. »

² - C'est-à-dire, recouvert d'enduit de manière à empêcher l'air de passer.

³ - On chauffait avec du fagot de bois ou du genêt. « Ils jettent aussi parfois dans la chauffe du petit rondin ou du bois fendu, pour hâter la fusion du métal, après quoi ils ne doivent plus en faire usage. » (GALLOIS & BEAUNIER, op.cit.). La chauffe au fagot fut inaugurée par SCHLUTTER, en 1713.

avec attention l'aide-affineur. Immédiatement, il retire la buse et ôte les vents. Les faiseurs de feu refroidissent le gâteau d'argent resté seul au fond de la coupelle en lui jetant de l'eau. Puis les affineurs le tirent hors du fourneau « en le faisant rouler de champ vers la rigole ». Il est nettoyé et porté au laboratoire de raffinage, où son poids est soigneusement enregistré.

Telle est donc la manière de procéder pour obtenir l'argent par coupellation dans la filière allemande. L'historien peut-il se satisfaire de ce récit ? L'option descriptive choisie - la scansion horaire prise comme fil directeur - ne saurait suffire si l'on s'en rapporte aux schèmes cognitifs propres au dix-huitième et à la première moitié du dix-neuvième siècle. Dans le récit des ingénieurs, les indications horaires - à peine greffées - relèvent tout autant des notes que du texte lui-même. Elles viennent en tentative de balisage et de maîtrise d'un savoir-faire qui se déploie ailleurs. Le récit s'agence autour de deux trames, l'une de relation brute d'un savoir-faire, l'autre d'explication. Deux schèmes cognitifs, l'un naissant, l'autre parfaitement en place, se juxtaposent. L'étape prélude à cette phagocytose qui transformera la technique en technologie¹.

Le savoir-faire de l'affineur repose prioritairement sur ses facultés d'observation. Dans un art que l'on peut trivialement et sur une plus grande échelle comparer à celui du cuisinier, le geste n'intervient qu'en seconde instance. C'est par l'appréciation visuelle qu'il fait de la masse en fusion que le chef-affineur dirige les vents et le feu, qu'il donne ses indications aux faiseurs de feu, qu'il commande à son aide. Tout commence lorsque le plomb est à peu-près fondu : « le chef observe les soupiraux..., il dispose la buse aussitôt que les vapeurs s'y manifestent et donne à la trompe « l'affluence d'eau qu'elle doit conserver pendant tout le cours de l'opération ». Puis, il commence les écumages au moyen d'un long ciseau complété à son extrémité d'un rouable en bois². Tout le temps que dure le travail, « la chauffe doit être alimentée de manière que le bain de métal soit constamment

¹ - *En cherchant, avec maladresse et ténacité, à faire coïncider le savoir de l'homme de science et celui de l'artiste, les rédacteurs de l'Encyclopédie pressentaient, dès les années 1750, l'importance d'une telle rencontre. De là provient l'ambiguïté de l'ouvrage qui se voulait à la fois réceptacle de procédés anciens et vitrine des techniques nouvelles. Cette mise en perspective, conforme au schème conceptuel du dix-huitième siècle, consacre les débuts de la technologie « à la française ».*

² - *Il faut une heure de travail pour retirer les premiers écumages. Les affineurs interviennent alternativement, puis demeurent au repos jusqu'à ce que le bain soit totalement masqué par de nouvelles écumes. Les seconds écumages se forment vers la neuvième heure de travail. « L'écumage se renouvelle ainsi cinq, six, sept fois. » (ibid.)*

éclairé ». Sa teinte doit rester au « rouge jaunâtre ». Cependant, la température du fourneau peut être baissée un peu avant que l'on enlève de nouveaux écumages, « si l'affineur juge qu'ils n'ont pas assez de consistance pour être tirés hors du fourneau ».

La litharge, lorsqu'elle commence à se former, « se reconnaît à son brillant particulier et à sa belle couleur rouge. ». Lorsqu'elle apparaît¹ le chef-affineur redresse le papillon de la buse, pour que le vent frappe une plus grande surface; il nettoie le passage des litharges, dégradé par l'écumage et y forme une rigole profonde d'environ un pouce et légèrement inclinée vers le sol de l'atelier². L'action conjointe du vent et de la chaleur anime le bain d'un mouvement circulaire. La buse « n'est point dirigée vers le centre du fourneau; elle doit avoir une légère dérivation du côté opposé de la chauffe ». Le vent imprime aux litharges un mouvement qui les amènent au passage « où la plus grande partie s'arrête..., à raison de l'écoulement qui s'y opère, et de la baisse de fluidité causée par la moindre température de cette partie du fourneau. Le surplus suit sa marche en s'étendant vers la chauffe, pour y recevoir un plus fort coup de feu, et de là vers la buse, d'où le vent le reporte au passage. »

Lorsque les premières litharges se manifestent, il faut donner au feu un peu plus d'activité. Puis, tant que dure l'écoulement, la chauffe doit être alimentée « avec soin et uniquement d'après les ordres que l'affineur donne aux faiseurs de feu. » Que regarde-t-il ? La flamme d'abord : elle ne doit éclairer le bain que par intervalles. Le bain ensuite : « sa couleur doit être le rouge cerise terne ». La consistance de la matière enfin : il faut ranimer le feu toutes les fois qu'elle cesse d'être liquide. La litharge tombe directement sur le pavé de l'atelier d'où « les faiseurs de feu l'enlèvent par intervalles et en forment un meulon près du fourneau. » Après que le gâteau d'argent a été retiré, la coupelle, pénétrée en profondeur de litharge, est refroidie avec le vent des trompes³ et cassée. Les parois de la cheminée et

¹ - « On commence à mettre les produits de l'affinage au rang des litharges vers la 17^e heure de travail. [...] Le premier quintal de litharge que l'on recueille est toujours mélangé d'oeuvre; on le met à part pour le réunir aux matières qui doivent être passées au four à manche. » (ibid.)

² - La rigole doit être assez profonde « pour que sa naissance soit au niveau de la litharge qui nage sur le bain du métal. » Pour ce travail, l'affineur utilise le couteau crochu dont « il est continuellement muni et dont il tire grand parti » pour remédier aux dégradations fréquentes du passage.

³ - Dans le cas où les affinages doivent se succéder rapidement.

de l'ouverture de la buse « sont tapissées d'oxyde de plomb vaporisé pendant l'affinage. « On y trouve d'assez beaux massicots »¹, concluent les ingénieurs.

3 •) REVERBERE ET FONTE A L'ANGLAISE.

Cette fonte à l'allemande ne s'est pas implantée telle quelle sur le sol français au dix-huitième siècle. Un glissement s'est effectué, évident dès la reprise, qui amena les producteurs français de plomb et d'argent à essayer -non sans déboires- le « cupôl anglais » et à réserver l'usage du four à manche au traitement des scories. Le procédé de fonte à l'anglaise innovait totalement sur le plan technique. Utiliser le four à réverbère ne consistait pas à fournir la matière au fourneau, mais une fois la matière posée, à brasser. Une nouvelle filière technique s'ouvrait dans la métallurgie.

a) Le réverbère : une spécificité britannique ?

Les exploitations débutantes s'équipèrent en priorité de fours à l'anglaise. Premières d'entre elles, les entreprises bretonnes. En décembre 1732, Danycan de l'Epine correspond avec Guillotou de Kerever. Il cherche « un chimiste pour la séparation des métaux, 4 fondeurs, un capitaine de mines et 4 mineurs, en tout 10 ouvriers ». Difficile, répond Guillotou, « mon ami est à Londres... pour des affaires particulières, il ne me donne pas son adresse ». Et puis, « c'est un embarras de faire passer ces gens en France... » Le négociant morlaisien conseille la voie des Iles anglo-normandes. « Ecrivez à votre ami de Saint-Malo de faire en sorte de les faire passer par quelque bâtiment de Guernesey à Saint-Malo... » En précisant : « les fondeurs et chimistes d'Angleterre fondent ordinairement à fourneau de réverbère sans eaux. Celui que le nôtre a fait à Ty-Gal est à réverbère, ce qui me fait croire que c'est ainsi qu'ils les construisent ... » Le lien entre les négociants bretons et l'Angleterre était naturel. Le dynamisme des ressortissants anglais fit le reste. Que ce soit pour la fonte ou pour l'affinage, voire pour les deux, le « cupôl » se retrouve un peu partout en France, à Vaucron en Provence, à Masboutin en Auvergne, dans les « artifices » de Pesey et Argentine en Savoie, à Giromagny, en Alsace², toutes exploitations conduites, on le sait, par des gentilshommes ou des compagnies réputées d'Outre-Manche.

¹ - Apparu vers 1480, le terme, dérive de l'italien « marzacotto » signifiant « vernis des potiers ». Il s'agit d'un protoxyde de plomb (PbO), brusquement refroidi (ROBERT).

² - Voir notre carte n°1.

Les Anglais ne furent seuls à promouvoir la nouvelle technique. A Pont-Péan, en 1731, l'exploitation possède un fourneau à réverbère « qui a déjà travaillé assez utilement ». Ce four a été construit « sur les conseils d'un fondeur parisien »¹. A Poullaouen, en août 1734, « il est arrivé sur le site un fondeur suisse, gagé 1.200 livres s'il exécute ses promesses. Il va travailler à la construction d'un fourneau à réverbère qui sera renfermé dans un petit bâtiment »². Ce recours à des compétences continentales est-il révélateur d'un mouvement général ? Dans les années 1730, l'utilisation du four à réverbère en tant que four de première fusion pourrait bien avoir été expérimentée un peu partout en Europe. De nombreux fondeurs durent tenter de s'approprier la nouvelle technique³. Les uns et les autres pourraient avoir en commun de n'être pas originaires d'une grande région métallurgique. Une technique nouvelle pour des hommes neufs ? Si cela était le cas, l'innovation se serait établie en dehors du secteur traditionnel de production, le côtoyant d'abord, l'intégrant ensuite, non sans une nécessaire adaptation.

b) L'importance du brassage.

Fondre à l'anglaise, c'est fondre « sans eaux et sans soufflets »⁴. Le feu « excité par l'air qui entre par la porte du cendrier dans le foyer qu'on nomme chauffe, porte la flamme sur la mine et la fait fondre »⁵. Gensanne précise qu'on appelle « le réverbère », cette partie de la voûte, à l'opposé de la chauffe qui réfléchit le rayonnement thermique⁶. « Ce fourneau, expliquent Gallois et Beaunier en 1804, est intérieurement formé d'une voûte fort surbaissée, destinée à réfléchir la chaleur dégagée de la chauffe sur une aire à peu-près ovale...que l'on nomme la sole »¹. Ces spécificités déterminent une configuration intérieure et extérieure totalement différente de celle du fourneau traditionnel. Le fourneau anglais se

¹ - A.D. Ille-et-Vilaine, C 1479, 13-21 novembre 1731, visite de Blain de Saint-Aubin, cité par R.CARSIN, op.cit., p.62, n.60.

² - H.SEE, « Etudes sur les mines bretonnes », pp. 411-412, E.MONANGE, op. cit. Lettre du directeur Delestang à l'Intendant, en date du 15 Août 1734, A.D. Ille-et-Vilaine, C 1487. Le fondeur suisse venait de Pont-Péan.

³ - Nous sommes redevable de cette idée à Gérard Emptoz qui nous en fit part lors d'un séminaire du Groupe d'Histoire de la Métallurgie à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

⁴ - H.SEE, ibid.

⁵ - Ch. A. SCHLUTTER t.II, « De la fonderie ».

⁶ - GENSANNE, Traité de la fonte des Mines, t.I, chapitre premier, « De la forme et des emplacements des fonderies ». Cette définition traduit un progrès dans la compréhension du fonctionnement du four à réverbère. Jars, en effet, assimilait chauffe et réverbère. Sous sa plume, les mots sont constamment associés en ces termes : « la chauffe ou réverbère ».

distingue par sa forme, horizontale et non verticale. Il se remarque par ses portes de travail et sa haute cheminée. Intérieurement, trois éléments le caractérisent : la forme de la sole, celle de la voûte, et la présence d'un « mur séparant la chauffe de la capacité intérieure », appelé en Angleterre « pont de chauffe »².

Son mode de construction requiert un savoir-faire particulier. Les fondations demandent une qualité de pierre « indifférente au feu » et capable de résister à la décomposition³. Longue de sept pieds environ, la sole doit mesurer trois pieds de large auprès de la grille, cinq pieds en son milieu, et seulement vingt-deux pouces du côté du réverbère⁴. Elle a la forme d'un ovale inégalement rétréci à ses extrémités, avec un resserrement maximum du côté opposé à la chauffe. Elle est formée d'argile battue, « et disposée de manière à ce que toutes les matières liquides répandues sur sa surface, puissent venir se réunir vers le milieu dans un bassin très-évasé, lequel peut être vidé par une issue que l'on nomme la coulée, dans un autre bassin creusé en dehors du fourneau »⁵.

La hauteur du pont de chauffe, qui conditionne le départ de la flamme, est déterminée avec précision. Positionnement et mesures se font en tenant compte de l'emplacement de la grille du foyer. Ainsi le mur de séparation entre chauffe et aire de travail doit se trouver à « 18 pouces au-dessus » de celle-ci, donc « 3 pieds 3 pouces au-dessus du rez-de-chaussée et 2 pouces en-dessous de la partie supérieure des portes du

¹ - GALLOIS & BEAUNIER, « Exposé des opérations qui s'exécutent à la fonderie de Poullaouen. Première section : grillage et première fonte au fourneau à réverbère », Journal des Mines, vol.16, an XII.

² - J. PERCY, *Metallurgy*, vol. III part 2, Lead, « Air-reduction Process », pp. 222ss. Vol. 3, pp. 36-40, p. 82 et 91.

³ - GENSANNE, *ibid.* L'ingénieur propose au niveau du sol, « de la bonne pierre dure ou des briques bien cuites » liées « à chaux et à ciment, et non à chaux et à sable ». Pour les rangées immédiatement supérieures, il faut selon lui de la « pierre de grain », schiste, terre grasse « dont on fait les briques » (terre de Mont Jura, terre de Talvanne). A Poullaouen, le massif extérieur du fourneau est en granit (E.N.S.M.P., M 1827(59), Boudusquié).

⁴ - Ces mesures indicatives sont celles que propose Gensanne pour la construction d'un fourneau-type (vol. 3, p. 37-38).

⁵ - GALLOIS & BEAUNIER, *ibid.* Pour confectionner la sole, « on dispose une première couche de pelottes d'argile très molle. Les pelottes très rapprochées entre elles, sont unies avec la main, et on leur donne l'inclinaison convenable en ménageant le bassin ou pot de réception auprès de la porte du milieu. Ce bassin a 15 pouces de diamètre sur 10 pouces de profondeur. L'argile est ainsi abandonnée pendant 15 jours environ après lesquels elle est battue avec une masse en bois cylindrique; on continue ce travail pendant plusieurs jours jusqu'à ce qu'elle soit bien durcie; la sole ainsi terminée a 15 pouces d'épaisseur » (Boudusquié, *ibid.*). « Une même sole sert communément pendant plus de huit mois de travail non interrompu. Il est rare que la retraite y occasionne des crevasses bien considérables, si elle a été battue avec soin et suffisamment séchée; cependant, le métal la pénètre avec une grande facilité; à une haute température, il se répartit dans toute sa masse, tellement qu'il en double quelquefois le poids dans le premiers mois de la fonte. C'est alors que la sole a acquis toute sa solidité. » (GALLOIS & BEAUNIER, *ibid.*)

fourneau », dans le cas où « l'on emploie du charbon de bonne qualité »¹. La voûte est « ce qui demande le plus d'attention ». C'est son inclinaison, en effet, qui règle « le chemin de la flamme. De l'exactitude de sa configuration dépend la bonté du fourneau ». Sa construction demande une méthode spéciale, « car, il n'est pas possible de faire usage de cintres. » A son extrémité se trouve une ouverture en forme de té, qui conduit à la cheminée.

Enfin, le fourneau est renforcé par un réseau de lames de fer horizontales qui forme l'« armure »². Construit de la sorte, il s'étend sur quinze pieds de long, huit de large et cinq de haut³. Il est doté de cinq ouvertures, quatre situées sur la face antérieure (trois portes de travail et une quatrième pour la chauffe, située légèrement en retrait), la dernière sur la face du fourneau opposée à la chauffe, « par où on fait sortir les résidus du travail »⁴. Chacune de ces portes est garnie sur sa face intérieure de cadres en fonte. Sur le devant du fourneau, près de l'ouverture centrale, là où travaille le chef-fondeur, se trouve le bassin qui permet de recueillir le plomb fondu.

Amené dans des brouettes tarées et soigneusement pesées⁵, le minerai est chargé à l'intérieur du four soit par une trémie ajustée sur la voûte, soit par les portes de travail⁶. Dans ce cas, l'un des servants du fourneau dépose le schlich au-devant du fourneau, sur le sol de l'atelier, « au-dessous des portes extrêmes »⁷. Puis il le jette « à la pèle » dans le fourneau, sur l'arrière autant qu'il est possible afin de laisser libre le pot ou bassin

¹ - Il s'agit de charbon de terre (Le terme « houille » est officiellement recommandé pour désigner le charbon de terre dans l'« Aperçu des substances minérales... », Journal des Mines, t. 1, an III). « Si le charbon est de qualité médiocre, ajoute l'auteur, il faut que la grille soit un peu plus élevée ». Le bon fonctionnement du fourneau dépend pour beaucoup de l'emplacement de la grille.

² - « Le massif est constitué par des bandes de fer verticales appliquées contre la paroi et maintenues dans cette position par des bandes horizontales qui reposent sur la voûte du fourneau et la traversent dans le sens de la longueur et de la largeur » (Boudusquié, *ibid.*).

³ - Soit environ 5mx2m5x1m5, ceci hors oeuvre. S'ils sont trop grands, précise Gensanne, « le feu perd de sa force » ; s'ils sont trop petits, « il consomment autant de charbon pour moins de matière à fondre. » (*ibid.*)

⁴ - Boudusquié, *ibid.*

⁵ - Cette description est une synthèse des récits de Gallois & Beaunier et Boudusquié. Nous avons retenu ce qui en constitue le fond commun de manière à déterminer la règle de fonctionnement.

⁶ - En 1752, lors du séjour de Gabriel Jars, « les matières étaient élevées péniblement au-dessus du fourneau » (GALLOIS & BEAUNIER, *op.cit.*), ceci selon le modèle anglais. L'usage de la trémie fut abandonné parce qu'elle était d'emploi malaisé, et qu'elle menaçait la voûte d'effondrement.

⁷ - Boudusquié, *op.cit.* Ceci pour la charge de jour. « les ouvriers transportent dans des coffres placés auprès du fourneau le schlick qui doit être chargé par le poste de nuit et qui vient d'être chargé sous les yeux du surveillant. » (*ibid.*)

intérieur¹, et l'étales sur la sole « de manière à former partout une couche d'une égale épaisseur »². Le faiseur de feu pose sur la grille -encore brûlante lorsqu'une fonte vient de s'achever- de grosses bûches qui s'enflamment d'elles-mêmes. Le maître-fondeur s'occupe des ultimes vérifications, renvoie avec une spadelle la charge du devant vers le fond, place quelques bûches à la droite de la coulée, « pour augmenter la chaleur dans cette partie éloignée du fourneau », puis bouche toutes les ouvertures, « en ménageant seulement du côté de la chauffe » un léger jour par lequel il peut observer l'intérieur du fourneau. Les portes fermées, on donne un fort coup de feu. Le minéral prend une couleur rouge vif. « Mais bientôt on diminue le feu jusqu'à ce qu'on ait obtenu une teinte rouge-brun. C'est le point où la chaleur est la plus favorable au grillage »³.

Au bout d'une heure, la superficie du métal est devenue légèrement pâteuse et le soufre s'est dégagé en partie. « On doit s'occuper de mettre de nouvelles surfaces à nu. » Pour cela, il faut brasser⁴. Le brassage se fait à trois, le maître-fondeur et ses deux aides. Le premier des aides se place à la porte la plus proche de la chauffe¹. « Il brise la croûte et introduit la spadelle sous la matière; la lame...posant à plat sur la sole, il la pousse jusqu'à la face opposée du fourneau, la soulève en pesant sur l'extrémité opposée et l'appuyant sur le seuil de la porte par le milieu de sa longueur, il renverse ensuite la spadelle et met ainsi à la surface la partie qui était dessus et vice-versa. » L'ouvrier godille dans la matière en fusion d'où s'échappent les vapeurs sulfureuses. « Il commence par la gauche en rejetant la matière du côté de la chauffe et la spadelle appuyée sur le seuil en fer de la porte, décrit une sorte de rayon en l'approchant du milieu du fourneau; arrivé à cette limite, il recommence à brasser la matière en allant de droite à gauche. » Le futur ingénieur s'y serait-il essayé ? « Le secret pour faire parcourir sans peine à la spadelle toute la longueur de la sole consiste à l'enfoncer un peu sur le minerai, l'appuyant ensuite par le milieu de la longueur sur le seuil de la porte; on presse de tout son poids sur l'extrémité qu'on tient à la main en même temps qu'on la pousse légèrement en avant, et on force ainsi la spadelle à glisser dans la matière. »

¹ - *C'est pour cette raison qu'on évite de remplir le fourneau par la porte centrale.*

² - GALLOIS & BEAUNIER, op.cit.

³ - GALLOIS & BEAUNIER, *ibid.*

⁴ - « ...malgré l'inconvénient grave que présente le soulèvement du schlich encore pulvérulent. » (Boudusquié, *ibid.*)

Il continue de brasser « jusqu'à ce qu'il ait rougi sa spadelle »². Le second aide prend la suite à la porte opposée³, puis le maître-fondeur à la porte centrale. « Son travail dure moins que celui des consorts... Il brasse la petite portion de schlick qui est devant la porte et qui n'a pu être remué par les deux consorts, il recule avec soin les matières qui tendent à remplir le bassin; il relève celles qui y sont descendues »⁴. Cinq à six heures de suite, les trois hommes travaillent la matière en fusion. « Le minerai quand on le soulève produit une flamme bleue, due à la combustion du soufre ». Régulièrement, l'on jette du bois sur le devant des deux portes les plus éloignées de la chauffe, « afin d'y augmenter la chaleur ».

Vers midi -le travail a commencé à six heures du matin- les vapeurs de soufre sont plus rares, « et l'on voit se rassembler dans le bassin une légère quantité de plomb métallique réduit par la flamme, encore chargée de matières combustibles »⁵. On augmente le bois dans la chauffe et sur la sole. La réduction commence⁶. « C'est le moment de commencer à ajouter du charbon; on en projette quelques pelletées en même temps qu'on pousse vigoureusement le feu »⁷; les deux aides brassent en même temps et « rougissent deux spadelles avant de se reposer »; le maître fondeur leur succède à la porte centrale. Progressivement le plomb s'accumule dans le bassin intérieur. Vers quatre heures de l'après-midi, « il contient assez de métal pour qu'on songe à le vider ». Une précaution s'impose, celle de « retenir sur les bords inclinés du bassin, les matières non réduites, fusibles à cette haute température »⁸. A cette fin, le maître-fondeur prend de la chaux avec

¹ - « ... pour la raison que vers cette partie, les matières sont plutôt préparées, la chaleur s'y faisant sentir plus vivement. » (ibid.)

² - « Les spadelles, précisent Gallois et Beaunier, sont promptement attaquées par les vapeurs acides du soufre, et se déforment aisément par la chaleur. »

³ - « Il travaille à la porte extrême, et commençant à brasser la matière à sa droite, il avance successivement jusqu'au milieu de la longueur du fourneau en traçant une sorte de sillon ; il revient ensuite de gauche à droite, et recommence le même travail jusqu'à ce que sa spadelle soit rougie (Boudusquié, ibid.) ».

⁴ - Ibid.

⁵ - GALLOIS & BEAUNIER, ibid.

⁶ - « Dès l'instant où on a commencé de remuer le schlick, il a donné du plomb, mais jusque vers onze heures, la quantité de métal qui s'est formée a été très faible et n'a même pas coulé dans le pot, se trouvant arrêté par les obstacles que lui présente le minerai disséminé sur la sole. Ce plomb est en partie changé en litharge... » (Boudusquié, ibid.)

⁷ - GALLOIS & BEAUNIER, ibid.

⁸ - Ibid.

une pelle en fer, et la jette dans le fourneau. « A l'instant, on voit ces parties liquides prendre assez de consistance pour demeurer où le fondeur les place avec sa spadèle »¹.

Comme pour le four à manche, la percée se fait avec un ringard que l'on chasse à coup de masse. « Le plomb tombe avec bruit dans le bassin extérieur ² ». A la surface du bain, apparaît une légère couche de « mattes figées »³ que le fondeur recueille avec une écumoire et qu'il rejette dans le fourneau. Avec son écumoire, il agite le bain et jette des broussailles⁴ pour le purifier « des portions de mattes qui peuvent rester mêlées...Elles produisent une fumée blanchâtre très abondante et qui n'a aucune odeur; on les agite avec le bain; bientôt elles s'enflamment, et les gaz résultant de la combustion en se dégageant des diverses parties du liquide facilitent le mouvement des portions de mattes mêlées de plomb, lesquelles viennent à sa surface et y forment une poussière noire qu'on enlève »⁵. C'est le moment du moulage. Sous la direction du maître-fondeur, le « chauffeur et des consorts »⁶ puisent dans le bassin avec des cuillères. Le maître-fondeur s'assure que les lingotières sont placées horizontalement ; de sa pelle en fer, il retient les portions d'écumes restées à la surface du bain ; quand le moule est plein, « il avertit l'ouvrier »⁷.

Le travail au fourneau peut reprendre. Avec un tampon d'argile, on ferme le trou de coulée et le brassage recommence, les deux aides agissant en même temps et alternativement avec le maître-fondeur « qui sert le milieu du fourneau, commande les coulées et détermine les époques favorables à l'introduction du charbon ou de la chaux »⁸. Une seconde coulée intervient trois heures après la première, puis une troisième, une ou deux heures après la seconde. L'opération s'arrête là. Non que l'on ait fondu tout le plomb, mais « il n'y aurait pas économie à continuer l'extraction... il faudrait élever très haut la

¹ - « Par la porte de la coulée seulement, si l'affluence dans le bain est peu considérable, et par les trois portes dans le cas contraire. » (Ibid.)

² - Boudusquié, *ibid.*

³ - Le terme est employé par Boudusquié. Gallois et Beaunier parlent de « crasses ».

⁴ - C'est-à-dire, feuilles et menus branchages qu'un des ouvriers ramasse sur le sol de l'atelier.

⁵ - Boudusquié, *ibid.*

⁶ - Le terme « chauffeur » apparaît dans le texte de Boudusquié. Il n'est question, en 1804, que de « faiseurs de feu ».

⁷ - Boudusquié, *ibid.*

⁸ - GALLOIS & BEAUNIER, *ibid.* En ce qui concerne la description des coulées, le texte de Gallois et Beaunier diffère sensiblement de celui de Boudusquié. Nous avons préféré ce dernier, plus proche de la description qu'en donne Gabriel Jars dans ses *Voyages métallurgiques*. D'une tonalité très scientifique, le texte de Jars ne fournit pas les précisions nécessaires pour une description strictement technique. Nous l'avons donc utilisé comme texte de référence.

température pour obtenir de nouvelles portions de métal; la dépense en combustible serait considérable ainsi que les pertes de plomb volatilisé »¹. Les aides poussent les matières pâteuses vers la porte située du côté de la cheminée (« la porte de derrière »). Avec un rouable, on les fait tomber sur le sol de la fonderie, où on les arrose d'eau « afin de les refroidir et d'être moins incommodé par la chaleur qu'elles dégagent »². D'un noir bleuâtre, ces crasses sont emportées par brouettes à l'extérieur de l'atelier³.

c) Une nouvelle filière technico-économique.

Le four à réverbère ne serait-il, en définitive, qu'un four à coupelle rectangulaire dont on aurait retiré les soufflets et que l'on aurait agrémenté d'une cheminée? Entre réverbération à l'Allemande et réverbération à l'Anglaise, la filiation est probable⁴. Mais ce serait minimiser le four de réverbère que de le définir comme un four à coupelle évolué.

L'importance de ce type de fourneau tient au fait qu'il permet d'utiliser le charbon de terre pour chacune des phases du traitement métallurgique, grillage, fonte et affinage. Gensanne en fait l'objet principal de son *Traité de la fonte des mines par le charbon de terre*⁵. Le lien cupôl/charbon de terre n'est pas obligé, cependant. Lorsque, dans son *Traité*, l'ingénieur quitte la théorie pure pour aborder les questions plus ténues mais obligées de l'adaptation au terrain, il recommande d'utiliser le bois en cas d'absence ou de cherté du charbon de terre⁶. De fait, tel qu'il fut utilisé en France au cours du dix-huitième siècle

¹ - Boudusquie, *ibid.*

² - *Ibid.*

³ - *Ces crasses portent le nom de « crasses blanches » parce que « leur exposition à l'air les rend blanches. » (ibid.)*

⁴ - « Fondre dans des fourneaux à vent ou de réverbère, c'est 1°) fondre de la mine de plomb dans des "cupols" à la manière des Anglais; 2°) fondre la mine de cuivre comme à Bristol en Angleterre; 3°) fondre la mine de plomb comme au fourneau allemand de Willach en Carinthie; 4°) fondre suivant l'usage établi à Snéeberg pour le cobalt. » écrit Jean HELLOT dans le *traité de Schlutter*. *L'application du four à la fonte de première fusion date de la dernière décennie du dix-septième siècle, et semble s'être effectuée simultanément en Allemagne et en Angleterre. Hellot donne en effet comme points de repères : 1696 à Schneeberg « dans le dessein d'y fondre le cobalt et d'en séparer l'argent » ; 1699 ou 1700 en Angleterre où il fut « imaginé par un médecin chymiste Wright, ou par un orfèvre » La nouvelle technique prit son essor en Angleterre pour des raisons qui tiennent à l'état du système technique en ce pays : méthodes de fonte moins établies, plus rudimentaires ; manque et cherté du bois.*

⁵ - *L'ouvrage est dédié à Bertin et sa justification est précise : « En composant le livre ... mon principal but a été le bien public, celui sur-tout d'épargner les bois et de leur substituer l'usage du charbon de terre dans la fonte des métaux et des minéraux... » De fait, Gensanne commence par des exemples donnés de dévastation des bois en s'appuyant sur une catastrophe survenue pour cette raison dans le Roussillon.*

⁶ - *Ainsi, pour la calcination, Gensanne recommande-t-il du « charbon de terre autant qu'il sera possible, mais du bois à défaut ». De même pour l'affinage, « soit que vous ayez du charbon de terre ou du bois, n'y souffrez que la méthode Anglaise... »*

pour le traitement du minerai de plomb, le réverbère n'a que rarement fonctionné avec du charbon de terre¹. A cela, cette raison essentielle, évoquée par Gensanne, la rareté du produit et sa cherté.

Les premières tentatives s'effectuèrent au charbon de terre. A Poullaouen, il fallait le faire venir d'Angleterre, faute de mines locales. La Compagnie embaucha avec soulagement son fondeur suisse parce qu'il « ... ne se servira que de bois pour fondre, ce qui sera bien moins coûteux que le charbon de terre »². L'anglais Matheys qui fut le premier grand maître-fondeur de l'exploitation continua à travailler au bois. A aucun moment de l'histoire de l'exploitation, la houille ne constitua le combustible principal pour le travail au réverbère.

A Vaucron, les mines de charbon furent fouillées à quatre ou cinq lieues à la ronde, et l'on trouva à Tanneron, par exemple, « vis à vis du château de Tourreau », une « montagne de charbon exploitée par les maréchaux-ferrants du pays ». Une autre fut repérée à Montauroux, « exploitée par un muletier qui la vendit à 7 sols la charge pendant deux ans »; une autre enfin à Fayence « où le feu s'est mis... elle a brûlé pendant trois semaines »; mais le charbon y est de mauvaise qualité, comme celui de Fréjus, qui « est moins bitumineux que celui d'Angleterre... il se met en braise, mais a de la peine à s'enflammer.. » La solution pratiquée un bref moment de faire venir le charbon de Marseille ou de Monaco s'avéra par trop coûteuse. Il fallut en revenir aux bois, « inépuisables autour des mines » et vendu « à bas prix »³.

J. G. Schreiber, cinquante années plus tard, se heurta à ce même problème de qualité lorsqu' il cherche à utiliser les houilles locales à la demande du Conseil des Mines. « Toutes les houillères connues dans l'arrondissement de Moutiers, soit à Montagny, soit à Aine, Macot, Bellantre et Pesey fournissent les mêmes espèces de houille ». Son choix se porta sur la houille de Bellantre parce qu'elle était « considérée par les maréchaux et chauxfourniers comme une des meilleures ». C'était une houille « d'un noir grisâtre, assez pesante, d'une consistance peu solide et tâchant les doigts, difficile à enflammer et

¹ - A l'exception notable de l'entreprise Jars dans le Lyonnais. Eu égard aux qualités exceptionnelles de fondeur des frères Jars, et à la richesse non moins exceptionnelle de la région en charbon, elle confirme la règle.

² - H. SÉE, *ibid.*.

³ - F. d'AGAY, *op. cit.*, p.29.

remarquablement terreuse ». Un peu de charbon avec beaucoup de terre en somme... Le résultat de l'essai, pourtant conduit dans un fourneau écossais par un expert en la matière, fut sans appel. « La propriété qu'ont les houilles de ce pays de rougir seulement sans donner aucune flamme, de se recouvrir dans l'incinération d'une terre qui les empêche de se consumer et qui, dans cet état, ne peuvent qu'obstruer la grille sur laquelle on voudrait les brûler et qu'intercepter le courant d'air indispensable à leur combustion... fait craindre qu'on ne puisse jamais employer ce combustible avec avantage dans des fours à réverbère comme est celui de Pesey »¹.

Il ne fut pas aisé aux fondeurs anglais de s'adapter aux conditions continentales et d'obtenir un résultat satisfaisant en travaillant au bois et non au charbon de terre comme ils en avait l'habitude. Faut-il, à l'instar de Gensanne, y voir la marque de spécialistes empêtrés dans une routine d'ores et déjà bien établie? Cet état de fait renvoie plutôt à la difficulté qu'il y avait à maîtriser la fonte d'un minerai extrêmement variable dans sa composition et par conséquent dans sa manière de réagir à la chauffe. Dans le *Traité de métallurgie* qu'il publie au milieu des années 1890², Schnabel distingue trois grandes méthodes pour conduire la métallurgie du plomb, la méthode par grillage et réaction, la méthode par grillage et réduction, la méthode par précipitation³. Elles différaient par le type de fourneau et par la nature du combustible. La méthode par précipitation requérait un four à cuve -point ultime d'adaptation du four à manche-, un combustible carbonisé, des fondants ferrugineux. Dans la méthode par grillage et réaction le travail pouvait se faire indifféremment au bas-foyer ou au four à réverbère. Un combustible brut -bois ou charbon- suffisait. La méthode par grillage et réduction exigeait l'emploi de deux fours distincts, l'un pour le grillage, l'autre pour la réduction. Il était obligé, lors de la réduction, d'employer un combustible carbonisé¹. Ces différences techniques correspondaient à des différences de minerai. La méthode par précipitation était appropriée pour des galènes de grande richesse ne contenant que peu de sulfures étrangers. La méthode par air et réaction permettait de

¹ - J. G. SCHREIBER, « Fonte de la mine de plomb avec un mélange de houille et de charbon de bois » *Journal des Mines*, 1807, t.21, pp.57-64.

² - Nous sommes redevable à Marc Lhéraud de cette référence.

³ - Pour ces deux dernières méthodes, la dénomination est artificielle : l'un et l'autre procédé sont en fait des réduction de l'oxyde de plomb obtenu au cours du grillage. Mais dans un cas l'agent réducteur est le carbone du combustible, dans l'autre, la réduction se fait par réaction conjointe de l'oxyde de plomb, des sulfures, des sulfates et des sous-sulfates qui se forment au cours du grillage. Percy, quant à lui, distingue entre « air-reduction process », « roasting and deoxidizing process » et « iron-reduction process ».

traiter avec succès ces galènes très riches qui avaient pour défaut d’être mélangée en de fortes proportions avec d’autres sulfures². Sorte de voie moyenne, la méthode par grillage et réduction s’adaptait à toutes sortes de minerais, jusqu’aux plus pauvres en plomb.

Les manières de fondre n’étaient donc pas complètement interchangeables. On reconnaît la filière allemande dans la méthode par grillage et réduction; la filière anglaise, dans la méthode par grillage et réaction. Les deux grandes filières de production qui se mirent en place en Europe, l’une entre douzième et quatorzième siècle, l’autre entre seizième et dix-huitième siècle le firent donc sur des bases techniques différentes³. Les potentialités géographiques et économiques jouèrent également, permettant qu’à deux moments de l’histoire se développent deux structures technico-économiques distinctes. Née dans un lieu abondamment pourvu en bois et en eau, remarquablement encadrée par le pouvoir politique⁴, la filière allemande avait pour objet principal la production d’argent.. Naturellement centrée sur la production de plomb (les minerais de plomb britanniques étaient beaucoup moins argentifères que les minerais allemands et hongrois ; de surcroît, l’économie anglaise trouva rapidement son équilibre monétaire ailleurs que dans la production minière indigène), moins construite à l’origine dans sa double structure technique et économique, la filière anglaise se révéla particulièrement apte à répondre aux besoins du marché européen lorsque les prix s’effondrèrent dans le milieu du seizième siècle.

¹ - C.SCHNABEL Traité théorique et pratique de métallurgie. Cuivre. Plomb. Argent. *Or, passim*.

² - . A condition toutefois que la proportion de silicate acide ne dépassât pas 4 à 5%, ce qui était très peu pour un minerai habituellement inclus dans une gangue de quartz.

³ - Il n’y eut pas remplacement d’une filière par l’autre.

⁴ - Cf. chapitre 4.