

Im engeren Sinn kann der Gebrauch eines bestimmten Holzes von den Inhaltsstoffen des Holzes bzw. der Holzkohle her Auswirkungen auf Prozesse gehabt haben. Hier ist noch ein weites Feld zur Erforschung offen. Ein Ansatzpunkt in dieser Richtung wäre z. B. die Frage der Verwendung von Erlenholz in der vor- und frühgeschichtlichen Kupferverhüttung⁸, also die Frage, ob und warum Erlenholz gerade hierfür ausgewählt wurde. Diesen Punkt zu beachten und aus entsprechenden Fundkomplexen Holzkohle zur Untersuchung zu entnehmen, ist ein Anliegen an diejenigen, die sich mit Kupferfundkomplexen befassen.

Die geregelte oder unregelmäßige Waldnutzung gibt Auskünfte über das Stadium einer Hütte; d. h. die Schlagzeit des Holzes, seine Zusammensetzung und Qualität erlauben Hinweise auf Stadien der Prospektion, des regulären Betriebes und der möglichen Krisen. Die wirtschaftliche Bedeutung wird durch das Ausmaß der Verkohlungsgrade deutlich.

Möglichkeiten und Ziele weiterer Holzkohleuntersuchungen

Da die Untersuchungen nur in Gebieten mit Holzverkohlungsgraden möglich sind, ergeben sich die Grenzen der Holzkohleanalyse zwangsläufig. Auch läßt sich die Kraut- und teilweise die Strauchschicht des Waldes nicht direkt erfassen. Rückschlüsse im Zusammenhang pflanzensoziologischer Erwägungen sind aber möglich. Speziell für die Holzkohleanalyse als Hilfsmittel der Archäometallurgie ist das jedoch im Hinblick auf die Untersuchung von Verhüttungsplätzen und deren Produkte kein Problem, da Holzkohle in der Regel in den Hüttenrelikten anzutreffen ist.

Ein Netz von Untersuchungspunkten und -daten, wie es z. B. der Dendrochronologie zur Verfügung steht, fehlt bisher noch. Die Zielvorstellung geht dahin, über ein Datennetz einzelner Fundstellen den unberührten Wald in seiner unterschiedlichen zeitlichen Stellung zu erfassen. Die Veränderungen der Vegetation (z. B. Artenzusammensetzung) durch die menschlichen Eingriffe ist noch genauer zu analysieren. Wieweit klimatische Veränderungen speziell in der Buchen-Fichten-Kampfbzone des Harzes (600-800m über NN) an der Ausbreitung der Fichte mitgewirkt haben und die Einschnitte in der Waldentwicklung nur auf menschlichen Einfluß zurückgehen, ist noch offen.

Ebenso ist die Frage der Auswahl spezifischer Hölzer zu Verhüttungszwecken bisher noch nicht ausreichend geklärt, da die bisherigen Untersuchungen ein heterogenes Bild bieten. Dazu gehört auch die Einstufung der Verkohlungsgrade gleich- oder verschiedenwertigen Holzes.

⁸ Frdl. Hinweis von Prof. C. Eibner (Heidelberg).

JEAN-PAUL JACOB · MICHEL MANGIN

PROGRAMME MINES ET METALLURGIE EN FRANCHE-COMTE, FRANCE PRESENTATION ET PREMIERS RESULTATS

Située dans l'Est de la France, la Franche-Comté est constituée de quatre grandes zones géographiques qui se différencient selon des critères structuraux et lithologiques. Du Nord au Sud, on rencontre successivement:

- La retombée méridionale du massif vosgien et le petit massif de la Serre (Nord de Dole - Jura) où apparaît le socle cristallin paléozoïque.
- L'avant-pays jurassien qui est constitué de plateaux plus ou moins déformés tectoniquement.
- La chaîne jurassienne proprement dite.
- La partie orientale de la plaine de la Bresse.

D'un point de vue métallogénique, dans les terrains sédimentaires, détritiques ou calcaires, on trouve du fer oolithique et pisolitique, du sel, de la houille, des schistes bitumineux... Dans les terrains cristallins, on rencontre des minerais d'origine endogène: argent, cuivre, plomb, zinc, fer... Aussi, n'est-il pas étonnant de voir au XVI^{ème} siècle, se développer une intense activité minière dans les Vosges saônoises, activité liée à la recherche de l'argent qui caractérise cette période. Cette zone qui englobe le Nord-Est du département de la Haute-Saône et le Territoire de Belfort, constitue la partie sud d'un vaste complexe minier dont l'épicentre semble bien être Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin). Il en va de même lorsqu'aux XVIII^{ème}-XIX^{èmes} siècles, la demande en fer est de plus en plus importante. La Franche-Comté est alors partie intégrante du vaste ensemble qui, du Nivernais à la Champagne méridionale et la Lorraine, fournit l'essentiel des besoins français en fer. La Franche-Comté est, de plus, favorisée par une couverture forestière importante qui fait que le charbon de bois ne manque pas¹.

Il est alors paradoxal de constater que pour les périodes plus anciennes, celles qui correspondent à l'utilisation du procédé direct pour obtenir le fer, l'on n'ait pratiquement aucune information, ni archivistique, ni archéologique sur la Franche-Comté. C'est que le travail du fer y était certes présent, mais diffus et que les traces qu'il a pu laisser, peu spectaculaires, n'ont jamais attiré la curiosité des chercheurs jusqu'à aujourd'hui. C'est pourquoi toute étude de la métallurgie antique et médiévale en Franche-Comté doit d'abord passer par un recensement systématique des lieux d'extraction du minerai et des zones de production du métal.

Un programme récent

Ce travail a été entrepris en 1983, sous la responsabilité conjointe de J.-P. Jacob et de M. Mangin. L'étude des lieux d'extraction du minerai est conduite par des équipes de chercheurs bénévoles qui allient compétences scientifiques et maîtrise des techniques de la spéléologie². La recherche des zones de production du métal (fer essentiellement) est plutôt le fait d'étudiants en archéologie, dans le cadre de leurs travaux universitaires (D.E.A., Maîtrise, Thèse).

Nous nous limiterons dans les lignes qui vont suivre, aux recherches concernant le fer. Celles relatives à l'exploitation de l'argent au XVI^{ème} siècle dans les Vosges Saônoises, ou encore celles concernant le travail du bronze à l'époque romaine, sont trop particulières pour que nous puissions en tenir compte ici.

Le minerai de fer en Franche-Comté est d'origine sédimentaire et il peut être soit oolithique ou «en roche», soit pisolitique et alors se trouver à la surface du sol ou piégé dans des karsts. Il peut être aussi d'origine endogène et se trouver dans les massifs cristallins sous la forme d'oxyde (hématite), de sulfures (pyrite) et de carbonate (sidérite)³.

Les recherches déjà bien avancées en Haute-Saône grâce à l'équipe que dirigent Messieurs M. Py et D. Morin, ont révélé plus d'une centaine de mines de fer, toujours en terrain sédimentaire. Une typologie des cavités et une étude des techniques d'extraction est en cours de réalisation. Ces témoignages impor-

¹ Sur l'importance du travail du fer en Franche-Comté à l'époque moderne: Febvre 1912. - Bougin u. Bougin 1920 (publication de l'enquête sur la métallurgie française en 1788). - Gilles, B. 1960 (publication de l'enquête sur la métallurgie française en 1772). - Lassus 1968. - Roquelet 1977. - Assoc. Amis des Archives 1977. - Lassus 1980. - Lemerrier 1983. - Woronoff 1984.

² Département de la Haute-Saône: équipe dirigée par M. Py

et D. Morin (Etude bien avancée). - Territoire de Belfort: équipe dirigée par M. Rilliot (Etude qui porte essentiellement sur les mines d'argent). - Département du Jura: aucune équipe pour l'instant. - Département du Doubs: équipe dirigée par M. Halliez (débutée en 1987).

³ Un article de Patrick Rosenthal est en préparation sur le minerai de fer en Franche-Comté (à paraître dans le Bull. soc. d'Hist. Naturelle du Doubs de 1987.).

tants en nombre et en qualité pour certains, semblent, pour l'essentiel, dater des XVIII-XIX^{èmes} siècles et même du début du XX^{ème} siècle. Aucune trace plus ancienne ne paraît exister dans les mines de fer, ce qui implique que le minerai utilisé pour la réduction directe proviendrait de surface, par ramassage et creusement de minières peu profondes. Il conviendra de voir si les travaux en cours dans le Territoire de Belfort et si ceux qui débutent dans le Doubs, confirment cette première analyse.

La recherche des zones de réduction est encore plus délicate à réaliser car les témoins sont beaucoup moins remarquables que les mines: zones rubéfiées, zones de scories étalées⁴... Aussi a-t-il été nécessaire de procéder par étapes.

Un programme en cours de réalisation: Sources archéologiques

La première étape a consisté à rassembler les connaissances disponibles tant dans la bibliographie laissée par les érudits comtois du XIX^{ème} siècle et du début du XX^{ème} siècle, que dans la mémoire collective à travers une enquête systématique auprès des mairies de l'ensemble des communes des quatre départements de la Région. Si le dépouillement bibliographique s'est avéré peu productif, en revanche, les réponses au questionnaire adressé aux mairies ont été nombreuses et souvent riches de données précises; elles ont permis de délimiter des zones potentiellement intéressantes. Une sensibilisation de tous les archéologues régionaux afin qu'ils signalent leurs observations en matière de métallurgie antique et médiévale accompagne cette première phase du travail en attendant les résultats espérés d'une enquête auprès des agents de l'Office National des Forêts et des gardes chasse.

Dès ce premier stade, des zones riches en vestiges de métallurgie de réduction directe se dessinaient⁵. Encore fallait-il en vérifier l'importance, les caractères et la chronologie en confrontant ces données théoriques aux réalités du terrain. Ce fut l'objet de la seconde étape de la recherche commencée en 1984, dont les premiers résultats commencent seulement à porter leurs fruits: la prospection systématique de plusieurs zones (Fig. 1) en commençant par celles qui bénéficiaient déjà par ailleurs d'une bonne cartographie archéologique.

La vallée de l'Ognon, en Haute-Saône, entre Pesmes et Marnay a livré de nombreux sites, parfois difficilement datables faute de contexte archéologique lié directement aux scories, et aussi du fait des interférences provoquées par la présence des résidus de la production des hauts fourneaux modernes, nombreux dans la zone.

Il n'en va pas de même dans la région immédiatement limitrophe, entre l'Ognon et le Doubs: le canton d'Audeux à l'Ouest de Besançon, là le territoire de quelques communes (Berthelange en particulier) constitue une zone limitée en surface mais, bien circonscrite, où vestiges d'exploitation du minerai (minières) et ferriers étalés ou scories dispersées dans les cultures, se trouvent en liaison, souvent proches, avec des habitats gallo-romains dont ils semblent bien dépendre selon des modalités qui font actuellement l'objet de recherches précises.

L'élargissement des prospections en direction de l'Ouest, vers le confluent de l'Ognon et de la Saône, et du Sud-Ouest vers le Finage dolois où existent des habitats gallo-romains qui livrent des scories, constitue maintenant une des priorités des travaux de terrain.

C'est en effet le triangle Saône-Ognon-Doubs, à la jonction des trois départements de Haute-Saône, Jura et Doubs, qui semble être une des régions essentielles de la production du fer dans l'Antiquité en Franche-Comté.

Elle n'est pourtant pas la seule: les vallées de l'Ain et de la Bienne dans le Haut-Jura à l'extrême sud de la Région, méritent aussi d'être étudiées de près; un programme de prospection y est en cours; mais les tra-

⁴ Contrairement à ce qui se passe à la Montagne Noire ou encore dans l'Yonne et la Nièvre, par exemple, on ne trouve pas de trace de ces amas de scories parfois importants appelés couramment ferriers.

⁵ Boukezzoula 1984. – Faivre 1985. – Raïssouni 1985. – Laurent 1986.

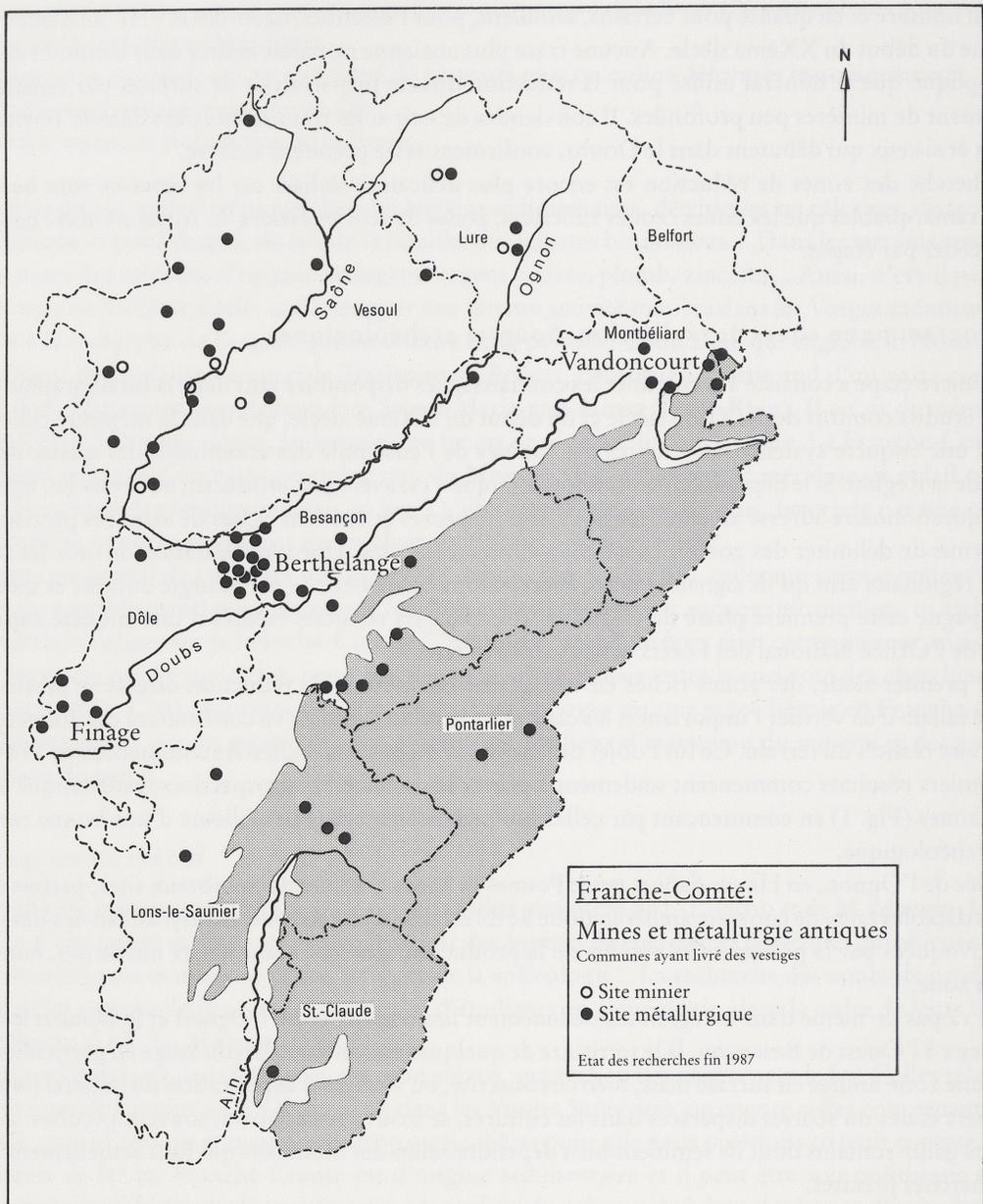


Fig. 1 Franche-Comté. Mines et métallurgie antiques. Communes ayant livré des vestiges (état des recherches fin 1987) (dessin Boukezzoula).

vaux y sont encore trop peu avancés, comme sur les plateaux entre Saône et Doubs au Nord de Besançon, pour juger de l'importance que, comme ceux-ci, elle pouvait revêtir dans la production régionale. Ces premiers travaux sont encourageants; ils sont d'autant plus intéressants qu'ils concernent des zones géographiques et morphologiques différentes qui permettront de fructueuses comparaisons tant pour caractériser les minerais utilisés et leur mode d'exploitation que pour définir les techniques de réduction, une fois réalisées les fouilles ponctuelles de fourneaux prévues dans un proche avenir. Dès maintenant, il est possible de se faire une idée de la place qu'a pu tenir la Franche-Comté dans l'ensemble du Centre-Est des Gaules. Grâce aux recherches anciennes dans le Jura bernois, plus récentes dans

le Jura vaudois et en cours en Lorraine et en Bourgogne, le moment est proche où un bilan général, sommaire mais déjà significatif, pourra être dressé⁶.

Ces travaux de terrain font l'objet d'une réflexion méthodologique⁷ d'autant plus nécessaire et intéressante que ce type de région productive n'a guère fait l'objet jusqu'ici de travaux comparables, les régions de grande production ayant, comme il est naturel, suscité les premières l'intérêt des chercheurs. C'est ainsi par exemple que l'un des aspects les plus novateurs réside dans l'étude de la liaison entre sites miniers et métallurgiques implantés en milieu «ouvert» (en campagne ou en forêt), et métallurgie en agglomération. Grâce à une étude globale de ce type de sites où les aspects économiques sont essentiels, qui vient d'être publiée⁸, la place tenue par les ateliers métallurgiques dans les «vici» du réseau comtois a pu être mise en évidence. Une douzaine des vingt sites que comporte cette publication, ont livré des vestiges d'atelier du fer; les différents stades de ce travail sont représentés, de la réduction (Dammartin et Seveux, le long des vallées de l'Ognon et de la Saône), à la simple mise en forme de lingots pour l'outillage et le matériel de transport. La liaison entre exploitation «ouverte» et «métallurgie urbaine» est claire en plusieurs cas, spécialement dans les deux agglomérations déjà citées. Définir les stades du travail pratiqués dans ces agglomérations et les liens avec les sources d'approvisionnement en minerai ou les sites de réduction ouverts constitue une des pistes de recherches parmi les plus neuves, comme le montrent ici même les travaux de M. M. Abetel et Serneels sur les sites de Montcherand et de Lousonna-Vidy, outre Jura.

Un programme pluridisciplinaire

Ces constatations «archéologiques» ne peuvent se suffire à elles-mêmes. Le programme comtois a donc comporté d'emblée un «volet archéométallurgique» trop souvent absent dans les recherches régionales effectuées dans le passé, en particulier en France. C'est ainsi que la réflexion méthodologique sur la prospection appliquée à la recherche minière et métallurgique s'est accompagnée d'une réflexion sur les modalités pratiques d'une étude liant étroitement archéologie, expérimentation et archéométrie.

En effet, la problématique archéologique, telle qu'elle a été développée, fait d'emblée ressortir ses limites dans de multiples domaines (minéralogie, technologie...). Il était donc indispensable de la dépasser pour exploiter scientifiquement les résultats de la méthode de terrain; et ainsi, et peut-être surtout pour fournir les bases scientifiques pour la poursuivre en l'enrichissant selon une problématique nouvelle. Les recherches archéométallurgiques ne sont donc pas, dans cette perspective, une suite, un complément, mais aussi un point de départ pour des recherches de terrain ultérieures. Sans ce va-et-vient constant, la reconstitution du fonctionnement des zones d'exploitation minière, des ateliers de réduction, des foyers d'affinage et de forge, la fonction et la structure des objets (outillage et objets manufacturés) sont impossibles ou aléatoires.

C'est la raison pour laquelle le programme comtois a été partie prenante des expérimentations conduites à l'Archéodrome de Beaune par Ph. Andrieux et que des étudiants-chercheurs franc-comtois y participent⁹. C'est pourquoi aussi les analyses physico-chimiques ont été un des aspects prioritaires du programme dès sa mise sur pied en 1984 avec le concours du Professeur Keesmann¹⁰.

Celui-ci débutait d'ailleurs au moment où l'ensemble des équipes rassemblées dans le Groupe inter-régional «France de l'Est», mettait au point un programme général d'étude en ce domaine en utilisant les moyens lourds offerts par le Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques de Nancy. Les premières séries d'échantillons de la Région sont en cours d'analyses et leurs résultats s'intégreront dans la banque de données du CRPG.

L'ensemble de ces recherches s'inscrit dans le cadre de celles conduites en Europe septentrionale et spécialement en France; elles n'en revêtent pas moins des caractères propres à la Région de Franche-Comté, pour des raisons naturelles et historiques: dispersion d'un minerai facilement accessible sur une grande

⁶ Boukkezoula 1987.

⁷ Laurent 1987.

⁸ Mangin, Jacquet u. Jacob 1986.

⁹ Andrieux 1987.

¹⁰ Faivre 1986.

surface et dispersion des lieux de production du fer en petites unités, plus ou moins en liaison avec des établissements ruraux et des agglomérations secondaires en ce qui concerne l'époque romaine. Pour le Haut Moyen Age et l'ensemble de l'époque médiévale, la recherche est moins avancée, faute souvent de repères chronologiques très précis.

Addendum 1990

Depuis la présentation de ce programme à Mainz en 1986, les recherches ont beaucoup progressé tant en ce qui concerne les mines modernes que les travaux sur les exploitations du minerai de fer et sa transformation pendant les époques romaine et médiévale. On pourra en juger grâce à la publication du gros ouvrage collectif de Jacob, J.-P. et Mangin, M. (Dir.) 1990. Le bilan relatif à la réduction directe du fer comporte plus d'une centaine de sites d'époque romaine et autant de l'époque médiévale et donne les premiers résultats d'analyses effectuées à Nancy (50 issues de trois sites), en attendant ceux d'une centaine d'autres en cours en 1989: cf. la contribution de Boukezzoula, M. et al. dans l'œuvre collectif cité.

Le bilan antique et médiéval comtois sur le fer, arrêté à 1989, est replacé dans l'ensemble des travaux en cours dans l'Est de la France dans: Mangin, M. (sous presse).

ANDREAS HAUPTMANN · CHRISTOPH RODEN

ARCHÄOMETALLURGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR KUPFERVERHÜTTUNG DER FRÜHEN BRONZEZEIT IN FENAN, WADI ARABAH, JORDANIEN*

Die Kupfererzlagerstätte im Gebiet von Fenan, das etwa 120 km nördlich von Aqaba am Ostrand des Wadi Arabah liegt, stellt die massivste Metallkonzentration zwischen Totem und Rotem Meer dar. Die Vererzungen treten in zwei Gesteinsformationen des Unteren bis Mittleren Kambriums auf (Bender 1974), und zwar in einer ca. 2-3 m mächtigen Bank aus Tonstein und Dolomit sowie in einzelnen Horizonten der mächtigen Sandsteinserien. Die Vererzungen sind überwiegend schichtgebunden, im Sandstein sind zudem häufig dünne Kluftvererzungen zu verzeichnen. Die Erze bestehen größtenteils aus Malachit, Chrysokoll, Atacamit, Cuprit und verschiedenen Kupfersulfiden, die in der Tonsteinbank mit massiven Lagen von Manganoxiden vergesellschaftet sind.

Diese Lagerstätten wurden vom Chalkolithikum (4. Jahrtausend v. Chr.) an bis in römische Zeit (2. Jahrhundert n. Chr.) und später bergmännisch abgebaut. Die Erze wurden hier verhüttet, wobei insgesamt ca. 150 000-200 000 Tonnen Schlacke anfielen (Hauptmann et al. 1985). Die frühesten, sporadischen Aktivitäten der Kupfergewinnung sind nach den bisherigen archäologischen Funden in das ausgehende Chalkolithikum zu datieren. Wesentlich umfangreichere Aktivitäten sind dagegen für die frühe Bronze-

* Danksagung: Die Untersuchungen wurden mit Mitteln der Stiftung Volkswagenwerk innerhalb des jordanisch-deutschen Gemeinschaftsprojekts »Archäometallurgische und bergbauarchäologische Untersuchungen in Fenan und in der südlichen Arabah« durchgeführt. Wir sind den

Herren J. Kunkel und J. Heckes für unschätzbare Hilfe bei der Ausgrabung und Dokumentation der Öfen sehr zu Dank verpflichtet. Die Arbeiten wären ohne die hilfreiche Unterstützung von Dr. A. Hadidi, Department of Antiquities, Amman, nicht möglich gewesen.