

Zeitschrift:	Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere
Herausgeber:	Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung
Band:	- (1997)
Heft:	17a
Artikel:	Les techniques de préparation mécanique du minerai de fer sédimentaire d'altération ou minerai pisolithique : les ateliers de la Montbleuse (Haute-Saône)
Autor:	Morin-Hamon, Hélène
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1089692

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les techniques de préparation mécanique du minerai de fer sédiminaire d'altération ou minerai pisolithique

Les ateliers de la Montbleuse (Haute-Saône)

Résumé

Du XVIe au XIXe siècle, la Franche-Comté occupait une place très importante dans l'industrie sidérurgique française. De nombreux vestiges témoignent de cette industrie.

Le site de lavage du minerai de fer pisolithique de La Montbleuse (Haute-Saône) est remarquablement conservé. L'analyse topographique, la lecture du paysage, les observations sédimentologiques et la confrontation avec les sources écrites permettent de reconstituer les techniques de lavage mises en oeuvre.

Cette étude ponctuelle s'inscrit dans le cadre d'une recherche historique régionale (terrain et archives) sur les techniques de préparation mécanique des minerais de fer.

Introduction

La Franche Comté fut, à partir du XVème siècle une des grandes régions productrices de fer en France. Les vestiges de cette industrie, mines et fourneaux sont encore très nombreux (Morin 1994, 1995 a et b, Belhoste et alii 1994). Les activités de préparation des minerais de fer, concassage, tri, ont également laissé des traces bien visibles dans le paysage. L'étude de ce type de site est encore inédite (Morin-Hamon 1996a et 1996b). La présentation du site de Bellevesvre sur la commune d'Etrellles-La-Montbleuse constitue une première approche sur le sujet.

1 Les minerais et les méthodes de préparation

1.1 Les minerais de fer de Franche Comté

En Franche-Comté, on trouve principalement trois grands types de minerais de fer (Rosenthal 1990). Dans les Vosges méridionales, affleurent quelques filons de sidérose formant des gîtes de moindre importance (Thirria 1833). Les gisements de minerais de fer sédimentaires mésozoïques sont nombreux et variés. Ils se sont formés entre le Lias et le Crétacé inférieur. Enfin, il existe des gîtes résultant de l'altération de roches préexistantes avec ou sans remaniement ultérieur (Morin *et al.* 1993 p.121-124.).

Disséminés en grandes quantités à la surface du sol, ces minérais étaient faciles à exploiter. Il s'agit d'argiles particulièrement riches en hydroxyde de fer ou limonite qui existent sous forme de sphérules arrondies, ou pisolithes, noyés dans une argile limoneuse. Ces grains de 1 mm à 15 mm de diamètre se présentent sous l'aspect de concrétions. Dans certains remplissages, ils peuvent s'agglutiner en agglomérats plus ou moins cimentés : « la greluche ».

Le minéral de fer pisolithique d'âge Plio-Pleistocène occupe la majeure partie des plateaux de la Haute-Saône et de l'Ouest du Jura. Les pisolithes sont identiques à ceux du minéral sidérolithique. La genèse de leur formation est identique. Seul diffère l'âge de ces formations qui remontent pour certaines au Villafranchien. Parfois, les sédiments se sont trouvés piégés par des formations calcaires postérieures, constituant, dans les plaines de la Saône, le „castillot“. Suivant l'importance des phénomènes de transport et de sédimentation, le minéral de fer en grains présente des modes de gisements très irréguliers tant par la qualité du minéral que par l'épaisseur du dépôt. Ainsi, des gisements de surface n'atteignent que quelques mètres de profondeur. Certains remplissages karstiques présentent parfois des épaisseurs considérables de plusieurs dizaines de mètres. C'est le fer „diluvien“ cité par Thirria (Thirria 1833). L'Ouest de la Haute-Saône abrite ainsi l'un des gîtes les plus importants, exploité dès l'époque médiévale et sans interruption jusqu'au XIXème siècle. Une centaine de gîtes était encore en exploitation vers 1830.

Dans le Jura, le secteur de la forêt d'Arne a été intensément fouillé par minières et petits travaux souterrains dès l'Antiquité (Raïssouni 1995). Les plateaux calcaires des collines préjurassiennes présentent de nombreux gouffres et grottes comblés en partie par des remplissages pisolithiques. Les remplissages karstiques ont été dans leur ensemble abondamment exploités et vidés de leur contenu dès le XVIème siècle.

La morphologie du minéral pisolithique est très diversifiée. Les ramassages que nous avons effectués aux abords de plusieurs sites de lavage et sur quelques sites d'extraction présentent plusieurs types de minéral :

- des minéraux meubles en grains (La Montbleuse, Baslières, Cugney)
- des plaquettes (Noidans le Ferroux)
- des agrégats (La Montbleuse)
- des concrétions de formes tubulaires ou aréolaires (Noidans le Ferroux)
- des brèches (Fallon)

1.2 La préparation mécanique des minéraux de fer

Le minéral de fer se présente très rarement à l'état pur. Le plus souvent, il est mélangé à d'autres sédiments ou minéraux dont il faut le séparer. Ce travail s'effectue en général sur le lieu d'extraction et toujours avant l'opération de la fonte. Il est ainsi réduit presque à son poids métallique et son transport est plus facile et moins onéreux. Un essai de définition de la préparation mécanique des minéraux est donné par Haton de la Goupillière, ingénieur des mines dans son cours *d'exploitation des mines* (Hatton 1885, p. 675-676). Il distingue en effet la première partie des manipulations que

doit subir le minerai, de celles qui succéderont et qui constituent selon lui la métallurgie proprement dite. Cette dernière science dit-il „*emploie comme agent principal, la chaleur, tandis que l'ensemble qui va nous occuper, fait uniquement appel aux forces mécaniques*“.

Monnet quant à lui insiste sur la notion de concentration qualitative du produit. On peut parler aussi d'un *processus d'enrichissement* : „*(...) l'art de préparer les mines consiste donc à les savoir rassembler, et à les séparer de leur roche, et de les réduire d'un grand volume dans un petit (...).*“ (Monnet 1773, p. 266).

La préparation des minerais était une industrie à part entière. Les opérations métallurgiques étaient souvent occupées par un personnel distinct de celui de la mine et en un lieu différent. La préparation mécanique s'effectuait au contraire, en général, sur le carreau de la mine où elle se combinait étroitement avec les tâches d'extraction. Pour cette raison, elle appartient alors au même groupe d'ingénieurs ou maîtres mineurs et reste soumise à la même direction. „*(...) C'est un usage généralement établi, de disposer les mines* (c'est-à-dire: les minerais) *sur le lieu même où est l'exploitation. Pour cela, on y a toujours les bocards, les laveries, et tout ce qui est nécessaire pour ce travail. C'est par un motif d'économie que cet usage s'est établi ; car s'il fallait transporter au loin les mines souvent mêlées à beaucoup de roches, les dépenses seraient ruineuses.*“ (Monnet 1773, p. 266)

Les techniques de préparation mécanique sont conditionnées par la nature et la morphologie des minerais : „*(...) nous pouvons diviser les mines en trois qualités différentes ; 1° en massives, c'est à dire pures et rassemblées en masse ; 2° répandues en morceaux plus ou moins gros dans la roche. 3° en parties finement dispersées et comme confondues dans la roche (...).*“ (Monnet 1773, p. 267)

Les minerais peuvent se retrouver sous ces différentes formes selon le mode de gisement, la nature de l'encaissant ou son faciès géologique. Les méthodes de préparation mises en oeuvre devront s'adapter à cette diversité. La structure et l'organisation des ateliers de traitement en témoigneront.

1.3 Les vestiges du lavage

Les sites de préparation mécanique sont constitués d'aires de lavage, lieux où l'on sépare le minerai en grains et d'aires de rejets où s'accumulent les déchets de l'opération. Les aires de préparation mécanique sont essentiellement constituées de structures en terre ou en bois par conséquent fragiles et temporaires.

Elles comprennent les bacs de lavages ou lavoirs à bras précédés d'aires de stockage du minerai. D'autres structures liées au lavage accompagnent ces vestiges : conduites d'amenée d'eau, exutoire de crues...

Les déchets des différentes étapes de la préparation sont évacués à l'extérieur. Généralement, ils sont accumulés en quantité plus ou moins importante à proximité immédiate. Ces amas de boues résiduelles composées de sables, d'argiles et de limons divers sont communément appelés *haldes*.

Le lavage induit la mise en oeuvre d'un processus de séparation du minerai de sa gangue et de l'encaissant. Dans le cas de la Montbleuse, le minerai est constitué par

un agrégat de pisolithes cimenté autour d'une gangue siliceuse. Ces agrégats sont par ailleurs localisés dans les niveaux argileux. Les accumulations de déchets des ateliers sont constituées de ces deux fractions : sables et argiles. L'analyse sédimentologique des haldes mais aussi des structures de lavage permet d'identifier la fonction de chaque aire de travail. Trois types de limons cohabitent sur le site de la Montbleuse : des limons d'origine alluviale, des limons d'origine éolienne, et des limons issus de l'altération de la roche mère. La plupart des sédiments décolorés représentent des phases de décantation d'eaux fortement chargées en sables, silts et argiles. Cette décantation provient donc de la séparation des minéraux. Ces limons résiduels sont généralement des siltites mal classées, comportant une grande quantité d'argiles ainsi qu'une fraction sableuse non négligeable. Cette dernière provient du démantèlement du ciment bréchifié compactant à l'origine les grains de limonite ou constituant le liant essentiel des niveaux ferrugineux.

Lorsqu'il y a succession d'ateliers, les déchets de production des aires de lavage les plus récentes peuvent avoir été rejetés sur les aires de travail de sites abandonnés. Dans certains cas, les aires de préparation peuvent avoir été aménagées sur des aires de travail antérieures d'où la complexité des interprétations archéologiques.

Les sites de lavage sont suivis généralement d'une aire d'épuration avant rejet dans le milieu naturel, permettant aux eaux boueuses de déposer leur charge. Il peut ainsi y avoir récupération et réutilisation des boues de lavage pour réaliser et aménager les digues nécessaires à la construction des bassins de décantation.

Dès le XVI^e siècle, l'iconographie montre une organisation structurée de l'espace de préparation, alimentée en permanence par un système de réservoirs, de bacs, de canaux...

L'étude d'une aire de préparation mécanique, et des aires de déchets, des circulations aquifères, des structures qui l'accompagnent, révèle les étapes de vie de ces ateliers: installation, fonctionnement, abandon, réutilisation, abandon définitif...

L'orographie, la lecture des paysages, la compréhension du réseau hydrographique doivent contribuer à une interprétation archéologique et chronologique de ces ensembles.

2 Le site de la Montbleuse

2.1 Situation géographique

La commune d'Etreilles-et-La-Montbleuse dans le département de la Haute-Saône, est située à 20 km au Nord/Nord-Ouest de Besançon (25) et à 10 km à l'Est de Gray (70). Le site occupe le versant Nord-Ouest d'un thalweg au lieu-dit le bois de Belle-vaivre ou Bellevesvre, à 1 km du hameau de la Montbleuse (Fig. 1).

Le site couvre sept hectares répartis pour la plupart sur une parcelle boisée. Le vallon sur lequel il est installé se trouve au pied des plateaux de Vesoul dans la dépression de Gray. Cette zone déprimée se rattache à la plaine de la Saône. Les altitudes n'y

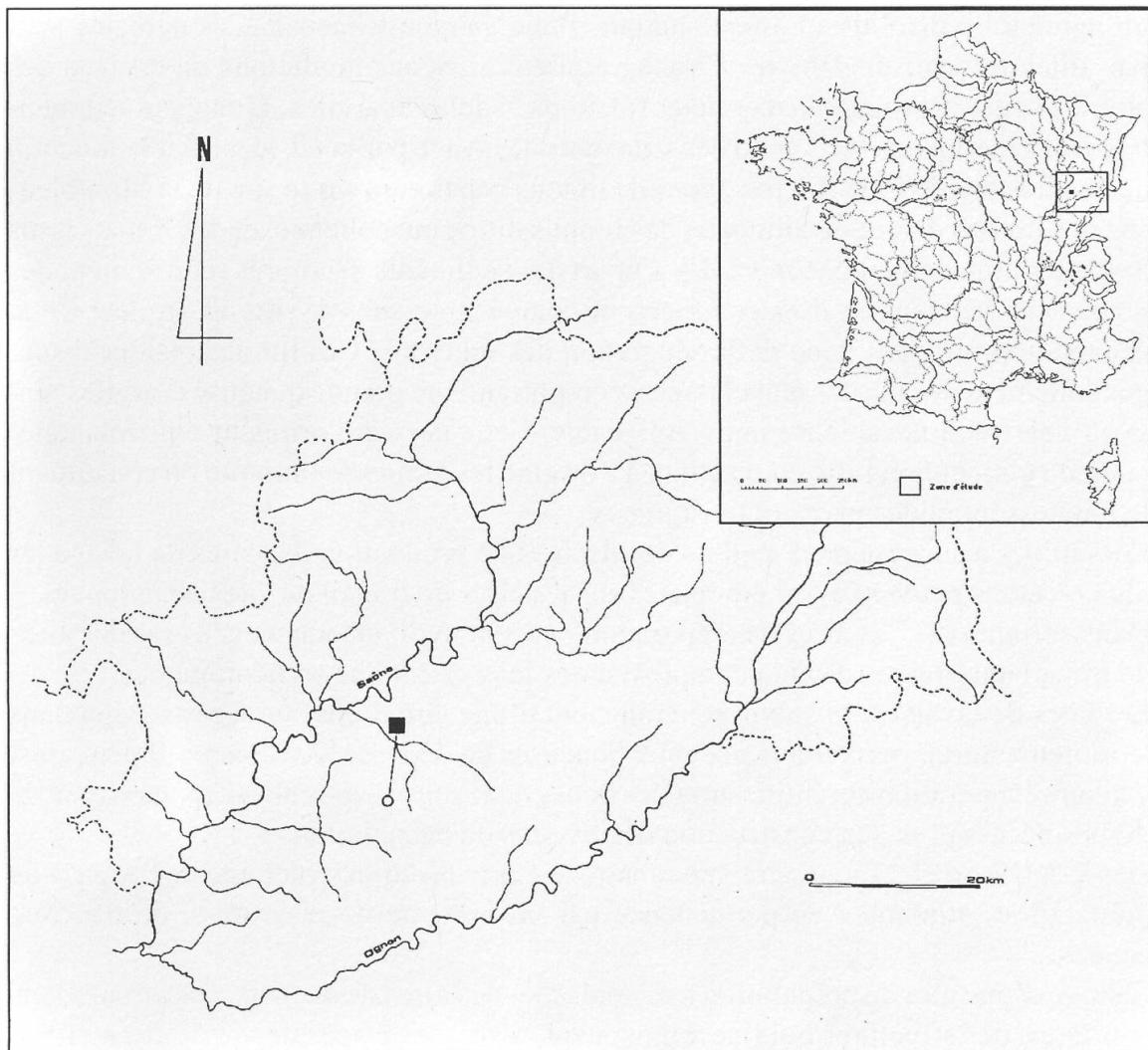


Fig. 1: Localisation du site de La Montbleuse en France

dépassent guère 250 m. et les vallées peu encaissées sont en moyenne dirigées du Sud-Est au Nord-Ouest.

Cette dépression est limitée au Sud-Est par la cuesta médiо-jurassique des plateaux de Gy. Le paysage est caractérisé par un ensemble de buttes et de vallons de faible amplitude.

Le substratum de la région où se situe l'atelier est constitué d'argiles et de sables du Pliocène. Il est couvert par endroit d'un manteau cénozoïque représenté par des dépôts résiduels : limons des plateaux résultant de l'altération des formations tertiaires et de colluvions quaternaires. La notice de la carte géologique au 1/80000ème et 1/50000ème mentionne la présence de gisements de fer pisolithique contenus dans des formations sablo-argileuses et accompagnées de concrétions calcaires : le „*castillot*“.

Cette région du Val de Saône comptait de nombreux sites d'extraction, lavoirs, patouilletts et “*usines à fer*”, formant un ensemble parmi les plus importants de Franche-Comté dès le XVe siècle avec un apogée aux XVIIIe et XIXe siècles.

Autre facteur déterminant de cette implantation : l'hydrologie. La région est pourvue d'un réseau superficiel en grande partie pérenne. Les sources issues des formations perméables crétacées ou tertiaires sont fréquentes et relativement bien alimentées. Celles des argiles limono-argileuses du Plio-Pleistocène ont un débit irrégulier compensé en partie par un maillage serré de circulations aquifères - Sous ce terme nous désignons toute circulation d'eau ayant une origine naturelle (ruisseaux, rivières, sources...) ou humaine (fossés, drains, chenaux...).

Le territoire de la commune rassemble plusieurs ateliers de lavage du minerai de fer dont les traces ont pu être retrouvées sur le terrain et localisées. Les archives départementales de la Haute-Saône détiennent un dossier de demande en concession sur la plupart de ces sites comprenant : une demande d'installation, une étude d'impact, un plan d'établissement type et une série de rapports de visite des ingénieurs des mines (ADHS 300.S.16)

- Une batterie de lavoirs à bras au lieu-dit „Sur la Corvée“ : les traces au sol se composent de plusieurs amas de boues de lavage de 1,50 à 3 mètres de hauteur parfaitement visibles dans le paysage. Ces amas longilignes de plusieurs dizaines de mètres de longueur sont occupés aujourd'hui par des taillis.
- Un lavoir et patouillet à la Fontaine : les vestiges jouxtent l'ancienne fontaine lavoir du hameau. Les amas de boues bordent la rive gauche du ruisseau . En aval, une structure quadrangulaire visible au sol marque l'emplacement du lavoir.
- Une batterie de lavoirs à bras, à eau courante et dormante au lieu-dit "forêt de Bellevaivre ou Bellevesvre". C'est ce dernier site qui fait l'objet d'une étude détaillée...

2.2 Description du site

Le site de la Montbleuse couvre une superficie de sept hectares. Il est établi en sous bois sur la rive droite du ruisseau de Bretenou qui prend sa source en limite de commune. Seule, l'Ouest de la zone III, récemment déboisée, couverte de buissons et de ronces épaisse est en grande partie difficile d'accès; les structures y sont peu visibles. Une partie seulement des vestiges a pu être topographiée. Les structures conservées sont nombreuses et apparaissent de prime abord inorganisées sans permettre une lecture globale de l'ensemble.

Le site de la Montbleuse comprend *trois ensembles* alignés du Nord au Sud sur le versant Nord du thalweg (Fig. 2) :

- *La zone I Nord*

Le premier ensemble se trouve à la cote moyenne + 250 / 245 m. en partie sur un replat. Il comprend une centaine de structures d'extraction réparties en minières, puits et galeries. A l'Est de la zone, en contrebas, et le long d'un thalweg d'axe Nord-Sud, adjacent au ruisseau de Bretenou, un ensemble de dépressions jouxte une circulation d'eau rectiligne. La surface de la zone d'extraction se prolonge dans les bois de Bellevaivre et de Frasne au Nord.

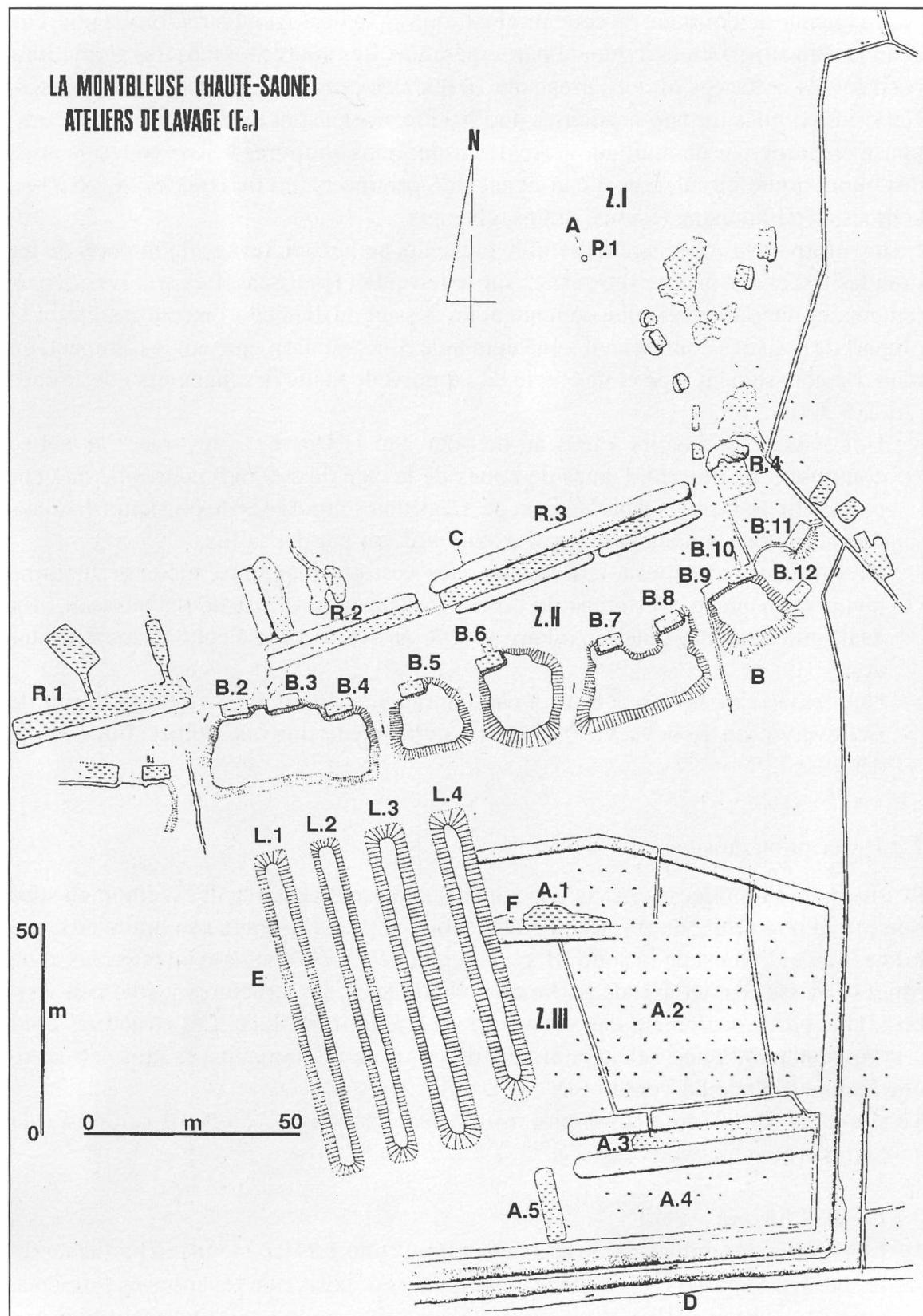


Fig. 2: La Montbleuse, topographie générale du site. Répartition des structures.
 Levés: D. Morin, H. Morin-Hamon, B. Viprey (1996); report graphique: H. Morin-Hamon)

– *La zone II Centrale*

Le second ensemble (Cote + 247 m.) comprend quatre grandes tranchées et quinze structures quadrangulaires alignées. Il occupe un espace de 200 mètres de long sur 60 m de large (du Nord au Sud).

– *La zone III Sud*

Le dernier ensemble se trouve au Sud et occupe un banc de terrain compris entre la zone II et le fond du thalweg occupé par le ruisseau de Bretenou (Cote + 242 m.). Son étendue est de 300 m de long sur 150 m de large et regroupe des levées de terre longilignes, d'orientation Nord-Sud et Est-Ouest. L'espace est occupé par deux tranchées quadrangulaires et par plusieurs circulations aquifères.

2.3 La zone I Nord : extraction diffuse et circuits hydrauliques

La zone d'extraction Ouest

Le site de préparation mécanique est localisé au centre d'une vaste zone d'extraction couvrant une grande partie de la forêt environnante. Les exploitations se composent de tranchées limitées sur versant, de minières de quelques mètres de diamètres et de travaux souterrains par puits et galeries rayonnantes. Ces minières exploitait une couche d'argile sablonneuse de 0,10 m. à 0,20 m. d'épaisseur contenant environ 35% de son volume en pisolithes (Morin 1995, Morin-Rosenthal 1995). Celle-ci gît à une profondeur de 0,50 m. à 5 m., et repose sur une argile sablonneuse rougeâtre. Elle est recouverte par des couches alternatives de sable blanc et rouge fortement imprégnées d'eau. L'extraction se faisait par puits au bas desquels on exploitait dans un rayon de 2 à 3 m au moyen de galeries qu'on élargissait.

Un réseau souterrain encore intact a pu être exploré en partie. Un relevé topographique sommaire présente un maillage orthogonal de galeries reliées entre elles et communiquant à la surface par des puits. Les galeries sont creusées dans la masse à une profondeur de 0,80 m à 1 m. maximum au niveau de l'accès sur versant. Le boisage inexistant a vraisemblablement disparu. Il s'agit à notre connaissance du seul site souterrain d'exploitation connu encore visible et exploitant du minerai pisolithique *en plateaures* c'est-à-dire en couches horizontales ou subhorizontales.

Il est vraisemblable que les galeries s'ouvraient davantage en profondeur. Il est donc difficile d'imaginer dans le détail l'allure des galeries. Les éboulements ont provoqué la rehausse progressive des conduits. Les travaux sont partiellement inondés.

Les galeries souterraines qui s'ouvraient à la base des puits étaient taillées dans la masse argileuse. Le minerai de fer se compose de couches alternantes de sable, de limons et d'argile avec des amas de minerai. La stratification observée est sensiblement horizontale.

Le mode d'exploitation peut paraître identique dans sa morphologie aux systèmes d'extraction utilisés à Mont-les-Etrelles par les Néolithiques pour extraire des bancs de silex. Il s'agit d'une démarche conditionnée par la nature irrégulière du gisement et par le souci de couvrir au maximum la superficie exploitable par un maillage régulier et serré de puits et de galeries.

L'ensemble de fosses Est

Ce sont des structures circulaires de 3 m. de diamètre. Celles-ci longent le flanc gauche du thalweg, et des structures quadrangulaires de longueur comprise entre 4 et 6 m. et de 2 m. de largeur, pour une profondeur de 0,80 m. à 1m. Une grande dépression oblongue de 17 m. de long sur 7 m de large sépare cette zone dépressionnaire occupée par un sol humide.

La circulation aquifère Nord-Est

Un petit thalweg draine les eaux de ruissellement et les fossés provenant du bois de Frasne à l'Est et du bois de Bellevaivre au Nord. Les eaux recueillies circulent dans un petit fossé de 0,80 m. à 1 m. de large et se dirigent vers la zone II.

2.4 La zone II Centrale : réservoirs et bassins de lavage

Les grandes fosses-réservoirs

Quatre grandes fosses quadrangulaires (R1 à R4), d'orientation Ouest/Sud-Ouest - Est/Nord-Est recueillent à la fois les eaux provenant des sources cutanées localisées en pied de versant et les eaux de drainage rassemblées puis dirigées par le biais de rigoles rectilignes provenant des fossés et des bois limitrophes. Deux d'entre elles sont flanquées de tranchées orthogonales destinées à capter les sources proches. Leurs dimensions sont les suivantes : R.1a - Longueur = 12 m /largeur = 6 m ; R.1b - Longueur = 11 m / largeur = 4 m ; R.2a - Longueur = 20 m / largeur = 5 m. Leur profondeur oscille entre 1m. et 1,50 m.

Ces fosses sont creusées à même le sol. Les déblais issus du creusement ont été rejetés directement sur les bords. Le substrat est de type argileux ce qui explique sa relative perméabilité. Visitées en été, les fosses sont asséchées en partie, mais conservent une humidité relative sur le fond. L'eau percolé de manière lente dans le sous sol. Les fosses n'ont pas de liens apparents entre elles. Les structures R2 et R3 sont reliées par un chenal étroit aujourd'hui comblé dont la trace est encore visible au sol. A l'Est, deux chenaux se recoupent à l'extrémité du complexe des grandes fosses.

Les structures quadrangulaires

Ces structures sont au nombre de 12 (B1 à B12). Elles sont disposées à intervalle plus ou moins régulier suivant un axe Ouest/Nord-Ouest - Est/Nord-Est sensiblement identique à celui des fosses. Toutes sont accolées à des plates-formes surélevées dont l'épaisseur varie entre 1 m. et 2,50 m. Ces amas sont au nombre de sept et correspondent à une structure isolée ou à un groupe de deux, voire trois structures en batteries.

Les sept ensembles sont séparés par des couloirs occupés par des chenaux dont les traces sont difficiles à observer. Certaines sont directement reliées aux grandes fosses par des chenaux dont les traces sont encore visibles au sol : B1 avec R1 ; B2, B3 et B4 avec R2 ; B9, B10 et B11 avec R4.

Ces structures présentent une disposition régulière dans l'espace et une orientation sensiblement similaire. Chaque fosse est constituée d'un bassin de forme rectangu-

laire accolée à une structure carrée sur le côté Nord. La plupart du temps cette dernière structure est soit comblée, soit fortement dégradée. A l'exception de B12, tous les bassins sont encore alimentés en eau.

2.5 La zone III Sud : stockage des résidus et épuration des eaux

Le complexe de stockage des résidus et d'épuration.

Le dernier ensemble n'a pu être exploré en totalité. La partie Ouest étant occupée par une végétation très dense.

Deux ensembles distincts caractérisent cet espace:

- A l'Ouest, quatre amas de 62 à 74 m. de longueur et 8 m de large, L1, L2, L3, L4, délimitent trois zones dépressionnaires longilignes de 6,50 m de large.
- A l'Est, un espace délimité par une levée de terre et compartimenté, est limité au Sud par le ruisseau de Bretenou, à l'Ouest par la levée L4 et à l'Est par un chenal d'axe Nord-Sud.

La zone III est occupée dans sa partie Nord par une levée de terre A1 d'axe Est-Ouest de 37 m. de long accolée à la structure L4 et délimitant un espace A1 occupé en partie par une laisse d'eau pérenne.

L'espace central A2 est limité au Sud par un bassin de 45 m. de long sur 4 m. de large et 0,80 à 1,50 m. de profondeur, alimenté par deux chenaux dont l'un provient du drainage de l'aire A1 et l'autre directement de la fosse B9.

Toute la zone III est constituée par une zone humide. Sa limite Sud est constituée de deux levées de terre parallèles la séparant du ruisseau. Deux chenaux occupent l'espace compris entre ces deux levées. La levée interne, large de 5 m., est longée par un chenal de 2 m. de large directement issu de la fosse A3. Entre la levée externe, large de 3,50 m., et la levée interne, un autre chenal de 1 m. de large constitue le prolongement du chenal principal d'axe Nord-Sud.

Une fosse de 17 m. de long sur 4 m. de large et 1m. de profondeur est située dans l'alignement de L4 contre la levée interne.

2.6 Interprétation archéologique : les principales structures

Les réservoirs

Les traits caractéristiques des structures de type R, sont les suivants.

Il s'agit de fosses rectilignes, de largeur constante et de profondeur égale au tiers de la largeur. Les déblais sont rejetés sur les bords de chaque fosse. Les parois sont verticales. Ces bassins sont alimentés en permanence sur leur flanc Nord par un système de captage de sources accompagné de fosses orthogonales de moindre superficie. Ces fosses permettaient de recueillir les eaux de sources et des eaux de drainage. Les rigoles qui flanquent certaines de ces fosses ont pour but de faciliter l'apport en eau et de multiplier les possibilités d'approvisionnement. L'alignement des quatre bassins constitue la limite Sud d'un versant occupé par l'aire d'extraction. Les fosses contribuent à bloquer et à collecter toutes les eaux du versant issues du Nord : elles ont la même fonction qu'un barrage-réservoir.

La grande tranchée bénéficie quant à elle de l'alimentation continue de la collecte des eaux de drainage provenant du Nord et du Sud Est. Le raccordement fonctionnel entre les différents flux et le bassin R3 ne sont pas évidents. En période de crue la circulation d'eau est nettement visible (Fig. 3 et 4). C'est ainsi qu'il existe une communication entre les bassins R2 et R3 de même qu'avec la structure R4. On peut donc mettre en évidence trois ensembles de bassins autonomes.

La fosse R1 est de ce point de vue alimentée en permanence été comme hiver par deux drains : R1a et R1b. La fosse R2 est alimentée par R2a et des sources diffuses attenantes. R3 alimenté indirectement par les drains Nord et Sud et par une série de sources et prises d'eau diffuses issues de la zone I. Enfin, R4 apparaît comme une exception dans le système. Sa position centrale à la confluence des flux Nord et Sud lui confère une fonction maîtresse dans la collecte générale des flux d'Est. Sa relation avec le bassin R3 est prouvée.



Fig. 3: La Montbleuse, Zone II - R.3 - Grand réservoir. Vue du Nord-Est en période d'étiage.



Fig. 4: La Montbleuse, Zone II - R.3 - Grand réservoir. Vue du Nord-Est en période de hautes eaux.

Les bacs de lavage

Les structures B1 à B12 présentent une unité morphologique sensiblement identique. Toutefois, la relation entre les bassins de type R et les bacs n'est pas prouvée matériellement, en particulier pour l'ensemble des structures B4 à B8 (Fig. 5). En réalité, l'espace compris entre les grands bassins et les bacs s'élargit au centre de la zone II. Cet élargissement qui concentre l'espace de lavage sur un replat sensiblement horizontal, correspond à l'utilisation de l'espace suivant les courbes de niveau.

Une échancrure pratiquée au milieu de la ligne des déblais du flanc sud de R3 permet peut-être d'envisager l'emplacement d'un drain artificiel voire d'un système d'adduction en bois. Ce système a déjà été reconnu dans des fouilles d'installation de lavage (Morin et Alii 1992).

Autre remarque : les bacs sont pratiquement isolés les uns des autres, à l'exception des bacs B9-B10 et B11 reliés entre eux par un chenal encore actif (Fig. 6). A cet endroit les eaux transitent dans les bacs pour s'évacuer directement vers le Sud par un chenal relié au bac B.9. Ce chenal se dirige vers la zone III qu'il continue de traverser.



Fig. 5: La Montbleuse, Zone II - Bac B.8. Vue de l'Ouest en période de hautes eaux.

L'appendice latéral est parfaitement visible sur le côté Nord.



Fig. 6: La Montbleuse, Zone II - Circulation hydraulique. Canal d'alimentation du bac B.11. Vue du Sud-Est en période de hautes eaux.

2.7 L'hydraulique et la dynamique du site

La collecte et le stockage de l'eau paraissent s'organiser autour d'une distribution raisonnée de l'eau en direction de plusieurs ensembles de bacs ou ateliers dont la fonction de lavage et débourbage du minerai est évidente (Fig. 7). Plusieurs faits accréditent cette hypothèse:

- La présence de nombreux pisolithes fragmentés à proximité immédiate des bacs en particulier dans la zone comprise entre les réservoirs et les bacs d'une part, entre chacun des bacs de l'autre.
- La présence d'amas de sédiments allochtones de type sableux et limono-argileux jouxtant les bacs. Ces sédiments correspondent aux éléments résiduels issus de la séparation et du lavage des pisolithes.
- La fonction des bacs appelle de notre part un commentaire. S'agit-il de réservoirs à eau dormante associés à une auge de lavage en bois ou s'agit-il des vestiges de l'emplacement des lavoirs eux-mêmes (dont la structure en bois aurait disparue) ? L'appendice latéral accolé à chaque bac peut correspondre au vestige laissé par l'empreinte d'un conduit intermédiaire entre l'aire de lavage en planche et son bac. Cette hypothèse envisage deux cas de figure en phase terminale :
- Le comblement partiel des bacs de décantation après abandon ce qui suppose une installation de lavage en planches précédant chaque bac.
- Le comblement total des bacs dont les vestiges seraient actuellement recouverts par les amas de boues. Dans ce cas, les structures quadrangulaires correspondraient donc aux lavoirs proprement dits.

Tout à fait à l'Est, un chenal d'axe Nord-Sud se raccorde au drain d'alimentation provenant du Sud-Est. Selon toute hypothèse, sa fonction pourrait correspondre à celle d'un exutoire de crue permettant d'évacuer le trop plein du volume d'eau distribué. Cette fonction a pour effet de compléter avec ingéniosité le système en jouant sur le débit et la régulation des flux nécessaires à l'alimentation générale des ateliers. Ce chenal ne s'évacue pas directement dans le ruisseau du Bretenou. Il est d'abord canalisé parallèlement au cours d'eau avant de s'y jeter, en aval à la hauteur du hameau de la Montbleuse.

La zone III apparaît peut-être comme la plus difficile à interpréter. Il s'agit d'une aire fermée, délimitée par un cordon de déblais réguliers et rectilignes, compartimentée à l'intérieur. Ce bassin artificiel est parfaitement étanche et sans aucune relation directe avec le ruisseau qui le borde, dont il est séparé par un double système de digues composé de simples levées de terre. Directement lié aux opérations de lavage, ce large espace compartimenté assurait la décantation des boues résiduelles avant rejet dans le milieu naturel.

Comment s'effectue la circulation des flux à l'intérieur de ce bassin ? Les eaux provenant de la zone II sont dirigées directement par gravité à l'intérieur de la zone III voire canalisées comme dans la partie Est. Les traces de canalisations au centre sont moins évidentes. Elles sont néanmoins attestées par la présence de laisses d'eau en contrebas et en limite de la levée de terre septentrionale. Les eaux sont ensuite diri-

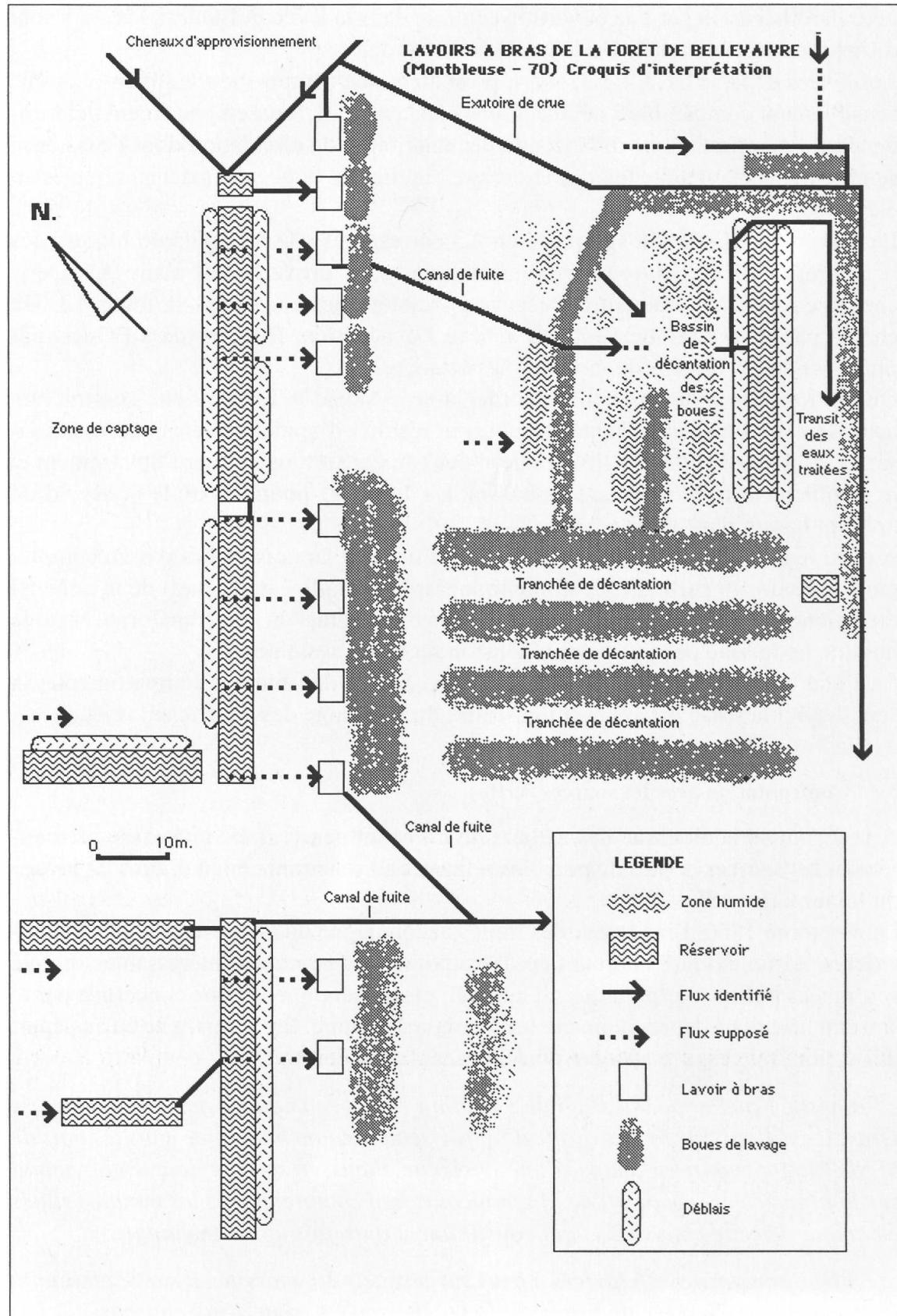


Fig. 7: La Montbleuse. L'hydraulique et la dynamique du site. (Croquis d'interprétation, H. Morin-Hamon).

gées dans le bassin par une ouverture centrale dans la levée. A l'Ouest, les eaux sont dirigées directement dans l'espace de décantation.

Les levées de terre L1, L2, L3, et L4, présentent une composition sédimentologique sensiblement comparable à celle des amas de la zone II. Leur emplacement détermine quatre compartiments distincts de décantation et de circulation dont l'existence semble avoir été maintenue par le curage régulier de boues compactes, rejetées en élévation.

La présence d'un bassin surcreusé en A3 correspond à la nécessité de bloquer les boues résiduaires et surtout de concentrer les eaux provenant de l'aire A2. Deux chenaux parallèles drainent cet espace et rejettent les eaux dans la fosse A3. Un chenal parallèle à la digue interne achève l'évacuation. Il est bordé à l'Ouest par plusieurs autres bassins de moindre importance.

Quelle fonction pouvons-nous accorder à ce système ? Telle qu'elle se structure actuellement, l'aire de décantation pourrait résulter d'aménagements successifs visant sans doute à fluidifier l'évacuation des eaux et surtout à éviter l'envasement et le comblement trop important du bassin. La digue A1 pourrait être le vestige d'un premier bassin plus réduit.

A ce niveau d'interprétation, les hypothèses doivent être confirmés par un complément d'étude, en particulier par une topographie détaillée de l'Ouest de la zone III difficilement pénétrable pour l'instant. Le paysage actuel du site, transformé en zone humide ne facilite pas une compréhension réelle du système.

En l'état, la zone III apparaît comme un bassin de décantation compartimenté au sein duquel la fosse A3 assurait l'essentiel du recyclage des eaux avant rejet.

3 Confrontation avec les sources écrites

A la vision archéologique des ateliers de La Montbleuse, il est intéressant de confronter les sources écrites disponibles relatives au fonctionnement d'aires de lavage du minerai (Fig. 8).

Le 3 octobre 1856, l'ingénieur des mines accompagné du Garde-mines de Gray visitèrent le site et en donnèrent une description. Les mentions intéressantes ont été soulignées pour l'interprétation. Il apparaît clairement que la zone concernée par le site était une zone dépressionnaire utilisée comme étang. Il y aurait donc eu au départ utilisation d'un espace adéquat pour la décantation des boues.

„J'ai visité l'atelier dont il s'agit le 3 octobre 1856 accompagné du Garde-mines de Gray. Il est établi sur la rive droite d'un ruisseau prenant naissance dans les bois de M. de Magnoncourt en amont d'une ancienne chaussée servant de chemin vicinal sur la propriété même de M. de Magnoncourt, qui comprend tous les terrains situés en amont de cette chaussée et qui constituaient autrefois un vaste étang(...).“

„(...) Il se compose de 16 lavoirs à bras sur lesquels 10, marqués B sur le plan joint au présent avis, sont à eau dormante ; et 6, marqués A sont à eau courante.

Ces lavoirs sont alimentés par l'eau existant dans deux réservoirs CDE, FG dans lesquels se rendent les eaux pluviales, les eaux de quelques sources situées en amont,

et comme complément une parties des eaux du petit ruisseau qui traverse la propriété et prend naissance dans la forêt (...).

Le nombre des lavoirs indiqué ne correspond pas à celui retrouvé sur le terrain. Néanmoins la similitude est grande avec la disposition structurale marquée sur le plan joint en annexe. La distinction entre deux types de lavoirs suggère une organisation fonctionnelle : il y aurait une première étape de décantation correspondant aux la-

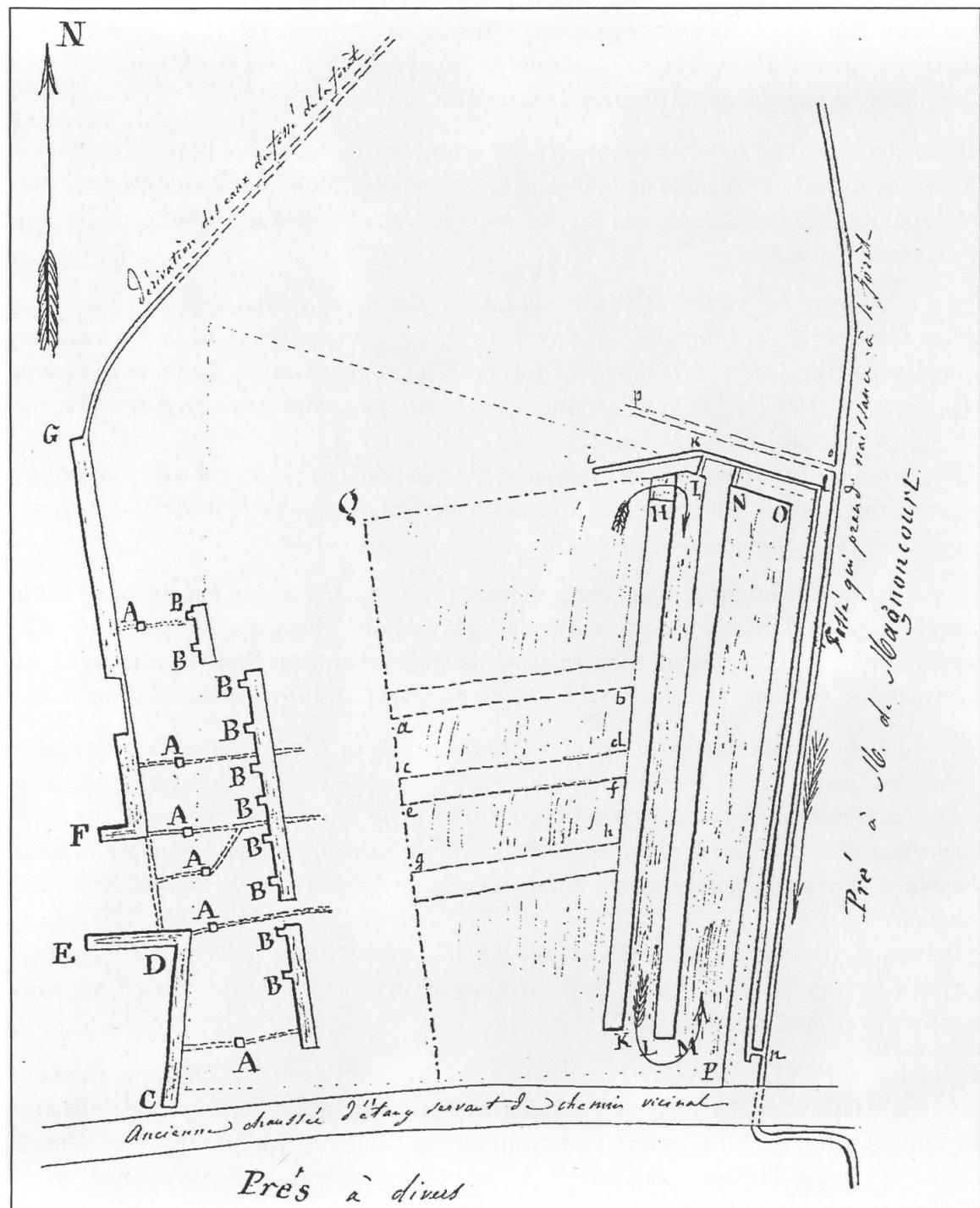


Fig. 8: La Montbleuse : Croquis de l'ingénieur des Mines - ADHS. 300. S. 16.

voirs dit „à eau dormante“ et une étape active liée au lavage et à l'égrappage du minerai au râble. A moins qu'il ne s'agisse là d'une distinction entre deux types de lavoirs à usage sélectif suivant le type de minerai.

En tout état de cause, l'alimentation des lavoirs est bien assurée par des réservoirs alimentées à la fois par les eaux de pluie et les eaux de drainage.

„(...) Les eaux boueuses provenant du lavage dans les lavoirs B sont amenées dans deux bassins contigus et creusés dans le sol qui n'ont aucune communication avec le ruisseau. Lorsque le niveau de la boue est à 0,20 en contre bas de la surface de l'eau dans ces bassins, ils sont curés à vif fond et boues sont déposées sur le bord entre les bassins et la portion de la propriété voisine du ruisseau (...).“

De ces bassins il ne subsiste aucune trace... sinon que les bacs sont tous accolés à une importante halde de résidus de boues de lavage en élévation. Il y a peut-être eu complément total de ces bassins à la fin de l'exploitation et utilisation de la zone III pour évacuer les boues.

„(...) Les eaux boueuses provenant du lavage dans les lavoirs A étaient conduites primitivement dans d'anciens bassins a b c d , e f g h, creusés dans le sol, comblés actuellement et dont il reste quelques traces. Elles sont conduites présentement dans deux bassins HIKL et MNOP voisins du ruisseau et entourés de digues élevées et larges en couronnement de 3m,50.

La portion de la propriété dans laquelle se trouvent les lavoirs est assez en contre haut du fond de la vallée pour que les eaux boueuses atteignant le sommet des digues ne s'étendent pas jusqu'au bassin g'(...).“

Le problème des lavoirs à eau courante reste posé. Nous n'avons pas retrouvé sur le terrain la trace de ces bacs qui pouvaient être de bois, disposés à même le sol. Les vestiges de canalisations ou d'empellements seraient enfouis dans la vase voire inexistantes.

„(...) Le chemin vicinal est assez élevé au dessus de la propriété pour servir également de digue à l'aval. Enfin à l'amont une digue a été établie séparant les bassins de la portion supérieure de la propriété. Il résulte du relief de la propriété que toute la portion marquée par les limites QOPR peut être regardée comme formant un vaste bassin d'épuration traversé par plusieurs digues le divisant pour ainsi dire en 6 portions.

Le dernier bassin est entouré d'un fossé i, k, l, m ayant près d'un mètre de largeur et destiné à recevoir les suintements à travers les digues. Ce fossé est distant du ruisseau de près de 2 mètres (...).“

Des bassins HIKL et MNOP il ne subsiste que quelques vestiges. La disposition des anciens bassins abcd et efgh, et des digues qui les délimitent est quant à elle très différente selon qu'on se réfère au terrain ou aux archives. En réalité, si les dimensions du croquis diffèrent, le schéma général et la disposition des différentes zones fonctionnelles sont effectivement comparables.

„(...) Dans l'état normal et d'après les renseignements recueillis sur les lieux, une communication existe en N entre les bassins et le fossé extérieur et en outre une deuxième communication (r) entre le fossé et le ruisseau de telle sorte que ce fossé était devenu un véritable bassin de dernière épuration dont les eaux par un déversoir étroit se jetaient dans le ruisseau (...).“ Ces deux communications „N“ et „r“ sont encore visibles sur le terrain.

Lors de la visite une troisième communication I avait été creusée entre ce fossé et le bassin HIKL. Dans le but de vider les eaux très claires existant dans ce bassin et de pêcher le poisson qui s'y trouvait. En outre on était en train de creuser un deuxième fossé PO en amont du premier fossé et d'établir un digue destinée à empêcher les grandes eaux de l'amont d'entrer dans le fossé ikl. La surface ainsi occupée pour l'épuration des eaux boueuses peut être approximativement portée à 140 ares. Il résulte de la visite des lieux;

- 1° que les eaux de lavage étaient prises, même pour les lavoirs à eau dormante, en partie dans le ruisseau ;*
- 2° que celles qui avaient servi au lavage à eau dormante étaient employées constamment sans retourner au ruisseau ;*
- 3° que celles qui servaient au lavage à eau courante se rendaient dans les bassins en relief ayant une communication avec le ruisseau (...). (ADHS - 300-S-16).*

Dans un croquis cité en annexe de l'avis de l'ingénieur des mines en août 1856, la structuration offre des similitudes intéressantes avec la topographie réalisée. Les trois zones sont nettement définies : réservoirs, lavoirs à bras en batterie, bassins de décantation. Pourtant des interrogations subsistent.

- Le plan de 1856 présente une orientation géographique discutable.
- l'emplacement des bacs A et B pose de nouvelles questions quant à la présence de lavoirs dits „à eau dormante“ et „à eau courante“, et leur liaison avec les circulations hydrauliques existantes.

Ainsi, les bacs de la zone II sont-ils rattachés aux installations dite „à eau dormante“ ou „à eau courante“ ? Quelle signification pouvons-nous apporter aux différences portées sur le plan ?

- En période d'étiage, la quasi totalité des chenaux et réservoirs est asséchée. Est-ce-que l'activité du site était restreinte en période hivernale ? ou bien est-ce que les conditions du régime hydraulique ont changé ?
Que conclure ?

Malgré les imperfections du croquis (orientation générale erronée en particulier), les similitudes sont bien réelles. Le site indiqué correspond bien à celui que nous avons retrouvé sur le terrain.

Dans un plan de demande en concession de patouillet à La Grande Résie (70) (ADHS - 300-S-30), on peut retrouver une telle disposition générale dans l'organisation et la dynamique du système de décantation. Les levées de terre internes se conjuguent pour contraindre les flux à cheminer le plus longuement possible avant de pouvoir être rejetés dans le milieu naturel.

Le lieu-dit le plus couramment utilisé pour désigner le site est „*sur l'étang*“ ou encore „*L'étang du Seigneur*“. Cette dénomination corrobore les observations de terrain. L'ensemble de la zone III est constituée par une vaste zone humide correspondant à l'extension des bacs de rétention et d'épuration des eaux de lavage. Aujourd'hui ces excavations sont pratiquement toutes comblées. Ne subsistent que certaines digues. Des recherches récentes menées sur les anciens cadastres (Cadastre napoléonien de 1858) font apparaître la trace d'un patouillet à cheval (Hélène Morin-Hamon 1997). Cette implantation n'explique cependant pas l'étendue des vestiges.

Les documents, sources écrites, relatifs à la préparation des minerais sont divers. Antérieurement au XIXème siècle, on trouve généralement des actes notariés, actes d'amodiation voire des pièces de justice relatant un litige lié à l'activité sidérurgique. Les traités d'amodiation fournissent des indications précieuses sur la chronologie de l'établissement et sur ses prérogatives. Les inventaires testamentaires constituent également une source intéressante de documentation. L'autorisation d'extraire et de préparer le minerai prenait souvent la forme d'actes notariés occasionnels et ponctuels.

Au XIXème siècle, avec la généralisation des actes de concession et l'application de la loi de 1810 sur l'activité minière, la législation sera plus exigeante sur l'enregistrement des données. D'authentiques études d'impact seront constitués autour de chaque projet d'installation de lavoirs. Les fonds étudiés concernent essentiellement des réalisations du XIXème siècle et rarement antérieures.

Sur le terrain ces installations étaient provisoires, éphémères et surtout évolutives suivant les matériaux à traiter et le devenir des déchets.

Les sources modernes fournissent des informations complémentaires sur la répartition des ateliers et sur les nombreux procès que se livrèrent collectivités, particuliers et maîtres de forges concernant le lavage des terres à mines et ses conséquences sur l'environnement. A l'aube de la Révolution et durant celle-ci, les cahiers de doléances fourmillent de réactions à l'encontre du lavage. Ces témoignages apportent des renseignements précis sur l'extension de cette activité.

Ils n'expliquent cependant pas l'essentiel et, bien souvent, leur confrontation avec le terrain complexifie davantage l'interprétation qu'elle ne la résout.

Malgré l'état de conservation du site il semble bien que nous ayons affaire à une occupation polyphasée d'où la difficulté d'interprétation actuelle des vestiges existants. Les sources manuscrites relevées aux archives de la Haute-Saône mentionnent bien des lavoirs à minerai dans la région dès le début du XVIIème siècle. En réalité, l'extraction du minerai pisolithique dans cette zone serait beaucoup plus ancienne. Elle est attestée dès le 14e siècle dans les archives.

Ainsi, en 1327, Guillaume d'Arguel possédait les bois de „Bellevesvre“, près de Frétigney, dans lesquels se trouvaient des mines inexploitées. Il permit aux moines d'en faire extraire le minerai. Il leur accorda de plus la faculté de *cuire* le charbon de cette forêt. Les minières de Frétigney, proches de quelques kilomètres exploitaient un minerai pisolithique contenu dans les remplissages karstiques et localisé sur le revers de la

cuesta limitrophe et certainement dans les zones d'affleurement plio-pleistocène de la dépression proche.

Le plus ancien fourneau, établi en Franche-Comté, serait celui de la Romaine (commune de Pont-de-Planches - 70), bâti au XIV^e siècle par l'abbaye de la Charité. On peut en conclure qu'on devait trouver, à cette époque, non loin de ce village, des gîtes abondants de minerai.

Les sources récentes apportent des renseignements majeurs sur l'existence d'ateliers de lavage à la Montbleuse au XIX^e siècle.

Une ordonnance royale du 29 juillet 1829 autorisa M. de Magnoncourt à „faire rouler“ six lavoirs à bras sur le territoire de la Montbleuse dans la commune d'Etreilles, à certaines conditions relatives à l'épuration des eaux boueuses. Cet atelier de lavage fut amodié par MM. Vautherin exploitant du haut fourneau de Saint-Loup-les-Gray et Dufournel et de Tricornot exploitants des hauts fourneaux de Beaujeu, Montureux, Renaucourt, Vauconcourt (Haute-Saône) et Farincourt (Haute-Marne).

Les conditions d'épuration n'ayant pas été remplies par les exploitants, un procès-verbal fut dressé contre eux sur les instances du maire de la Commune. Acquittés au tribunal correctionnel de Gray, ils furent condamnés en appel au tribunal de Besançon à suspendre le lavage jusqu'à ce que l'autorité administrative ait rendu son jugement.

Le bail expirant, les exploitants sollicitèrent la permission de faire servir provisoirement et dans leur état actuel les lavoirs au lavage des *mines en terre* qu'ils avaient extraites sur les propriétés de M. de Magnoncourt.

La dynamique de l'atelier de La Montbleuse comprend, conformément aux infrastructures décrites dans de nombreux textes, un complexe d'ateliers alimenté par de grands bassins réservoirs et une infrastructure de décantation suffisamment importante en superficie pour traiter les fines et épurer les eaux en continu. Le gabarit des bacs et leur distribution implique une organisation parfaitement structurée du travail autour d'un ensemble d'ateliers. Le grand bassin de décantation révèle un cloisonnement soigneusement étudié pour la gestion des boues et des eaux. Le maillage des chenaux encore existant, leur disposition : canal d'aménée, exutoire de crue, canal de fuite... montre le soin particulier apporté dans l'aménagement des installations hydrauliques. Au regard de la dimension de ces installations il semble que ces ateliers traitaient aussi les minerais de concessions environnantes. Les vestiges permettent néanmoins d'appréhender en totalité le processus de préparation du minerai pisolithique.

Conclusion

La préparation mécanique des minerais de fer a laissé des traces indéniables dans le paysage. Marqueurs essentiels des sites de minéralurgie : les dépôts de lavage ou de concassage sont encore visibles surtout dans les zones boisées. Ils apparaissent en épandages qui peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres d'extension. Les installations se situent le long des cours d'eau, sur le versant des thalwegs, à proximité des zones d'extraction et de production. L'eau était utilisée comme instrument de lavage et source d'énergie.

La découverte récente et totalement inédite de sites de préparation mécanique comme celui de la Montbleuse ouvre des perspectives nouvelles dans la compréhension des processus intermédiaires entre les deux pôles de la chaîne opératoire en métallurgie.

Elle permet désormais de mieux comprendre certaines structures en élévation, fosses ou grandes tranchées, non interprétées jusqu'ici.

Autour de la Montbleuse, dans la plaine de Gray, les vestiges minéralurgiques s'étendent le long de nombreux cours d'eau dans une région riche en vestiges miniers.

Ces installations devraient fournir de précieuses indications sur l'organisation fonctionnelle de ces ateliers et leur interaction avec le milieu et en particulier le réseau hydrographique.

Les techniques de préparation mécanique sont difficilement abordables à travers les sources écrites (plans de concession ou relevés de comptes). Les textes abordent rarement les aspects techniques, en particulier la gestion de l'eau et les techniques gestuelles.

Seuls les rapports d'ingénieur des Mines, dans leurs comptes-rendus de visite ou d'expertise permettent une approche fragmentaire et évolutive de ces techniques, encore ne s'agit-il que de descriptifs ou d'inventaires. Ces documents sont rares voire totalement absents avant le XIXe siècle. En l'état actuel des recherches, ce savoir-faire est attesté à la fin du XVe siècle pour le minerai d'altération.

De par la qualité de conservation de ses vestiges et la diversité de ses structures, le complexe de la Montbleuse apparaît comme un site modèle. Des découvertes récentes effectuées à l'Ouest du département de la Haute-Saône tendent à compléter les connaissances acquises (Hélène Morin-Hamon 1997 *travaux universitaires en cours*). La conduite de fouilles archéologiques permettrait d'affiner la chronologie de ces sites et d'étudier avec précision les structures de lavage, leur fonction et leur dynamique.

Sources

ADHS 300 S16 : Archives Départementales de la Haute-Saône Lavoirs et patouilletts. - 1826-1859
Etrellles. Avis de l'Ingénieur ordinaire des Mines ; sur une demande en permission de mettre en activité des lavoirs à bras de la Montbleuse présentée le 4 août 1856, par MM. Vautherin, Dufournel et de Tricornot.

ANF 14 F 4548 : Archives Nationales (Paris)

ADHS 300 S 30 : Archives Départementales de la Haute-Saône

Bibliographie

Belhoste 1994 : BELHOSTE (J.F.), CLAERR-ROUSSEL (Ch.), LASSUS (F.), PHILIPPE (M.), VION-DELPHIN (F.). - La métallurgie comtoise XVe - XIXe siècles. Etude du Val de Saône. *Cahiers du Patrimoine*, 413 p.

Haton 1885 : HATON DE LA GOUPILLIERE . - Cours d'exploitation des mines, tome second, *Paris, Dunod Ed.*, 1885, p. 675-676.

Monnet 1773 : MONNET (A. - G.). - Traité particulier sur la préparation et le lavage des mines, *Paris, Ed. Didot.*

Morin, Py 1995a : MORIN (D.), et PY (M.) - Les techniques minières en Franche-Comté de l'époque moderne au XIXe siècle. *Eclats d'histoire. 25 000 ans d'héritages, 10 ans d'archéologie en Franche-Comté. Edit. Cêtre, Besançon. De la matière à l'objet, la matière en fusion : le métal.* p. 56-60.

Morin 1995b : MORIN (D.) - Dynamique et évolution des système d'extraction du mineraï de fer sédimentaire du XVIIe au XIXe siècle. L'exemple des plateaux de Saône et du Jura septentrional. *Paléométallurgie du fer et Cultures, Actes du Symposium international du Comité pour la sidérurgie ancienne et de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques. Belfort- Sevenans, 1-2-3 novembre 1990, Institut Polytechnique de Sevenans*, p. 429 - 452. Ed. Vulcain, 1995.

Morin dir. et alii 1994 : MORIN (D.), MORIN-HAMON (H.), PARIETTI (JJ.), PY (M.), ROSENTHAL (P.) - Les mines polymétalliques et de fer sédimentaire de Franche-Comté. Document Final de Synthèse. (D.F.S.) Service Régional de l'Archéologie de Franche-Comté. Opération de prospection thématique des sites extractifs de Franche-Comté : mines polymétalliques et mines de fer. Conseil Supérieur de la Recherche Archéologique (CSRA) et du CNRS. *Opération triennale. "Programme "Mines et Métallurgie dans la France de l'Est de l'Antiquité à l'Epoque Moderne - Programme H.03 Mines .. DFS - Document final de synthèse, 300p. 3 volumes.*

Morin 1993 : MORIN (D.). - Les systèmes d'exploitation du mineraï de fer sédimentaire en Franche Comté (XVIe au XIXe siècle). Archéologie, Typologie et Dynamique des systèmes. U.F.R. des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société ; *Thèse de Doctorat de l'Université de Franche-Comté.* (Direction de M. Mangin). 4 tomes - 6 volumes, 1600 p. 73 planches photos, 291 fig. tableaux et cartes.

Morin-Hamon 1997 (travaux universitaires en cours à paraître) : MORIN-HAMON (H.) - Inventaire diachronique des sites de lavage du mineraï de fer sédimentaire d'altération en Haute-Saône. Contribution à la connaissance des sites de préparation mécanique des minerais de fer d'altération (ou minerais pisolithiques) Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.). *Méthodologies et Techniques nouvelles en Sciences de l'Homme. Université de Franche-Comté, U.F.R. des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société, Section Histoire de l'Art et Archéologie.*

Morin-Hamon 1996a : MORIN-HAMON (H.) - Les techniques de préparation mécanique du minerai de fer sédimentaire : Les ateliers de Béthoncourt (Doubs), Onans (Doubs) et la Montbleuse (Haute-Saône). 49 p. photos et plans. Catalogue Inventaire 32 p. DFS - Document final de synthèse, *Service Régional de l'Archéologie de Franche-Comté. Opération de Prospection Inventaire. „Mines et Minières de Franche Comté de l'Antiquité à l'Epoque Moderne”*.

Morin-Hamon 1996b : MORIN - HAMON (H.). - Les techniques de préparation mécanique du minerai de fer sédimentaire Les ateliers de Béthoncourt (Doubs), Onans (Doubs) et la Montbleuse (Haute-Saône). Mémoire de Maîtrise. *Université de Franche-Comté, U.F.R. des Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société, Section Histoire de l'Art et Archéologie. Mémoire présenté sous la direction de M. le professeur Alain DAUBIGNEY. Université de Franche-Comté*, 111 p., 63 fig. et plans en annexe.

Morin-Hamon 1996c : MORIN - HAMON (H.). - La préparation des minerais de fer d'altération. Le patouillet, une machine hydraulique à débourber. *Pierres et Terres n°36 - juin 1996*, p. 85-97.

Raisouni 1995 : RAISOUNI (B.). — Le département du Jura et les régions voisines : contribution à la carte archéologique des mines et de la métallurgie du fer dans l'Antiquité : *thèse de III^e cycle ss la dir. de M. MANGIN, Université de Franche-Comté, Besançon*.

Rosenthal 1990 : ROSENTHAL (P.) - Les ressources minières de la Franche-Comté : minerais métalliques. JACOB J.P. et MANGIN M. dir. (1990). - De la mine à la forge en Franche Comté des origines au XIX^e siècle, approche archéologique et historique, *Annales Littéraires de l'Université de Besançon n° 410, série Archéologie n° 37). Les Belles lettres, Paris*, pp. 13-48.

Thirria 1833 : THIRRIA (E.).- Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône, *Outhenin Chalandre édit, Besançon*, 453 p.

Adresse de l'auteur:

Hélène Morin-Hamon
637 rue de la Prairie
F-70110 Villersexel
France