



HAL
open science

Produire et travailler le fer

Marc Leroy, Luisella Cabboï, Sylvain Bauvais, Marion Berranger, Jean-Marie Blaising, Karine Boulanger, Gaël Brkojewtisch, Simon Coubel, Sylvie Deffressigne, Alexandre Disser, et al.

► To cite this version:

Marc Leroy, Luisella Cabboï (Dir.). Produire et travailler le fer : Les ateliers de l'est du Bassin parisien du Ve siècle av. J.-C. au Xe siècle apr. J.-C.. Inrap. CNRS Éditions, 168 p., 2019, Recherches archéologiques 16, 978-2-271-12637-5. hal-02295821

HAL Id: hal-02295821

<https://inrap.hal.science/hal-02295821>

Submitted on 5 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Produire et travailler le fer

Les ateliers de l'est du Bassin parisien
du v^e siècle av. J.-C. au x^e siècle apr. J.-C.

Sous la direction
de Marc Leroy et
Luisella Cabboi



RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES

16

sous la direction de

Marc Leroy et Luisella Cabboi

Produire et travailler le fer

Les ateliers de l'est du Bassin parisien
du v^e siècle av. J.-C. au x^e siècle apr. J.-C.

INRAP

121, rue d'Alésia – 75014 Paris

CNRS ÉDITIONS

15, rue Malebranche – 75005 Paris

La collection « Recherches archéologiques » publie, à destination de la communauté scientifique, des monographies et des synthèses issues d'opérations d'archéologie préventive menées par l'Institut national de recherches archéologiques préventives. Ces travaux se distinguent par le caractère majeur des sites étudiés, leur aspect novateur, en termes méthodologiques ou scientifiques, ou encore l'ampleur du territoire pris en compte.

Comité éditorial

Marc Bouiron (Inrap), Marc Célié (Inrap), Catherine Chauveau (Inrap), Thésia Duvernay (Inrap), François Fichet de Clairfontaine (ministère de la Culture), Dominique Garcia (Inrap), un représentant de CNRS Éditions.

Comité de lecture

Véronique Abel (Inrap), Reginald Auger (université Laval de Montréal), Marie-Christine Bailly-Maitre (CNRS), Jean-François Berger (CNRS), Geertrui Blancquaert (SRA Champagne-Ardenne), Élise Boucharlat (ministère de la Culture), Françoise Bostyn (Inrap), Jean Bourgeois (université de Gand), Dominique Castex (CNRS), André Delpuech (musée de l'Homme), Matthieu Honegger (université de Neuchâtel), Gilbert Kaenel (université de Lausanne), Jacques Jaubert (université Bordeaux), Florence Journot (université Paris I), Sophie Liegard (département de l'Allier), Foni Le Brun-Ricalens (Musée du Luxembourg), Élisabeth Lorans (université de Rouen), Claude Mordant (université de Bourgogne), Claude Raynaud (CNRS), Gilles Sauron (université Paris IV), Stéphane Sindonino (Inrap), Marc Talon (ministère de la Culture), Jacques Tarrête, Laurence Tranoy (université de La Rochelle), Boris Valentin (université Paris I), Christian Verjux (ministère de la Culture), Eugène Warmenbol (université libre de Bruxelles).

Inrap

Dominique Garcia, président exécutif

Daniel Guérin, directeur général délégué

Marc Bouiron, directeur scientifique et technique

Thésia Duvernay, directrice du développement culturel et de la communication

Direction éditoriale

Catherine Chauveau, Inrap

Secrétariat d'édition

Adrien Dubois

Mise au net des figures et mise en page

Virginie Teillet

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie, 20 rue des Grands Augustins, F – 75006 Paris.

© Inrap/CNRS ÉDITIONS, Paris, 2019
ISBN : 978-2-271-12637-5
ISSN : 2118-6472

Cet ouvrage est issu du Projet collectif de recherche « Les formes d'organisation de la production du fer en métallurgie ancienne. Systèmes de production et chaînes opératoires dans les ateliers de l'est du Bassin parisien, de l'âge du Fer au haut Moyen Âge » coordonné par Marc Leroy et Luisella Cabboi entre 2006 et 2012.

Le PCR a associé des archéométallurgistes du Laboratoire de Métallurgies et Cultures et des responsables d'opération d'archéologie préventive, les données de fouille étant mobilisées comme objets d'étude et les conclusions des études paléométallurgiques nécessitant d'être intégrées dans l'analyse générale de l'interprétation des sites. Certains se sont investis aussi en tant que spécialistes de l'étude d'une des périodes considérées ou d'un champ thématique et chronologique. Les restaurateurs du Laboratoire d'archéologie des métaux sont également intervenus pour le traitement préventif nécessaire à l'étude des chutes métalliques.

Sylvain Bauvais, UMR 5060-LMC-IRAMAT

Marion Berranger, UMR 5060-LMC-IRAMAT

Jean-Marie Blaising, Inrap

Karine Boulanger, Inrap et UMR 7044

Gaël Brkojewitsch, Pôle archéologique Metz-Métropole

Luisella Cabboi, Inrap et UMR 5060-LMC-IRAMAT

Simon Coubel, ANTEA

Sylvie Deffressigne, Inrap et UMR 6298-ARTeHIS

Alexandre Disser, doctorant UTBM et UMR 5060-LMC-IRAMAT

Christophe Dunikowski, Inrap et UMR 5060-LMC-IRAMAT

Renata Dupont, Pôle archéologique Metz-Métropole

Michel Folzan, LAM Grand-Nancy

Marie Frauciel, Inrap

Michiel Gazenbeek, Inrap

Murielle Georges-Leroy, SRA Lorraine et UMR 6249-Chrono-environnement

Jean-Paul Lagadec, Cercle d'études locales de Ludres

Marie-Pierre Lambert, LAM Grand-Nancy

Marc Leroy, UMR 5060-LMC-IRAMAT et MCC

Philippe Lorquet, Inrap et UMR 5060-LMC-IRAMAT

Paul Merluzzo, UMR 5060-LMC-IRAMAT et MCC

Édith Peytremann, Inrap et UMR 6273-CRAHAM

Marilyne Prévot, Inrap

Rachel Prouteau, Inrap

Christine Riquier-Bouclet, LAM-Grand-Nancy et Arc Antique

Jean-Marc Séguier, Inrap et UMR 7041-Arscan

Francesca Schembri, Inrap

Nicolas Tikonoff, Inrap

RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES

Déjà parus

1. *Le cimetière Saint-Michel de Toulouse*, sous la direction de Didier Paya et Jean Catalo, 240 p., 155 fig., 63 tabl., août 2011, 29 €
2. *Le bivouac préhistorique du Bubot à Calleville (Eure). Caractérisation d'un assemblage lithique lamino-lamellaire de la fin du Paléolithique supérieur*, sous la direction de Miguel Biard et Stéphane Hinguant, 168 p., 150 fig., 14 tabl., août 2011, 25 €
3. *La ferme du Colombier à Varennes-sur-Seine (XVI^e-XVIII^e siècles). Expression matérielle de l'ascension sociale d'élites rurales en milieu humide*, sous la direction de Séverine Hurard, 278 p., 118 fig., 23 tabl., mars 2012, 29 €
4. *Peuplements Néandertaliens dans le nord de la France. Territoires, industries lithiques et occupations humaines durant la phase récente du Paléolithique moyen*, par Émilie Goval, 312 p., 152 fig., 47 tabl., juin 2012, 29 €
5. *Styles céramiques et néolithisation dans le sud-est du Bassin parisien. Une évolution Rubané-Villeneuve-Saint-Germain*, par Katia Meunier, 368 p., 141 fig., 76 tabl., 91 pl., octobre 2012, 29 €
6. *Un hameau du Néolithique. Le Pré des Bateaux à Luzancy (Seine-et-Marne)*, sous la direction d'Yves Lanchon et de Françoise Bostyn, 240 p., 107 fig., 27 tabl. et 10 annexes, juin 2013, 25 €
7. *L'habitat rural du second âge du Fer. Rythmes de création et d'abandon au nord de la Loire*, sous la direction de François Malrain, Geertrui Blancquaert et Thierry Lorho, 264 p., 147 fig., 29 €
8. *Les occupations du premier Mésolithique des Basses Veuves (Pont-sur-Yonne). De la détection à l'interprétation*, par Frédéric Séara, 340 p., 148 fig., 4 tabl., juin 2014, 29 €
9. *Le Néolithique final dans la vallée de la Deûle. Le site d'Houplin-Ancoisne. Le Marais de Santes*, sous la direction d'Ivan Praud, 342 p., 138 fig., 35 tabl., avril 2015, 35 €
10. *L'établissement de Pratz le Curtillet. Un domaine mérovingien dans les hautes terres jurassiennes (fin VI^e-VII^e siècle)*, sous la direction de David Billoin, 310 p., 151 fig., 43 tabl., décembre 2016, 29 €
11. *Un habitat chasséen en Auvergne. Champ Madame à Beaumont (Puy-de-Dôme) au Néolithique moyen II*, sous la direction de Sylvie Saintot, 480 p., 260 fig., 43 tabl., décembre 2016, 29 €
12. *L'habitat et l'occupation des sols à l'âge du Bronze et au début du premier âge du Fer*, sous la direction de Laurent Carozza, Cyril Marcigny et Marc Talon, 376 p., 209 fig., 13 tabl., décembre 2017, 37 €
13. *Ressources animales et alimentation carnée à l'âge du Fer. Les cas du nord-ouest de la France (Bretagne et Basse-Normandie)*, 216 p., 115 fig., 58 tabl., 4 annexes, juin 2018, 29 €
14. *Le rempart chasséen de Château-Perçin à Seilh (Haute-Garonne). Une architecture monumentale de terre et de bois*, sous la direction de Fabrice Pons et Muriel Gandelin, 314 p., 149 fig., 39 tabl., septembre 2018, 35 €
15. *Les enceintes néolithiques à pseudo-fossé. Monuments cérémoniels danubiens dans la plaine d'Alsace*, sous la direction de Philippe Lefranc, 260 p., 150 fig., 15 tabl., janvier 2019, 29 €

Sommaire

.....

INTRODUCTION.....	7
Étudier l'organisation structurelle de la production du fer et de sa transformation : l'exemple de l'est du Bassin parisien.....	9
Le bassin de la Moselle.....	10
Les plaines de la confluence Seine-Yonne et leurs marges.....	12
Une analyse spatiale et chronologique.....	12
Constituer le corpus.....	13
Chapitre 1 - CADRES MÉTHODOLOGIQUES ET PROBLÉMATIQUES.....	17
La chaîne opératoire de production du fer: aspects techniques et approches méthodologiques.....	18
Les principes de base.....	19
La typologie et la description des déchets sidérurgiques.....	21
L'enregistrement normalisé.....	23
L'assemblage des déchets.....	23
Critères d'identification des ateliers.....	25
La fréquence des occurrences d'indices d'activités métallurgiques.....	27
La présence de déchets métallurgiques révèle-t-elle toujours l'existence d'un atelier?.....	27
L'évacuation et la réutilisation des déchets.....	28
La caractérisation de la nature des activités.....	29
Les catégories de déchets.....	30
Les catégories de matériaux composant les scories.....	33
L'identification de gestes techniques par l'étude des déchets métalliques.....	35
La répartition spatiale des déchets métallurgiques: localisation des ateliers et des zones d'activité.....	37
Chapitre 2 - L'ÂGE DU FER.....	39
Dans le bassin médian de la Moselle.....	39
La fin du premier âge du Fer et le début du second âge du Fer.....	40
Deux sites de production primaire associés au stockage agricole intensif.....	42
Des ateliers de manufacture dans un site de haut rang: « la Cité d'Afrique » à Messein.....	48
Le travail du fer dans les habitats ruraux.....	50
Le second âge du Fer.....	54
Un habitat rural et un site de hauteur à La Tène C.....	56
Des établissements ruraux à enclos.....	59
La forge, un marqueur de statut social?.....	64
Un site artisanal lié à l'oppidum de Metz? « Le Pollicieux » à Woippy.....	65
Un habitat groupé de La Tène D: « le Pré Chenu » à Tomblaine.....	66
Éléments de réflexion sur l'organisation de la production.....	69
De la fin du VI ^e au début du IV ^e siècle av. J.-C.....	69
De la fin du IV ^e au milieu du I ^{er} siècle av. J.-C.....	71
Les bâtiments de forge.....	72
Dans les plaines de la confluence Seine-Yonne et leurs marges.....	75
La plaine de confluence Seine-Yonne.....	77
« Charmoy » à Écuellen.....	77
Les sites de Varennes-sur-Seine.....	79
Le site des « Sécherons » à Montereau-Fault-Yonne.....	82

Les sites de Marolles-sur-Seine	82
« Le Petit Noyer » à Cannes-Écluse	83
Les sites de Bazoches-lès-Bray	83
Les sites de Grisy-sur-Seine	83
« Les Vallées » à Villiers-sur-Seine	84
Le Sénonais et le pays d'Othe	85
« Les Fouetteries » aux Clérimois	85
« La Voie Minante » à Saint-Pouange	85
« Le Bois Bruneau » à Villeroy	85
« Les Boulins » à Saint-Julien-du-Sault	87
« Les Groues » à Larchant	87
Observations sur la nature et sur le contexte socio-économique de la production du fer	88
Hallstatt final, La Tène ancienne et début de La Tène moyenne	88
La fin de La Tène moyenne et La Tène finale	90
Chapitre 3 - L'ANTIQUITÉ DANS LE BASSIN MÉDIAN DE LA MOSELLE	93
Des indices ambigus et peu nombreux de production primaire	96
Les ateliers de travail du fer dans l'espace urbain et dans les petites agglomérations	97
Metz/Divodurum: des types d'activités diversifiés	98
De modestes activités de forgeage dans les petites agglomérations?	101
Deux ateliers de l'Antiquité tardive à Cutry	105
Les ateliers dans les campagnes	114
Des forges sur la voie impériale Lyon-Trèves	114
Les ateliers dans les exploitations agricoles	116
Les forges du plateau de Haye	118
La circulation du fer et l'approvisionnement des ateliers	120
La production primaire	120
La métallurgie de transformation	122
La quantification des déchets	124
Chapitre 4 - LE PREMIER MOYEN ÂGE DANS LE BASSIN MÉDIAN DE LA MOSELLE	125
Différents modèles d'ateliers de production primaire	127
Des petites unités de transformation du minerai de fer	128
Des centres de production massive	130
Des chaînes de production en contexte d'habitat	132
Le travail du fer au sein des habitats ruraux	138
« La Vieille Pierre » à Frouard	140
« Tautecourt » et « Frichamp » à Prény	141
« Mégazone site 2 » à Illange	143
L'organisation de la production du fer	145
Différentes échelles de production	145
Un même district sidérurgique	146
Un système de production intégré à l'économie domaniale?	147
La circulation du fer entre les ateliers	149
L'évaluation des volumes de production	151
Conclusion	157
Bibliographie	161

Introduction

.....

Depuis le milieu des années 1980, l'avancée des connaissances sur la métallurgie ancienne du fer est considérable. La mise en place de programmes de recherches archéométallurgiques, associant étroitement des questionnements d'ordre historique et technique à des investigations archéologiques et archéométriques, a placé les travaux français en paléosidérurgie à la pointe de la recherche européenne. Ces programmes, intégrant, d'une part, des études systématiques de secteurs géographiques miniers et métallurgiques et, d'autre part, les données fournies par les fouilles d'archéologie préventive, ont fortement renouvelé les connaissances des ateliers et des zones de production. Ils ont aussi accompagné un renouvellement méthodologique résultant en grande partie des collaborations interdisciplinaires entre archéologues, historiens, géologues et métallurgistes (Domergue et Leroy, 2000; Mangin, 2004; Milcent, 2007; Fluzin *et al.*, 2012; Berranger et Fluzin, 2013; Berranger, 2014). Malgré ces développements, la documentation est encore partielle. Les secteurs sidérurgiques étudiés dans leur ensemble demeurent peu nombreux. Les données de terrain et de laboratoire, si elles ont permis à l'échelle de sites et de petites régions d'étude de progresser sur la compréhension des techniques employées et sur leur datation, ne permettent pas encore d'élaborer des hypothèses suffisamment étayées sur l'évolution des techniques utilisées ou sur l'organisation de la production dans les économies des sociétés considérées (par exemple, Bauvais, 2007; Leroy, 1997; Pagès, 2010). Toutefois, les très nombreuses fouilles archéologiques préventives ont livré une documentation d'une ampleur inégalée sur l'activité sidérurgique ancienne et des dizaines de sites sont encore à étudier. Ainsi, la masse des informations inédites encore à interpréter est-elle considérable. C'est notamment le cas dans l'est et le sud-est du Bassin parisien où des programmes thématiques régionaux ont permis ces trois dernières décennies de mettre en évidence plusieurs zones de forte concentration de vestiges d'ateliers de production primaire (Lorraine centrale et septentrionale, Sénonais/pays d'Othe, Puisaye, Morvan du nord, Forêt d'Arne), qui peuvent apparaître comme autant de zones de production sidérurgique (fig. 1). Parallèlement, de nombreuses opérations archéologiques ont livré un panel de sites d'ateliers représentant l'ensemble de la chaîne opératoire et une ample fourchette chronologique, de l'âge du Fer à la fin du premier Moyen Âge, couvrant la période de plein développement du procédé direct¹.

Jusqu'à présent, dans ces espaces géographiques, les recherches ont surtout développé une approche technique répondant aux besoins de caractérisation des zones de production (identification des sources de matières premières; filiation minerai – scorie), du fonctionnement des structures de production (caractérisation typo-technologique des fourneaux et de leurs produits; restitution des modes opératoires) et de caractérisation des filières techniques et des chaînes

.....

1. Procédé de production du fer par réduction des oxydes de fer contenus dans le minerai, sans passer par un état de fusion du fer. L'appareil de production est qualifié de bas fourneau. À aucun moment, le fer ne se trouve entièrement à l'état liquide; en revanche, les autres constituants du minerai, combinés avec une certaine proportion d'oxydes de fer, forment un liquide (la scorie) qui peut s'écouler hors du fourneau.

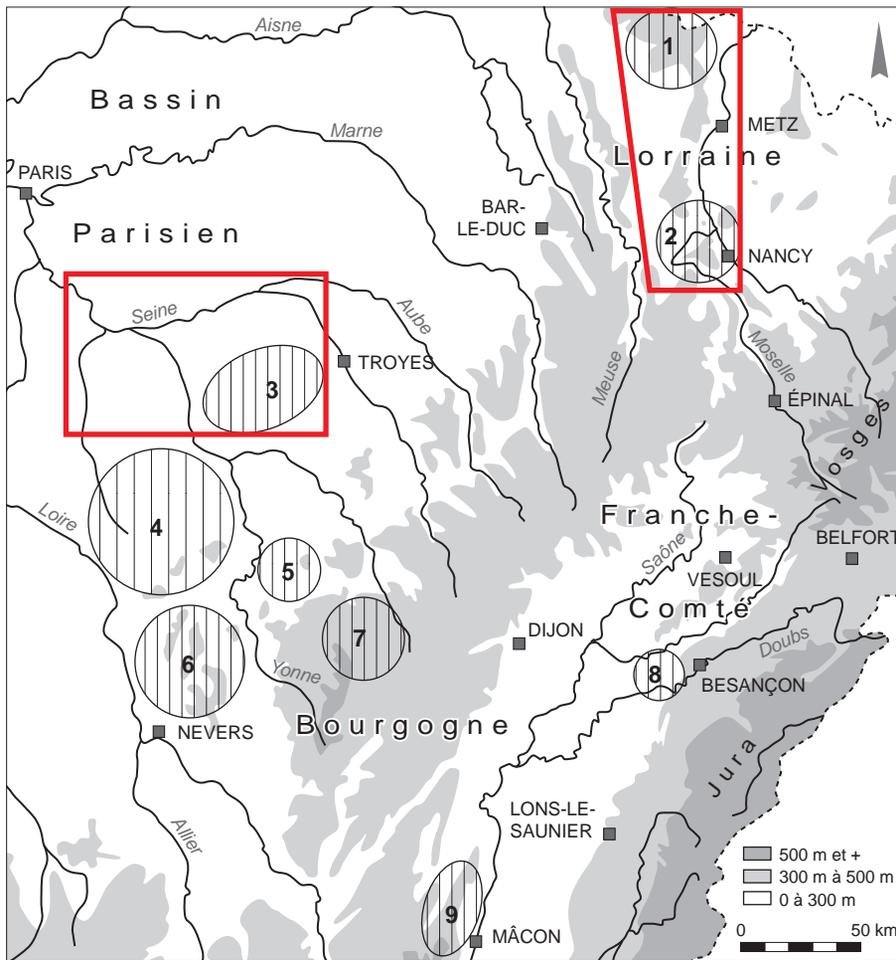


Fig. 1 : Cartographie des zones de production primaire du fer identifiées dans l'est de la France (âge du Fer, Antiquité, Moyen Âge) : 1. Pays-Haut ; 2. Plateau de Haye ; 3. Pays d'Othe ; 4. Puisaye ; 5. Forêt de Vézelay ; 6. Collines du Nivernais ; 7. Morvan du nord ; 8. Forêt d'Arne ; 9. Côte du Mâconnais. Les deux régions d'étude présentées dans cet ouvrage sont encadrées en rouge. © M. Leroy, LMC-IRAMAT, et Ph. Brunella, Département de la Moselle.

opératoires (Cabboi *et al.*, 2007 ; Laurent *et al.*, 2012 ; Leroy, 1997 ; Leroy *et al.*, 2015). Ces questionnements, dont l'approche est fondamentale pour la compréhension des systèmes techniques métallurgiques anciens, sont loin d'être épuisés. Ils constituent toujours un axe essentiel des recherches archéométallurgiques. Toutefois, s'impose aussi le constat que la richesse de la documentation rassemblée autorise désormais à ébaucher une approche novatrice de la production du fer, associant les questionnements sur l'organisation technique de la transformation des minerais en fer métallique, puis en produits forgés, et ceux qui concernent l'organisation structurelle et économique des différents stades de cette transformation. La mise en relation des ateliers de réduction du minerai avec les ateliers de forge où le métal est travaillé doit déboucher ainsi sur une compréhension de l'organisation de « l'industrie » du fer et de son marché.

L'organisation de la production est plus complexe que la chaîne opératoire technique. Sur un même site, on peut pratiquer une seule sous-étape ou plusieurs étapes techniques, ou même toute la chaîne. Un même travailleur peut être impliqué dans une seule sous-étape ou dans plusieurs étapes ou même dans toute la chaîne. Une autorité peut contrôler une seule sous-étape ou plusieurs étapes ou même toute la chaîne. Entre chacune des étapes techniques, parfois même au sein d'une même étape (entre deux sous-étapes), les demi-produits peuvent changer de lieux. Chaque changement peut être soit une simple transmission du demi-produit (au sein d'une entreprise) ou un échange (« commerce »).

Chaque fois qu'il y a un changement (de lieu, de personne ou d'autorité), il faut en examiner les modalités. L'organisation de la production peut également être très variée, comme le montrent des exemples très divers dans l'histoire et l'ethnographie. On peut avoir un système purement autarcique (la production est assurée sur place par le consommateur et il n'y a pas de surplus). Le mode de production peut être aussi complètement spécialisé, impliquant plusieurs groupes de travailleurs, hiérarchisés, répartis sur plusieurs sites avec des transports longs et des échanges commerciaux. Les contraintes techniques influent fortement sur la manière dont est structurée la chaîne de production, qui est aussi fortement tributaire des cadres de l'organisation politique, administrative, juridique et économique qui régissent les sociétés.

C'est pourquoi en 2006 a été élaboré, sous l'impulsion d'un groupe de chercheurs en archéométaballurgie², un programme de recherche portant sur l'étude des formes d'organisation de la production du fer en métallurgie ancienne dans cette partie du Bassin parisien. Il a pris la forme d'un Projet collectif de recherche (PCR) de la programmation archéologique nationale du ministère de la Culture et de la Communication, qui a rassemblé de 2007 à 2012, en plus des archéométaballurgistes, un groupe d'archéologues de trois régions géographiques – le sud de l'Île-de-France, le nord-ouest de la Bourgogne et la Lorraine –, responsables de la conduite et de l'étude des opérations d'archéologie préventives qui ont été sélectionnées.

Étudier l'organisation structurelle de la production du fer et de sa transformation : l'exemple de l'est du Bassin parisien

Le projet de recherche avait pour but d'élaborer une première analyse des formes d'organisation de la production du fer, entre la fin du premier âge du Fer et la fin du haut Moyen Âge, au sein d'espaces géographiques tests de l'est et sud-est du Bassin parisien. L'ambition était de mettre en évidence l'évolution des pratiques techniques et de l'organisation de la production et du travail du fer devant répondre aux besoins des sociétés anciennes successives. L'intensité de la production et les circuits économiques de distribution du fer sont à croiser avec les capacités techniques et l'organisation politique et socio-économique de ces périodes.

Le développement de ce type d'approche nécessite de disposer de zones d'étude où les découvertes récentes d'ateliers sont suffisamment nombreuses, mais aussi où le contexte de la production primaire (réduction du minerai) a pu être relativement bien établie (identification du ou des minerais utilisés, cartographie et datation des sites d'atelier). Dans l'est et le sud-est du Bassin parisien, deux espaces géographiques répondaient particulièrement à ces critères préalables (fig. 1) : le bassin de la Moselle en Lorraine centrale et septentrionale (vallées de la Moselle et de ses affluents et plateaux calcaires qui l'encadrent : fig. 2), et la région de la confluence entre les vallées de la Seine et de l'Yonne (plaine de la confluence, Bassée) avec les plateaux du Sénonais, du Gâtinais et de la Brie, qui la bordent (fig. 3). Ces deux espaces géographiques correspondent à des zones de production primaire étudiées de manière approfondie dans leur dimension spatiale, chronologique et technique (pour le plateau bajocien de Lorraine : Leroy, 1997 ; Leroy, 2005 ; pour le pays d'Othe : Beck *et al.*, 2008 ; Dunikowski

.....
2. Membres du Laboratoire de Métallurgies et Cultures de l'UMR 5060-IRAMAT, fortement impliqués dans l'archéologie préventive.

et Cabboi, 1995). Par ailleurs, l'ampleur de l'activité archéologique préventive y a entraîné la découverte d'un grand nombre de sites d'ateliers métallurgiques de nature et dans des contextes extrêmement variés, offrant un potentiel de données archéométrallurgiques de première importance. Ces deux ensembles géographiques paraissent donc constituer de solides bases de travail permettant d'aborder l'étude des différentes formes d'organisation de la production du fer et sa transformation dans des espaces bénéficiant d'un niveau de connaissance archéologique assez développé de l'occupation du sol, pour les périodes de l'âge du Fer³, l'Antiquité romaine et le haut Moyen Âge.

Le bassin de la Moselle

Le bassin de la moyenne vallée de la Moselle qui s'étire du centre au nord de la Lorraine est situé aux limites orientales du Bassin parisien. La vallée de la Moselle, établie pour partie à l'intérieur (tiers sud), pour partie au pied (centre et nord) du plateau calcaire dit des Côtes de Moselle, constitue un axe de communication sud-nord vers la vallée du Rhin, largement ouvert par l'intermédiaire des affluents de rive droite (Seille, Meurthe et affluents) et de rive gauche (Esche, Rupt-de-Mad, Orne) sur les espaces périphériques (Plateau lorrain à l'est, bassin de la Meuse à l'ouest). Le plateau des Côtes de Moselle (bajocien,

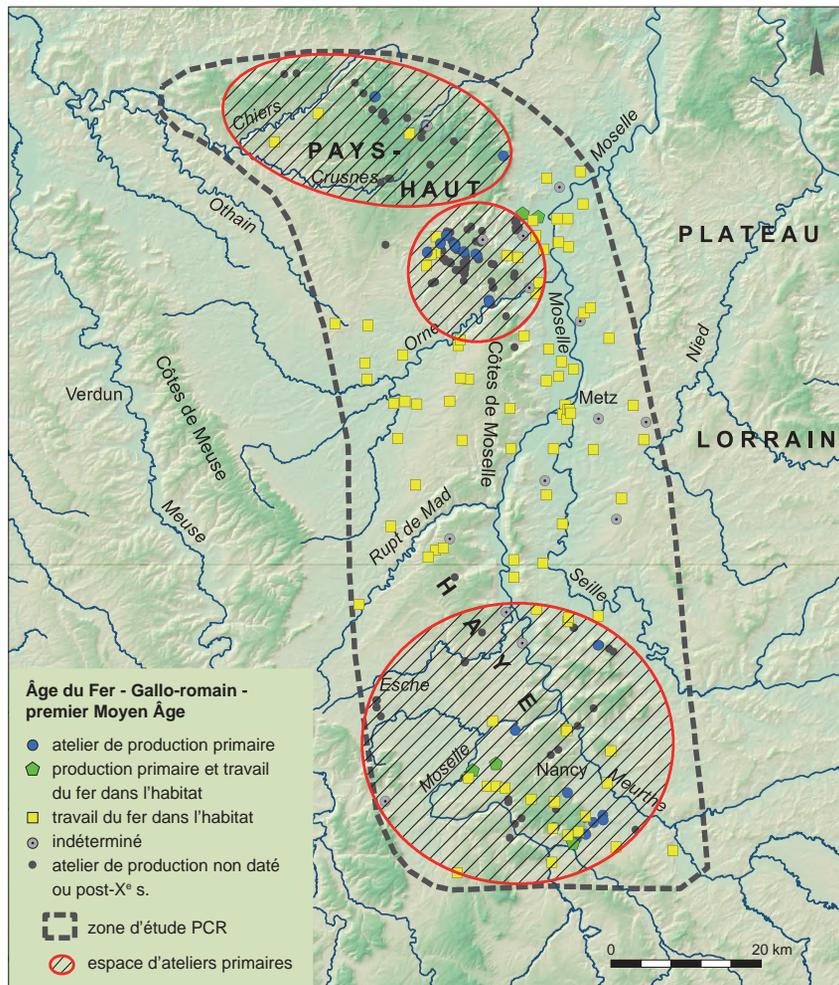


Fig. 2: Bassin de la Moselle et plateaux bajociens (Lorraine du nord et Lorraine centrale). Sites archéologiques avec vestiges de métallurgie du fer recensés.
 © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
 3. Les directeurs de l'ouvrage ont respecté les dénominations utilisées par les contributeurs pour le séquençage chronologique de l'âge du Fer.

jurassique moyen), qui domine la vallée de la Moselle par un front de 150 à 200 m de hauteur, est amplement ouvert sur celle-ci par les nombreux festonnements découpés par l'érosion (fig. 2).

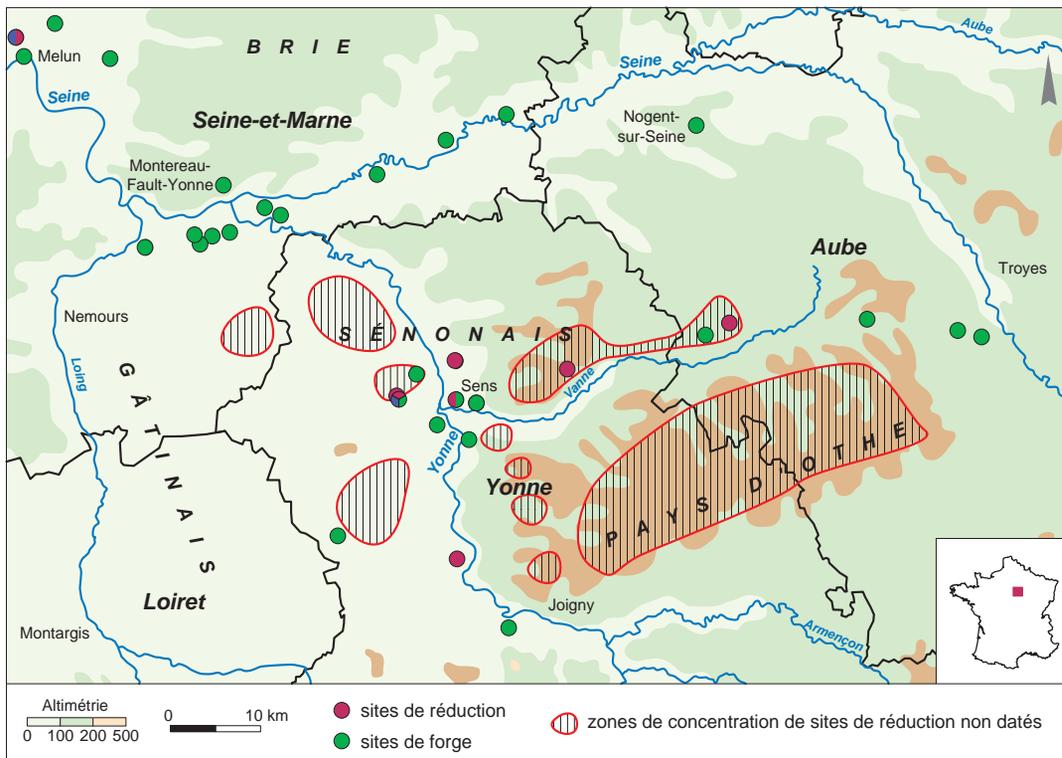
Cet espace géographique bénéficie d'un niveau de connaissance paléosidéurgique assez important, dans la mesure où des zones de production primaire, situées sur le plateau calcaire, ont été bien définies et leur évolution chronologique mise en évidence par des recherches conduites depuis 1989 (programme de recherche sur « la sidérurgie ancienne avant le haut-fourneau », sous la direction de Marc Leroy). De plus, ces zones de production, liées à l'exploitation de deux types radicalement différents de minerai de fer (la minette et le minerai de fer fort), sont les seules actuellement identifiées en Lorraine (Leroy, 1997; Leroy *et al.*, 2015). Les recherches ont permis une avancée des connaissances tant historiques (identification, datation et évolution des espaces de production), que technologiques (caractérisation des techniques de production et des modes opératoires). Le fort développement de la production primaire à partir du haut Moyen Âge y est mis en évidence. La fouille de plusieurs ateliers de cette période apporte parallèlement des informations importantes sur la structuration des ateliers et sur leur fonctionnement technique.

La vallée de la Moselle étant actuellement l'espace de développement économique majeur de la région, l'activité archéologique, principalement préventive, y est importante. Pour cette raison, les découvertes de vestiges d'activités métallurgiques y sont nombreuses, quelle que soit la période chronologique concernée. Les contextes archéologiques, variés, permettent d'aborder les questionnements liés au travail du fer sur des sites dont la nature renvoie à différentes séquences de la chaîne opératoire (productions primaire et secondaire seules ou associées) et concerne des statuts variés (ateliers isolés / ateliers insérés dans les habitats, agglomérations / habitats ruraux, sites fortifiés / habitats ouverts, etc.).

Les plaines de la confluence Seine-Yonne et leurs marges

Dans le sud-est du Bassin parisien, les plaines de la confluence entre la Seine et l'Yonne font l'objet depuis les années 1960 d'importantes recherches archéologiques en contexte préventif, principalement dans le cadre de l'activité d'extraction de granulats exploitant la nappe alluviale, mais aussi plus récemment en relation avec l'aménagement d'infrastructures routières et ferroviaires, qui ont aussi touché les plateaux environnants (Brie, Gâtinais, Sénonais, pays d'Othe). Plusieurs milliers d'hectares ont fait l'objet d'observations archéologiques (à des degrés divers, de la surveillance à la fouille) et de très nombreux gisements archéologiques ont été découverts et fouillés (fig. 3). Parmi eux, les sites protohistoriques sont les plus nombreux. Le second âge du Fer est particulièrement bien renseigné puisque le corpus est riche d'une quarantaine d'habitats, alors que l'on décompte une vingtaine d'ensembles funéraires, une dizaine de batteries et/ou groupes de silos, un ensemble à vocation probablement culturelle, ainsi qu'une série de structures totalement isolées (silos, puits, fosses, fossés).

Si l'importance connue de la métallurgie du fer en pays d'Othe, au cours du Moyen Âge (Beck *et al.*, 2008), a laissé des vestiges considérables d'amas de scories, l'identification d'une production d'une certaine ampleur au cours des deux derniers siècles avant notre ère et au Haut-Empire est un acquis plus récent (Dunikowski et Cabboi, 1995). Une enquête préliminaire a permis de dresser un premier état des lieux sur la production du fer protohistorique dans le territoire sénon, la contribution des habitats du secteur Seine-Yonne étant déterminante (Dunikowski, Séguier, Cabboi, 2007). Elle offre une vision nouvelle sur les



activités de production du fer au cours de l'âge du Fer et au début de la période romaine. Des antécédents existent aussi dès la fin du premier âge du Fer. Des modifications d'ordre technique et des différences d'échelle et d'organisation de la production semblent intervenir au début de La Tène finale. L'accroissement de la production se marque de manière très sensible. Des centres de grosse production, comme le site des Clérimois, apparaissent. Des changements techniques et d'organisation du travail sont perceptibles. Une spécialisation des ateliers semble distinguer la production de fer brut et celle des demi-produits et des produits finis. Cela signifie peut-être la mise en place de circuits commerciaux permettant la diffusion du fer des zones de production vers les zones de consommation. Cette organisation du travail traduit peut-être aussi une forme de contrôle de la production et des échanges par les pouvoirs politiques ou les élites sociales.

Fig. 3 : Région de la confluence Seine-Yonne et plateaux environnants. Sites archéologiques avec vestiges de métallurgie du fer recensés.
© L. Cabboi, C. Dumikowski, Inrap.

Une analyse spatiale et chronologique

Aborder cette thématique de recherche dans deux espaces différents sur les plans géographique, métallifère et historique permet de renforcer la pertinence de l'étude, en ne limitant pas la réflexion à un seul territoire (aussi étendu soit-il), mais en autorisant une analyse comparative. Tout d'abord, le nombre de sites archéologiques reconnus est suffisamment grand pour balayer un éventail assez large de niveaux et de cadres de production différents (peuples, cités, domaine public, domaine privé, contrôle aristocratique, exploitation domaniale, etc.). Par ailleurs, chacune des zones d'étude peut compléter l'autre en apportant des informations, notamment d'ordre chronologique, qui n'existeraient pas ou seraient peu représentées dans l'autre. En outre, la recherche porte

sur deux espaces assez vastes pour dépasser des caractéristiques strictement locales du travail du fer et mettre en évidence les modèles d'organisation propre à chaque période chronologique concernée. Les territoires étudiés paraissent assez diversifiés sur le plan géographique pour offrir l'occasion d'aborder la question de l'organisation hiérarchique des zones de production, entre elles et avec les espaces de consommation, et les stratégies techniques, économiques et commerciales que cette organisation sous-tend. Enfin, le caractère diachronique de la recherche permet d'envisager la mise en évidence des évolutions techniques des systèmes de production et de travail du fer entre le VIII^e siècle av. J.-C. et le X^e siècle apr. J.-C. et d'élargir la réflexion à l'évolution des cadres institutionnels et socio-économiques dans ces territoires de la Gaule septentrionale, au cours de la période celtique, au sein de l'Empire romain ou durant les périodes mérovingienne et carolingienne.

Toutefois, les limites géographiques d'étude ne sont pas restreintes à ces deux espaces. Des matériaux d'étude ont également été livrés par des opérations de fouilles récentes ailleurs en Île-de-France, Bourgogne et Lorraine, mais aussi en Champagne-Ardenne et Franche-Comté, ce qui élargit à terme la réflexion à l'ensemble de l'est du Bassin parisien. D'autre part, l'ensemble du massif jurassien, y compris sa partie suisse, a fourni également une documentation archéologique de qualité, en particulier pour le haut Moyen Âge, et qui révèle de fortes analogies techniques avec les ateliers de Lorraine centrale (Laurent *et al.*, 2012).

Constituer le corpus

La problématique développée implique donc que les études portent sur un corpus diversifié. Si tous les sites archéologiques connus ayant livré des vestiges mobiliers ou immobiliers de production ou de travail du fer ont été recensés dans les deux espaces géographiques d'étude et pour l'ensemble de la tranche chronologique retenue (âge du Fer, Antiquité romaine et haut Moyen Âge), le choix des sites à étudier a d'abord porté sur les contextes archéologiques associés, en fonction de la période chronologique considérée, de façon à ce que des situations, des natures et des statuts différents puissent être pris en compte. Le panel de sites retenus pour chacune des périodes chronologiques couvre donc différents niveaux de statut, aussi bien de types d'habitat (habitats ruraux, domaines agricoles, petites agglomérations ouvertes ou fortifiées, agglomérations urbaines...), que de formes d'atelier (unités de production spécialisées, isolées ou au sein d'un habitat, ateliers en contexte urbain, ateliers au sein d'unités agricoles, ateliers de transformation du minerai, ateliers de forgeage du fer...). Il était entendu aussi que les opérations archéologiques les plus récentes, pour lesquelles les données n'avaient pas encore été étudiées, étaient privilégiées. Du reste, ces opérations avaient fait le plus souvent l'objet d'une attention particulière pour ce type de vestiges, dans la mesure où des équipes spécialisées et des programmes de recherche sur cette thématique du fer étaient déjà constitués dans ces deux régions. Ceci n'a pas empêché de réétudier des sites fouillés il y a deux ou trois décennies et pour lesquels, soit aucune étude n'avait encore été réalisée, soit l'étude initiale nécessitait une reprise à l'aune des connaissances et des avancées méthodologiques acquises depuis.

À l'échelle du site, les informations recueillies sont susceptibles d'aboutir à une analyse de l'organisation du travail du fer et de sa structuration par rapport aux autres formes d'activité, ainsi que de son intégration dans la trame de l'occupa-

tion. Cette phase d'analyse est un préalable obligatoire avant d'aborder l'étude de l'organisation générale de la chaîne de production et son insertion dans la trame de l'occupation du territoire. Les types d'investigations réalisées sur chacun des sites sont fonction des éléments d'informations disponibles à l'issue de la phase de post-fouille. Dans tous les cas, ces travaux visent à déterminer la nature des activités pratiquées sur les sites étudiés et de restituer, lorsque cela est possible, les éléments de la chaîne opératoire de production. Une procédure d'enregistrement et de quantification des données, de description des déchets, commune à chacun des sites, a été mise en place à l'aide d'outils informatiques simples (*infra* chapitre 1). Un classement typo-morphologique fondé sur une identification archéométrique des déchets, couplée à un enregistrement quantitatif, a été systématiquement réalisé. Cette grille commune d'étude permet un traitement de l'information ouvrant la possibilité de comparaison intersites à l'échelle des régions d'étude, et à terme entre celles-ci.

La reprise des informations a nécessité au préalable un temps (parfois long) de recherche des mobiliers dans les différents dépôts archéologiques où ils sont stockés. La recherche de petits et très petits déchets, déterminante dans l'optique de la localisation des ateliers et des activités (*infra* chapitre 1), qui a été entreprise sur plusieurs sites (dont certains fouillés il y a plus de 15 ans), a nécessité la reprise des prélèvements de sédiments lorsqu'ils existaient et un long travail de tamisage et de tri effectué par un technicien. Les résultats très probants obtenus pour plusieurs sites justifient pleinement, à notre sens, l'investissement et les moyens consacrés⁴. Autre apport novateur de l'étude, les travaux d'identification et de lecture technique des chutes métalliques de forge impliquent une reprise minutieuse de nettoyage des surfaces par un restaurateur spécialisé⁵, permettant de mettre en lumière des gestes techniques, d'identifier certains travaux et, parfois, certains types de produits fabriqués.

La phase de constitution d'une banque de données ne peut s'entendre qu'à l'échelle pluriannuelle étant donné la tranche chronologique couverte, mais aussi le caractère assez lourd des investigations menées sur chacun des sites. Cette phase est indispensable pour permettre d'élaborer à terme une analyse de l'organisation de la production du fer, des différents niveaux d'élaboration de ce matériau, et de l'intégration de cette production dans la trame des différents niveaux hiérarchiques des formes d'occupation. Après une première année d'inventaire et de choix des sites à étudier, le PCR a fonctionné pendant deux phases triennales successives, de 2007 à 2009 et de 2010 à 2012.

On soulignera que les études paléométallurgiques ont été réalisées en étroite association avec chacun des responsables d'opérations dont le matériel a été analysé. Les résultats ont bénéficié à l'étude et à l'interprétation de chaque site. Pour les opérations récentes, l'étude métallurgique a normalement été intégrée au rapport. L'ensemble de ces informations est donc susceptible d'être utilisé pour toute présentation et toute publication à venir concernant chacun de ces sites. Les résultats peuvent en outre être intégrés à la réflexion des groupes de travail existant dans les deux régions, sur cette question de la dynamique de l'occupation du sol.

La présente publication concerne la synthèse des résultats, des réflexions et des hypothèses pour chacun des deux espaces géographiques étudiés et pour chacune des trois grandes séquences chronologiques retenues. Pour des raisons de temps, autant que d'accès aux collections archéologiques ou de disponibilité des chercheurs, les périodes romaine et altomédiévale n'ont pu être abordées que pour le bassin de la Moselle. Pour les plaines de la confluence Seine-Yonne, si la

.....

4. Résultats présentés dans les rapports annuels 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, et dans les notices d'étude de sites des volumes 2 et 3 du rapport final d'opération (Leroy et Cabboi, 2013).

5. Travaux effectués au Laboratoire d'Archéologie des Métaux, Musée de l'Histoire du fer, Domaine de Montaigu, Métropole du Grand-Nancy, Jarville-la-Malgrange.

Tabl. 1 : Nombre de sites étudiés dans le cadre du PCR « Les formes d'organisation de la production du fer ». © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Nombre de sites étudiés	Bassin de la Moselle	Confluence Seine-Yonne
Âge du Fer	12	10
Période romaine	9	
Premier Moyen Âge	10	1
Total	31	11

réflexion globale pour l'âge du Fer a intégré l'ensemble des sites recensés, il n'a pas été possible de ré-étudier la totalité des corpus de déchets métallurgiques, notamment parce que plusieurs d'entre eux ne sont plus facilement accessibles. Le dossier peut donc paraître quelque peu déséquilibré, et même si de ce fait les comparaisons entre les deux régions d'étude n'ont pu être qu'esquissées, il nous a paru essentiel de préserver dans le cadre de cette publication la trame qui a motivé la mise sur pied de ce travail. Dans le rapport final de PCR, le volume de présentation méthodologique et de synthèses (volume 1) était accompagné de deux autres volumes rassemblant les notices de chacun des sites étudiés, soit un total de 42 sites (tabl. 1).

L'importance des informations apportées par les études archéométallurgiques réalisées dans le cadre de ce PCR montre l'apport d'une réflexion développée à l'échelle d'un territoire. Un travail similaire est en cours depuis 2013 sur plusieurs secteurs géographiques du vaste espace territorial que constitue l'actuelle région administrative de Bourgogne-Franche-Comté⁶. Prenant la suite de celui qui est présenté ici, il en accentue logiquement les développements méthodologiques, les pistes de travail et les thèmes de réflexion. De plus, les travaux engagés sur la partie méridionale de l'espace Seine-Yonne vont pouvoir y être poursuivis. Les travaux archéométallurgiques⁷ qui vont porter sur les résultats des opérations archéologiques menées en 2012 et 2013 sur le tracé de la Ligne à Grande Vitesse Bretagne-Pays de la Loire, et qui ont touché une zone de production minière et sidérurgique active au cours de l'âge du Fer et du Moyen Âge, offriront nécessairement un autre ensemble de résultats directement confrontables aux précédents. Parallèlement, la poursuite des recherches sur les produits ferreux, particulièrement les demi-produits, mais aussi des artefacts à forte implication technique comme les bandages de roue ou les fers d'architecture, va continuer à affiner la caractérisation de la qualité des produits métalliques, tout autant que leurs modalités de circulation (entre les ateliers et vers les lieux de consommation) à travers l'étude de la composition chimique des inclusions non métalliques qui s'y trouvent⁸.

.....
6. Direction M. Berranger, UMR 5060-LMC-IRAMAT.

7. Coordination J.-Y. Langlois, V. Gallien, N. Zaour, Inrap.

8. Coordination P. Dillmann et S. Bauvais, LAPA/LMC-IRAMAT/CNRS-CEA.



*Scorie en culot avec la zone d'accrochage
sur la paroi du foyer (en haut) provenant du site
de « ZAC Géric » à Terville, un habitat de plaine
avec activité métallurgique daté de La Tène C-D.*

0 2 cm

Chapitre 1

Cadres méthodologiques et problématiques

Marc Leroy, Paul Merluzzo, Luisella Cabboi

Outre les restes des appareils de production, souvent d'interprétation très difficile (état de conservation généralement médiocre, en particulier pour les installations de travail du fer, absence de référentiel permettant des comparaisons directes), les déchets engendrés par les différentes séquences de travail sont généralement les seuls éléments, en l'absence des produits eux-mêmes, permettant d'identifier les chaînes opératoires. Le développement des méthodologies d'étude des déchets paléométagiques ont abouti à mieux caractériser les déchets associés à ces différentes séquences (Dunikowski *et al.*, 1996; Mangin, 2004; Serneels *in* Anderson *et al.*, 2003; Serneels, 2005; Le Carlier *et al.*, 2007; Berranger, 2014). Les conditions physico-chimiques qui président à la formation des déchets, l'agencement des dispositifs de travail et les gestes techniques sont autant de paramètres qui interagissent pour conférer aux déchets leur nature et leur aspect. On peut ainsi considérer que des travaux similaires, menés dans des conditions similaires, doivent donner des déchets comparables. Au contraire, des travaux différents devraient générer des déchets différents. L'observation et la description morphologiques des déchets représentent donc une étape essentielle et fondamentale.

Les déchets de la réduction du minerai présentent un panel de catégories et de formes relativement restreint et maintenant assez bien connu en raison de leur abondance sur les sites d'atelier spécialisé et des nombreuses études archéométagiques publiées. En revanche, les déchets des activités de post-réduction (travail du fer au sens large) ne bénéficient pas encore du même niveau de connaissance. Si les grandes catégories sont définies (scories en forme de culot ou calotte, scories argilo-sableuses, battitures, fragments de fer), les recherches sont actuellement nombreuses et variées pour tenter de caractériser les différentes familles et sous-catégories, d'en comprendre les modes de formation et de pouvoir les associer à des types de travail ou d'activités.

La chaîne opératoire de production du fer : aspects techniques et approches méthodologiques

Les vestiges archéologiques découverts sont les témoins d'une série d'opérations qui ont transformé, par étapes successives, le minerai en un objet métallique fonctionnel (Serneels, 1998; Mangin, 2004). Ces opérations constituent une chaîne opératoire de production (fig. 4). Simplifiée, la chaîne opératoire de la métallurgie du fer comporte trois stades principaux. Le premier consiste en l'acquisition de la matière première (extraction du minerai) et sa préparation (lavage, tri, cuisson, concassage), y compris la fabrication du combustible (charbon de bois) nécessaire à l'ensemble des opérations métallurgiques. Le deuxième réside en la transformation du minerai en fer métallique par un processus de réduction des oxydes de fer contenus dans le minerai, à hautes températures (plus de 1200 °C), dans un four fermé et ventilé, le bas fourneau. Enfin, le troisième comprend la transformation du fer brut ainsi obtenu en fer forgeable (encadré p. 19), puis de celui-ci en produits forgés commercialisables; l'ensemble de ces séquences opératoires est regroupé sous l'appellation d'activités de forge.

La chaîne opératoire est en général très séquencée. C'est évident en ce qui concerne l'activité minière, qui a lieu à des endroits précis (les gisements de minerai de fer) et qui fait appel à des techniques et à des savoir-faire spécifiques qui ne sont pas similaires à ceux mis en œuvre en métallurgie. Pour la chaîne opératoire proprement métallurgique, on constate assez souvent une division géographique des différents stades de la production. Sur un site donné, on n'exécute qu'une gamme de travaux limités. Les matières premières, les produits intermédiaires ou les produits finis sont échangés et passent d'un atelier à l'autre. C'est ce système et son évolution, suivant les régions et les époques, qu'il faut restituer. Il s'agit d'établir des liens entre la production primaire (mine et réduction), les industries de transformations (forge) et les circuits de distribution et de consommation.

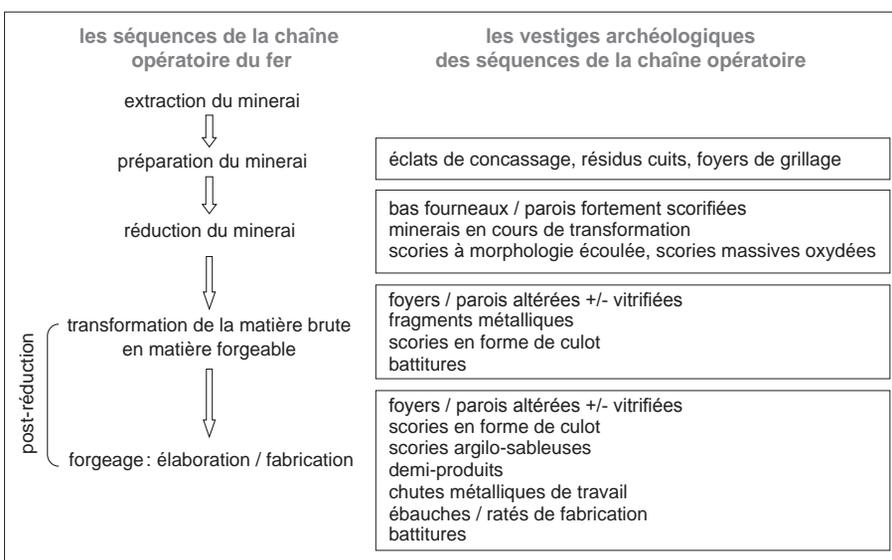


Fig. 4 : Schéma simplifié des principales séquences de la chaîne opératoire de production et de travail du fer, et des déchets correspondants.

© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

La transformation du fer brut en fer forgeable et en produits forgés

De par leur nature, les blocs de fer brut doivent subir plusieurs étapes de travail pour être convertis en un métal forgeable, puis en un produit forgé. Cette partie de la chaîne opératoire est appelée post-réduction. Ces séquences de travail peuvent se dérouler en continu dans le même atelier, ou par étapes séparées au sein du même atelier ou dans des ateliers différents.

Les phases de travail conduisant à l'obtention d'une masse de métal compacte sont appelées travail de compactage-affinage. La morphologie initiale du bloc et la destination du métal (son usage) guident le choix du type d'intervention et son intensité. Plus la quantité de travail appliquée sera grande, plus le métal s'éloignera de son image d'origine.

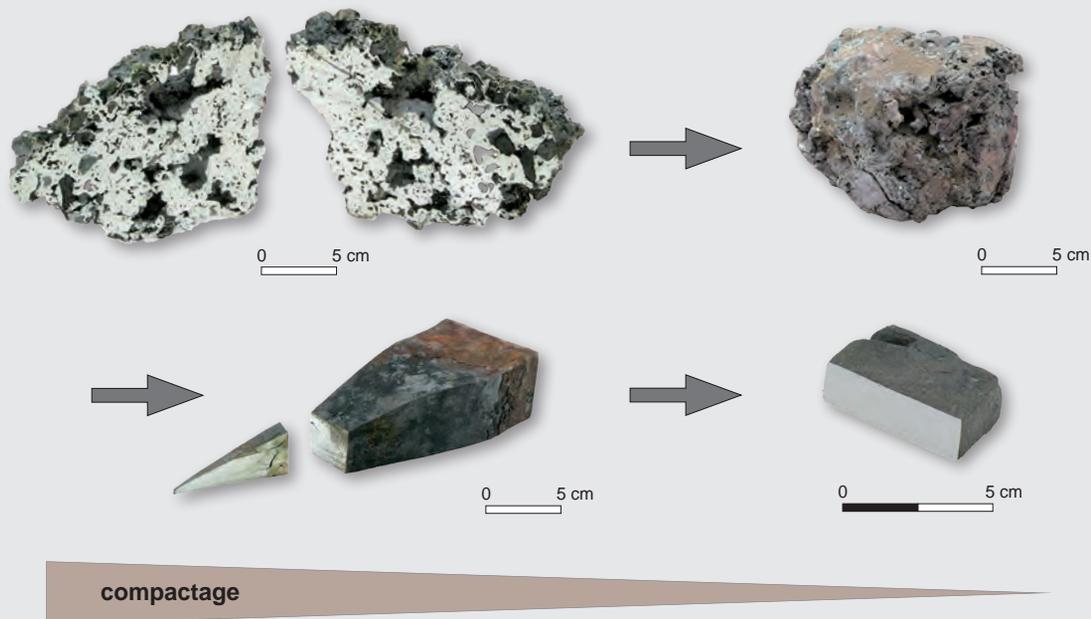


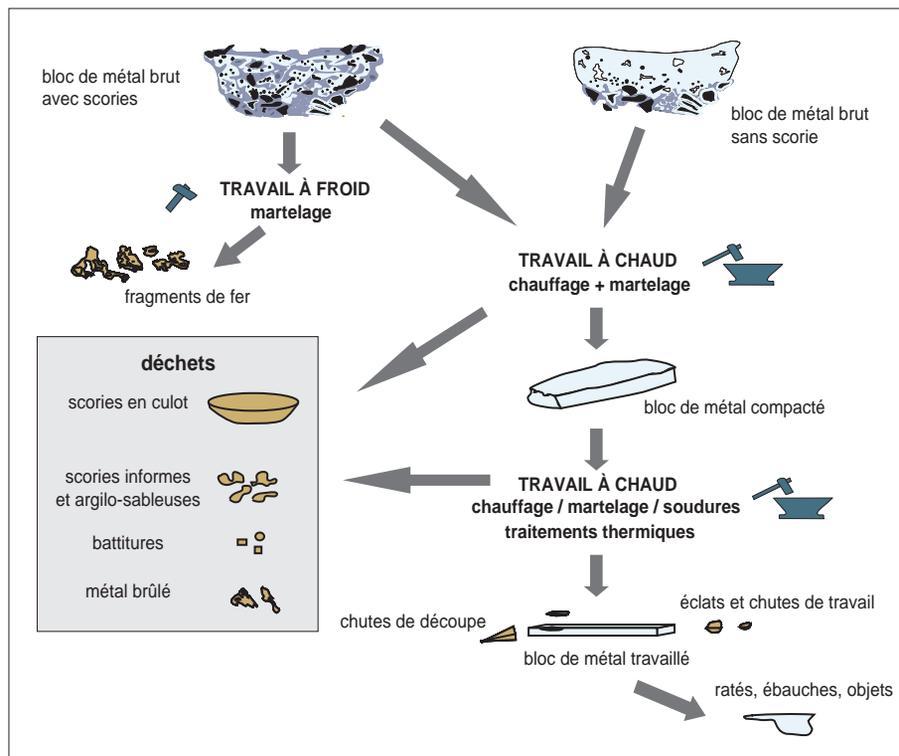
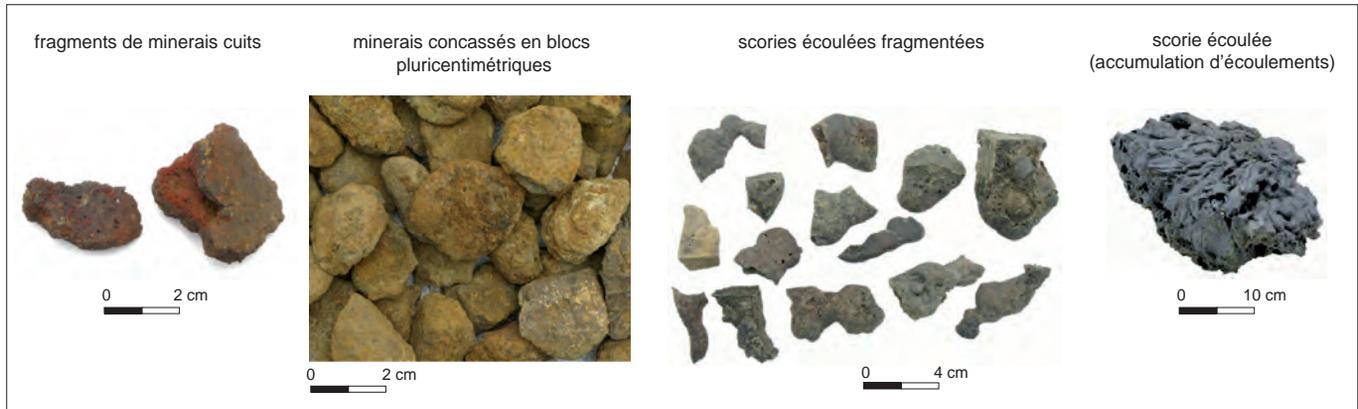
Schéma simplifié des étapes de la transformation du fer brut produit lors de la réduction du minerai, en fer forgeable et en produits finis. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Les principes de base

Tout au long de la chaîne opératoire, les sidérurgistes et les forgerons produisent des déchets (fig. 5 et 6). La forme, l'aspect, la composition chimique et minéralogique de ces derniers sont extrêmement variés. Aussi, pour disposer d'une vision complète des différentes catégories de déchets présents dans un atelier sidérurgique, l'observation doit porter sur le prélèvement le plus large possible. L'étude macroscopique est fondamentale et constitue un préalable indispensable pour orienter les investigations pétrographiques et métallographiques et asseoir les interprétations.

La description des déchets métallurgiques est relativement complexe car, comme ce sont des déchets, leur taille et leur forme sont en partie aléatoires. Toutefois, l'examen des morphologies et des aspects de surface permet tout à la fois de repérer des indices sur les modes opératoires, leur conduite (donc les gestes

techniques), sur certains aménagements des structures de production (forme des foyers, position de la ventilation...) et même parfois d'identifier des traces d'outils. Les études pétrographiques et métallographiques nous renseignent sur les conditions physico-chimiques de leur formation (processus, conditions thermiques...). L'ensemble des critères morphologiques, pétrographiques et métallographiques rassemblés participe à la compréhension du processus opératoire. Une des principales difficultés des études réside dans la fragmentation importante qu'a subie ce matériau après sa formation et au cours de son enfouissement.



▲ Fig. 5 : Exemples de résidus et déchets provenant des opérations de réduction du minerai de fer : résidus de préparation de minerai et fragments de scories de morphologie écoulee. © P. Merluzzo et M. Leroy, LMC-IRAMAT.

◀ Fig. 6 : Chaîne opératoire du travail du fer postérieure à la réduction du minerai. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

La typologie et la description des déchets sidérurgiques

Séquence de réduction et séquences de post-réduction sont notamment caractérisées sur le plan des vestiges archéologiques par des types de déchets bien différenciés¹, pour autant que ces éléments puissent être correctement identifiés. Pour la réduction, outre les résidus de minerai non utilisés ou partiellement réduits, il s'agit de scories (déchets de la fusion de la gangue du minerai à l'intérieur du bas fourneau) où dominent des faciès à morphologie d'écoulement (que celui-ci ait lieu à l'intérieur ou à l'extérieur de la cuve: fig. 5), ainsi que de fragments de paroi de four en terre cuite fortement transformée par l'impact thermique (épaisses strates de cuisson, vitrification, scorification et fusion de surface). Pour la post-réduction (fig. 6 et 7), ce sont des scories en forme de calotte hémisphérique, souvent de section plano-convexe, des petites scories légères à surfaces lobées et formes tortueuses, des scories et des rognons oxydés et magnétiques, des éclats et fragments métalliques, des battitures (paillettes ou billes d'oxydes de fer magnétique).

.....
 1. Pour la définition et la description des déchets de la chaîne de production du fer, on se reportera à Mangin, 2004, chapitres 2 et 3, ainsi que les figures 1 et 2 de l'introduction p. 8 et 9.

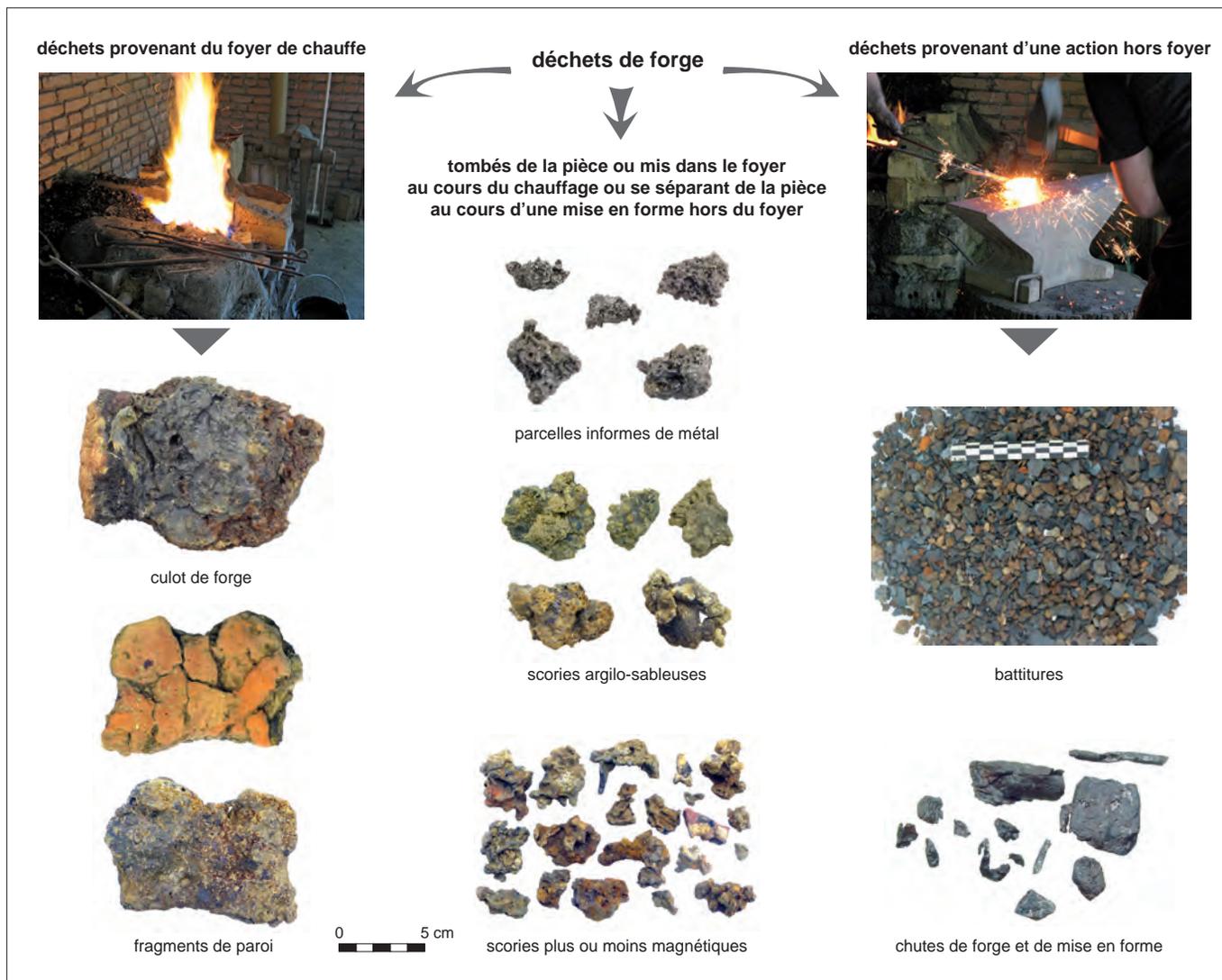


Fig. 7: Les principales catégories de déchets produits par le travail de forgeage du fer.
 © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

En revanche, les différentes séquences des phases postérieures à la réduction sont plus difficiles à distinguer les unes des autres, en raison des similitudes assez importantes des différents types de déchets qu'elles produisent. C'est un des objectifs des travaux paléométaburgiques en cours que de mettre en évidence des critères discriminants.

L'analyse macroscopique des déchets métallurgiques porte sur l'ensemble du matériel récolté lors de la fouille. Celui-ci fait l'objet d'un tri sur la base de différenciations morphologiques pour aboutir à une série de catégories distinctes et significatives. Ces distinctions font intervenir la morphologie et l'aspect général, ainsi que la nature des matériaux qui constituent le déchet. Elles aboutissent à des catégories de déchets caractérisant une origine technique et/ou fonctionnelle et, dans une certaine mesure, un processus de fabrication théoriquement identifiable (tabl. 2).

Chaque catégorie de déchets fait l'objet d'une description générale et les individus remarquables d'une description morphologique de détail. Ceux-ci correspondent le plus souvent aux pièces complètes ou, à défaut, à celles qui apparaissent comme les plus significatives. Des sous-catégories peuvent être identifiées à partir de distinctions morphologiques, dimensionnelles ou en fonction de la nature des matériaux associés. À chaque stade, les caractéristiques globales des ensembles sont enregistrées (morphologie, dimensions, matériaux, particularités...). Les données métrologiques peuvent être traitées sous forme statistiques de manière à faire apparaître des caractéristiques propres à des groupes ou des sous-groupes au sein d'une même ensemble typologique ou entre divers ensembles.

Tabl. 2 : Listes des catégories de déchets sidérurgiques retenus pour l'enregistrement normalisé. La catégorie « déchets associés » correspond à des éléments pouvant se rattacher au travail du fer : les fragments d'alliages cuivreux, tout comme les fragments de creusets en terre cuite, peuvent révéler des pratiques de brasure pour l'assemblage de pièces ou des travaux de décoration ; certains matériaux lithiques peuvent être révélateurs de travaux de finition des pièces fabriquées (polissage, aiguisage).

© M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Déchets de réduction	Déchets de post-réduction	Déchets indéterminés	Déchets associés
Minerais bruts	Scories en culots (complètes)	Scories indéterminées	Débris et fragments d'alliages cuivreux (gouttes, billes, tôles...)
Minerais scorifiés (= transformation partielle)	Scories en culots (fragments)	Fragments métalliques indéterminés	Matériaux lithiques (aiguisoirs, meules, polissoirs...)
Scories internes	Scories informes non magnétiques		Matériaux de terre cuite (moules, creusets...)
Scories écoulées	Scories informes magnétiques ferreuses		
Scories magnétiques	Scories argilo-sableuses		
Débris et fragments métalliques	Scories en petites coulures		
Parois de four	Scories charbonneuses		
	Rognons magnétiques ferreux		
	Débris et fragments métalliques		
	Parois de foyer		

L'enregistrement normalisé

La thématique traitée exige de pouvoir comparer l'information entre les sites, ce qui nécessite un enregistrement normalisé. Les descripteurs retenus sont listés dans le tableau 2. Une quantification (dénombrement et pesage) a été réalisée par catégories de matériaux et de déchets, par unité stratigraphique et par structure (fig. 8). L'utilisation d'un tableur permet d'établir des calculs automatisés, ainsi que des bilans statistiques sous forme de diagrammes (fig. 9). Les informations provenant de différents sites peuvent ainsi être comparées à partir de bases similaires. Ces données permettent d'évaluer l'importance des activités et d'aborder les questions de volumes de production, en couplant par la suite ces données avec celles fournies par les analyses chimiques (*infra*). L'enregistrement est effectué par unité et/ou ensemble stratigraphique en nombre de restes (NR) et en poids (en grammes). Les culots entiers ainsi que les débris et chutes métalliques sont enregistrés en nombre minimum d'individus.

À l'intérieur des différentes catégories de déchets paléométallurgiques, l'enregistrement et les descriptions morphologiques sont réalisés suivant les grilles de description typo-morphologique mises au point lors de plusieurs études méthodologiques antérieures : vestiges de la forge gallo-romaine des « Bordes » à Nailly (Yonne : Dunikowski *et al.*, 1996), vestiges de la forge des « Saux » à Châbles (canton de Fribourg, Suisse : Anderson *et al.*, 2003), vestiges de l'atelier de forge gaulois du Puy-de-Grâce (Corrèze : Le Carlier *et al.*, 2007). Ces critères sont résumés dans deux ouvrages collectifs (Mangin, 2004, particulièrement les chapitres 2 et 3 ; Leroy *et al.*, 2015, chapitres 3 et 4).

L'assemblage des déchets

Certains déchets sont produits au cours d'un unique acte technique. D'autres sont le résultat d'un ensemble de gestes, correspondant à une séquence de travail. Une séquence de travail n'engendre pas un seul type de déchets, mais un assemblage de déchets de natures différentes, en proportions variées. Il est donc nécessaire de prendre en compte tous les déchets présents dans un atelier pour décrire précisément l'activité dans son ensemble. Si l'on aborde précisément la question des étapes de travail du métal, on peut considérer qu'il s'agit de transformer un bloc de fer plus ou moins compact et contenant plus ou moins d'inclusions en une matière compactée forgeable, elle-même transformée ensuite en objets manufacturés (cf. fig. 6 et encadré p. 19). Il est probable qu'une première phase de martelage à froid du bloc de fer brut est destinée à éliminer les excroissances de scories et de fer. Elle est suivie de plusieurs séries de cycles de chauffage et de martelage, destinées d'abord à épurer et compacter le produit métallique brut, puis à lui faire subir des déformations plastiques pour lui donner une forme et des caractéristiques techniques appropriées.

On peut aussi considérer que chaque étape produit un certain panel de déchets spécifiques propres à l'identifier. On peut au moins en dresser la liste d'un point de vue théorique. Mais dans la réalité, les choses sont beaucoup plus complexes, car le nombre et la nature des traitements pratiqués peuvent être assez variables et sont fonction de nombreux paramètres, comme la nature du métal, son volume ou la complexité du produit final à réaliser, tout autant que les habitudes du forgeron. Comme plusieurs étapes de travail sont généralement réalisées successivement, les déchets de ces travaux sont souvent mélangés et donc difficiles à discriminer. De plus, ils présentent souvent de fortes similitudes morphologiques, en particulier parce que toutes ces étapes mettent en œuvre

INVENTAIRE EN NOMBRE DE RESTES

SITE: VEYMERANGE Hameau de (VIe - XIIe s.)																	
NR / NMI	REDUCTION							FORGE									
	Minerai brut	Minerai scorifié	Scorie écoulée	Scorie interne	Scorie magn.	Fer	Paroi de four	Paroi de foyer	Scorie en culot complète						Scorie en culot		
									SAS	SAS+SGD	SGD	SGD+SFR	SFR	SFR+SAS	SAS	SAS+SGD	SGD
Décapage			7					15									
US 1003								2				1					
US 1004																	1
US 1006																	
US 1020								1									
US 1021			2					1							4		
US 1026			10					1									
US 1039																	
US 1041			1					1									
US 1043			2														
US 1055																	
US 1133								1									
US 1139								1									1
US 1159																	
US 1161																1	
US 1168										1							
US 1182																	
US 1208																	
US 1210																	
US 1238			3					7									
US 1246			1														
US 1257																	
US 1261								1									
US 1321								1									
US 1356			3					12			2						6
US 3050								2									
NMI									0	1	2	1	0	0			
NR	0	0	29	0	0	0	0	46							0	5	8

Fig. 8 : Exemple de tableau inventaire utilisé pour l'enregistrement des déchets archéométallurgiques par unité stratigraphique (site « des Hameaux de Veymerange » à Thionville-Veymerange). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

des gestes et des conditions techniques assez proches. C'est pourquoi la discrimination des différentes séquences de la chaîne opératoire postérieures à la réduction est difficile. Cependant, comme chaque étape de cette chaîne de fabrication ne produit pas un seul type de déchets, mais un assemblage de types de déchets, c'est sur cette notion d'assemblage que les paléométallurgistes essaient de travailler. C'est l'assemblage de déchets qui, en théorie, caractérise l'atelier et permet d'identifier la nature des activités pratiquées et ainsi les comparaisons. Il est donc fondamental de prendre en compte l'ensemble des catégories de déchets présents sur un site et de caractériser leur assemblage.

Ces connaissances (ou un maximum d'entre elles) sont indispensables pour assurer la cohérence de l'échantillonnage sur lequel vont porter les études archéométriques et les interprétations. Aucune interprétation paléométallurgique ne peut s'appuyer sur l'étude d'une seule catégorie de matériel, ni sur une seule méthode d'investigation. C'est la convergence de l'ensemble des résultats apportés par les études archéologiques comme archéométriques qui permet d'asseoir et d'orienter les interprétations à différentes échelles d'étude (produits, gestes techniques, procédés, organisation des ateliers et de la production...).

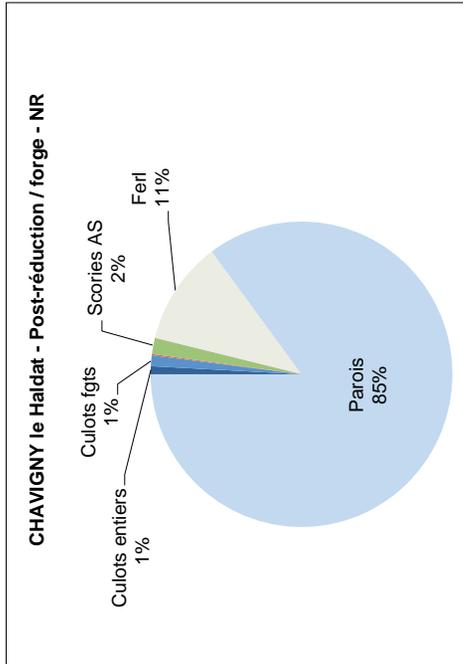
Site fragmentée			Scorie informe			Scorie AS	Scorie coulure	Scorie charbon.	rogon magn.	Fer	Scorie ind.	Fer ind.	Cuivreux	Roche	Battitures
SGD+SFR	SFR	SFR+SAS	SAS+SGD	SGD	SFR	SAS	SGD	SGD							
					2					1					
						4									
			1		1										
					4	?				10					
				1	2	7									
					1										
			2			3									
				1											
					1	6									
						2									
						1									
						3									
						1									
	2														
		1													
						2									
6						12				4					
										15					
6	2	1	3	2	11	41	0	0	0		0	0	0	0	

Critères d'identification des ateliers

L'étude des formes d'organisation de la production du fer ne saurait être pertinente sans que soient abordés un certain nombre de questionnements portant autant sur la nature des sites découverts, que sur les critères objectifs de reconnaissance des types d'activité et d'identification des différentes séquences de la chaîne opératoire. Ainsi, s'interroger sur les critères d'identification des ateliers permet d'aborder la question de leur fréquence dans la trame de l'occupation du sol, tout autant que celle de leur localisation au sein des différents contextes étudiés. S'interroger sur les critères de caractérisation de la nature des activités pratiquées – assemblage des différentes catégories de déchets de travail, absence ou surreprésentation de certains d'entre eux – amène à proposer des schémas d'organisation spatiale des étapes de la chaîne de production et de la distribution des demi-produits successifs. Ces indicateurs doivent permettre de mesurer l'importance des activités de production et de travail du fer dans les espaces géographiques considérés.

CHAVIGNY le Haldat (Meurthe-et-Moselle), VIII^e - X^e s.

NR		POST-REDUCTION / FORGE		Sco Ind.	
RÉDUCTION					
Minerais	1656	Culots entiers	6		512
Scories	1357	Culots fgts	8	Métal ind.	0
Fer	0	Scories informes	1	Roches	6
Parois	0	Scorieso AS	12	Cuivreux	0
Total	3013	Scories coulures	0		
		Scories charbon.	0		
		Rognons magn.	0		
		Fer	78		
		Parois	602		
		Total	707		
Total	4232				



Masse en g		POST-REDUCTION / FORGE		Sco Ind.	
RÉDUCTION					
Minerais	16153	Culots entiers	1738		8547
Scories	20739	Culots fgts	1459	Métal ind.	0
Métal	0	Scories informes	111	Roches	0
Parois	0	Scorieso AS	51	Cuivreux	0
Total	36892	Scories coulures	0		
		Scories charbon.	0		
		rognons magn.	0		
		Fer	1715		
		Parois	4116		
		Total	9190		
Total	54629				

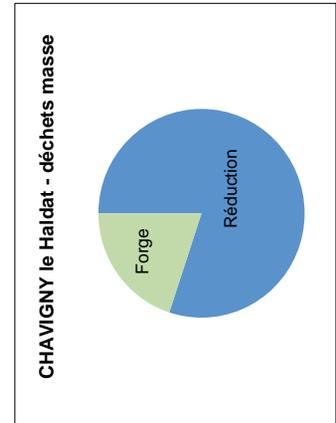
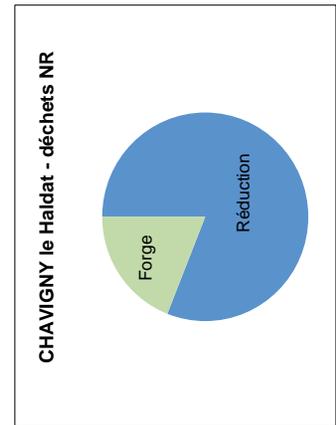
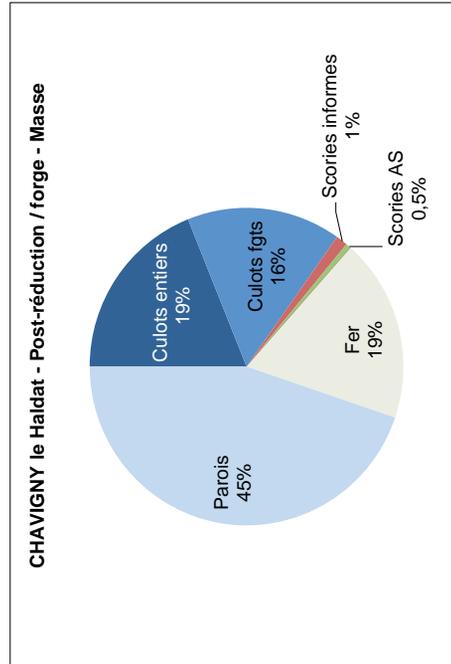


Fig. 9 : Exemple de fiche bilan récapitulatif de l'inventaire des déchets archéométriques, par catégories en nombre de restes et en poids, et étapes de la chaîne opératoire (site « du Haldat » à Chavigny). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

La fréquence des occurrences d'indices d'activités métallurgiques

La multiplication des découvertes archéologiques et les nombreuses fouilles d'habitats ont rendu la découverte de résidus d'activités de métallurgie du fer relativement fréquente. Le calcul de la fréquence de cette occurrence, pour les régions étudiées, n'a été que partiellement abordé dans le cadre de ce travail. Ainsi, le dénombrement réalisé pour le premier Moyen Âge dans la zone d'étude du bassin de la Moselle révèle que la moitié de la cinquantaine de sites recensés (hors ateliers individualisés) ont livré ce type de déchets. Pour l'âge du Fer, dans la même zone d'étude, seulement 15 % des sites de la période Ha D2-D3 / LT A-B1 (fin VI^e-début IV^e siècle av. J.-C.) et seulement 20 % des sites de la période LT B2 / LT D2 (milieu IV^e-milieu I^{er} siècle av. J.-C.) semblent abriter des activités de production ou de travail du fer. Dans la zone de confluence Seine-Yonne, la carte des implantations de sites de l'âge du Fer renvoie l'image d'un apparent « bruit de fond », de très nombreux habitats ayant livré ce type d'artéfacts². Pour la période gallo-romaine, les études sur l'artisanat dans les villes antiques soulignent amplement cette fréquence (Mangin, 1996; Béal et Goyon, 2002). La multiplication des découvertes archéologiques a imposé progressivement l'idée que le travail du fer y était largement présent et que, au vu de la répartition des découvertes, les ateliers paraissaient généralement assez dispersés dans l'ensemble du tissu urbain. Pourtant les connaissances sont le plus souvent très imprécises, en particulier parce qu'elles sont rarement fondées sur la découverte d'atelier et de structure de production.

La présence de déchets métallurgiques révèle-t-elle toujours l'existence d'un atelier ?

La réponse positive à cette question a longtemps semblé une évidence. Ceci a notamment permis de supposer des activités de réduction du minerai de fer dans les agglomérations, mais aussi d'envisager une assez grande dispersion des ateliers de travail du fer aussi bien dans les campagnes qu'à l'intérieur du tissu urbain. Or, à y regarder de plus près, cette équation n'a rien de systématique. Les lots de scories métallurgiques peuvent appartenir à d'autres contextes, ce qui amène à s'interroger sur l'évacuation et la réutilisation des déchets de production encombrants. Cet aspect est bien mis en évidence par les études des catégories de déchets conservés, présentées ci-dessous.

À notre avis, ce questionnement doit intégrer les différents niveaux de typologie et de statut des sites, et considérer séparément chacune des périodes et des sous-périodes chronologiques. Il n'amènera pas de réponse unique. Il paraît en effet probable, au regard des réflexions présentées ci-dessous, qu'on ne peut considérer de la même manière quelques centaines de grammes de déchets retrouvés sur un habitat de la fin du premier âge du Fer (et *a fortiori* plus ancien) et quelques dizaines de kilogrammes éparpillés dans de nombreuses unités stratigraphiques d'une fouille urbaine, en contexte gallo-romain ou médiéval. À titre d'exemple, on peut évoquer ici le cas des scories de réduction présentes sur des sites d'habitat, en dehors d'atelier clairement identifié, et notamment celles découvertes en contexte urbain pour la période gallo-romaine. Des études conduites sur des lots de scories découverts dans des villes antiques situées hors de nos zones d'étude ont amené à réfuter la présence d'atelier (Bienfait, 2002; Leroy et Merluzzo, 2010).

.....

2. Le constat a aussi été fait pour le nord du Bassin parisien au second âge du Fer: Bauvais, 2007; Bauvais *et al.*, 2007.

À Autun (Saône-et-Loire, capitale des Éduens), Entrains-sur-Nohain et Champallement (Nièvre), Seveux-Savoieux (Doubs), certains déchets découverts (scories à faciès d'écoulement et parfois de restes de minerais cuits ou partiellement transformés, ou de fragments de paroi de four) présentent des morphologies (en forme d'épaisses accumulations d'écoulements cordés) ainsi que des compositions chimiques qui assurent qu'il s'agit bien de déchets de réduction. Toutefois, les quantités de déchets découverts paraissent trop faibles (quelques centaines de grammes à quelques kilogrammes) pour signaler sans équivoque la présence sur place d'un atelier de réduction. De plus, aucun de ces ensembles de scories n'est associé à des structures pouvant être identifiées comme des fourneaux de réduction. Surtout, l'analyse des contextes de découvertes montre que l'on a affaire, soit à des dépotoirs hors de tout indice de structure d'atelier (« Faubourg d'Arroux » à Autun; « les Chenières » à Seveux-Savoieux), soit à des réutilisations de matériaux dans des remblais de voirie (Champallement), de sols (Champallement; Entrains), ou dans des fondations de bâtiments (Champallement). Les déchets de réduction y sont en outre généralement mélangés à des déchets de forge. Ces déchets de réduction utilisés comme remblais peuvent avoir été apportés depuis des ateliers situés dans la périphérie de ces agglomérations. À Champallement, une grosse butte de scories dont les couches ont livré des tessons de céramiques gallo-romaines est attestée à une distance d'environ 500 m (mais la relation avec l'agglomération n'est pas connue). Par ailleurs, les agglomérations d'Entrains-sur-Nohain et de Champallement sont situées au cœur de secteurs géographiques où existent des concentrations de ferriers, en grande partie antiques, indiquant le développement d'une forte activité de production primaire de fer brut (Leroy, 2001).

Ces exemples montrent que l'interprétation du contexte archéologique est essentielle, y compris pour les déchets de post-réduction. Ainsi, l'éparpillement dans de nombreuses unités stratigraphiques des déchets recueillis sur les chantiers de la « Chambre des Métiers » ou de l'« Îlot Turmel » à Metz ne plaide pas pour la présence d'ateliers à ces deux endroits au cours de la période romaine, d'autant que certains contextes concernent clairement des phases de remblais ou de construction. Dans un autre registre, les cinq fragments de scories de réduction recueillis dans le comblement d'un poteau de l'habitat altomédiéval de Molvange (Moselle) n'indiquent pas (en l'absence d'autre indice) qu'elles ont été produites sur le site; elles pourraient tout aussi bien être plus anciennes: il s'agit simplement de matériaux en contexte de réutilisation.

L'évacuation et la réutilisation des déchets

Si les déchets de réduction du minerai peuvent avoir été, dans une certaine mesure, apportés de l'extérieur de l'agglomération, ce n'est probablement pas le cas des déchets produits par les activités de transformation et de forgeage du fer. Néanmoins, là aussi, la présence de scories et autres déchets métalliques ne signe pas obligatoirement celle d'un atelier. L'examen de la représentation du panel de déchets conservés permet de faire la différence entre contexte d'atelier et contexte de dépotoir ou de réutilisation.

On peut s'appuyer sur l'exemple de la petite agglomération antique de Bliesbruck dans le nord-est de la Lorraine actuelle (Moselle: Petit, 2005; Bienfait, 2002; Leroy et Merluzzo, 2010). Tous les secteurs fouillés de manière extensive ont livré des quantités relativement importantes de déchets du travail du fer (ainsi du reste que des alliages cuivreux): 310 kg dans « le quartier ouest », 30 kg dans « le quartier est », 150 kg dans « le secteur des thermes », 190 kg dans

« l'ensemble 08 ». Ceux-ci se rapportent exclusivement aux séquences de post-réduction. Leur étude complète a permis de quantifier, pour chacun des secteurs, les différents types de déchets (fig. 10). Si l'on compare la représentation en poids des différentes catégories de déchets, on s'aperçoit d'une forte similitude entre les trois secteurs situés le long de la voirie principale (« les quartiers d'artisans et de commerçants »). L'existence d'un panel de déchets assez complet suggère réellement la présence d'ateliers. En revanche, le secteur des thermes apparaît complètement différent avec, d'une part, un panel de déchets incomplet souligné par la quasi-absence de fragments métalliques et de fragments de parois de fours; d'autre part, une surreprésentation des gros déchets, en particulier des scories en forme de culot, avec en corollaire une sous-représentation des déchets de petites dimensions. Or l'examen des contextes archéologiques montre que ces scories sont dispersées dans les unités stratigraphiques, qu'elles sont souvent associées à des matériaux divers et que ces ensembles peuvent être interprétés comme des remblais de construction (voirie, fondations). Il ne s'agit donc pas de rejets à l'emplacement des ateliers. La présence presque exclusive de gros éléments suggère un tri initial. On peut donc supposer que ces éléments en vrac proviennent d'une collecte effectuée dans les rejets des ateliers présents dans les autres secteurs du site. En effet, les quantités de déchets retrouvés dans les zones d'ateliers réellement identifiés restent somme toute relativement faibles, au regard de la quantité de déchets qu'une telle activité devrait normalement produire (quelques dizaines de kilogrammes au plus). Tous les déchets ne sont donc pas conservés dans le cadre de l'atelier (ce qui peut paraître logique en matière d'organisation et de gestion des espaces de travail). De même, malgré une fouille assez large des espaces occupés par les bâtiments et leur périphérie, il n'apparaît pas non plus de grandes zones dépotoirs qui leur seraient associées. On peut donc postuler une évacuation régulière des déchets produits par ces activités, dont une partie au moins pourrait avoir trouvé un débouché dans les programmes de constructions et d'aménagements urbains.

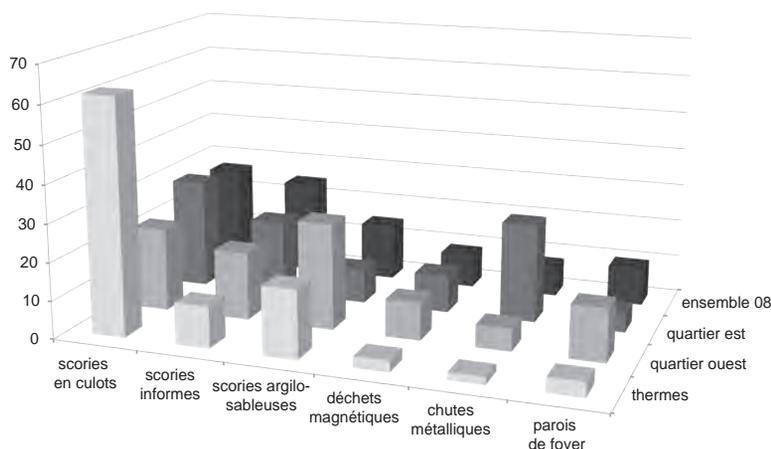


Fig. 10: Proportion des différentes catégories de déchets de travail du fer dans les différents secteurs de fouille de l'agglomération antique de Bliesbruck : la surreprésentation des scories en culot (les déchets de plus grandes dimensions) dans le secteur des thermes, ne correspondant pas au panel de déchets d'un dépotoir d'atelier, à la différence des autres secteurs, identifie bien la réutilisation de gros matériaux dans des remblais de construction. © M. Leroy, LMC-IRAMAT, comptage M. Bienfait.

La caractérisation de la nature des activités

Caractériser la nature et l'activité d'un atelier métallurgique par le type d'assemblage des différentes catégories de déchets constitue une des avancées méthodologiques récentes. Il ne s'agit donc plus de définir les activités par l'étude d'un seul type de matériau, mais de les caractériser en termes de proportions respectives des différentes catégories de déchets, aussi bien qu'en termes de présence / absence. On illustrera l'importance de cette démarche par des exemples tirés des ateliers de la petite bourgade de Bliesbruck, déjà évoqués, par ceux de la capitale de cité des Médiomatriques, *Divodurum*-Metz (Moselle) et par la comparaison des bilans quantitatifs tirés de l'étude des contextes de travail du fer de l'espace lorrain.

Les catégories de déchets

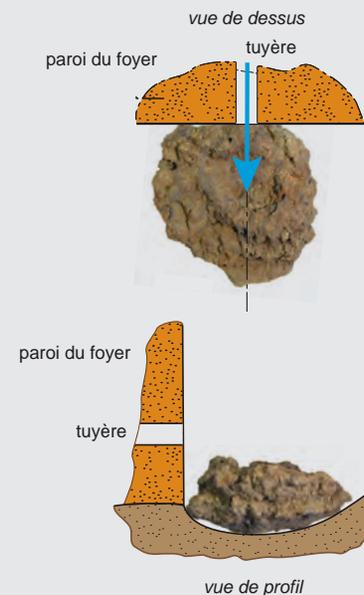
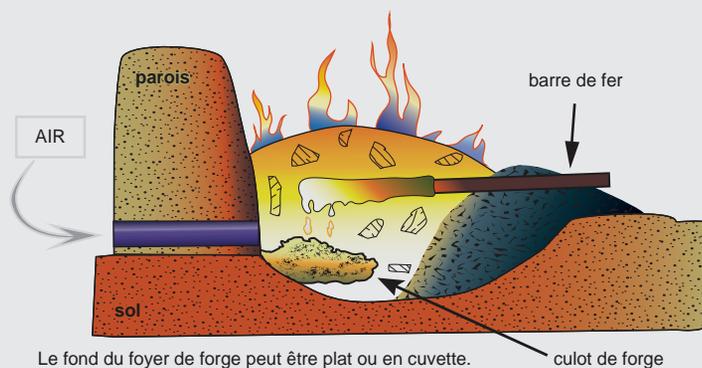
Les scories en forme de culot (ou calotte) hémisphérique plus ou moins régulière se forment à la base du foyer de forge, par accumulation successive de matériaux fondus, ajoutés volontairement dans le feu de forge par l'artisan, pour protéger la surface du métal de l'oxydation, auxquels s'ajoutent les pertes de fer (encadré ci-dessous). La morphologie caractéristique de ce déchet le rend facilement identifiable et son caractère plus massif que les autres déchets de forge fait qu'il se conserve mieux. Sa forme générale traduit celle du réceptacle dans lequel les matières s'accumulent et renseigne donc sur certaines caractéristiques du foyer. Par ailleurs, les matières qui constituent ces déchets et la façon dont elles s'agencent semblent révélatrices de gestes opératoires et de types d'activité (Le Carlier *et al.*, 2007). Toutefois, on signalera que toutes les activités de forge

Les culots de forge

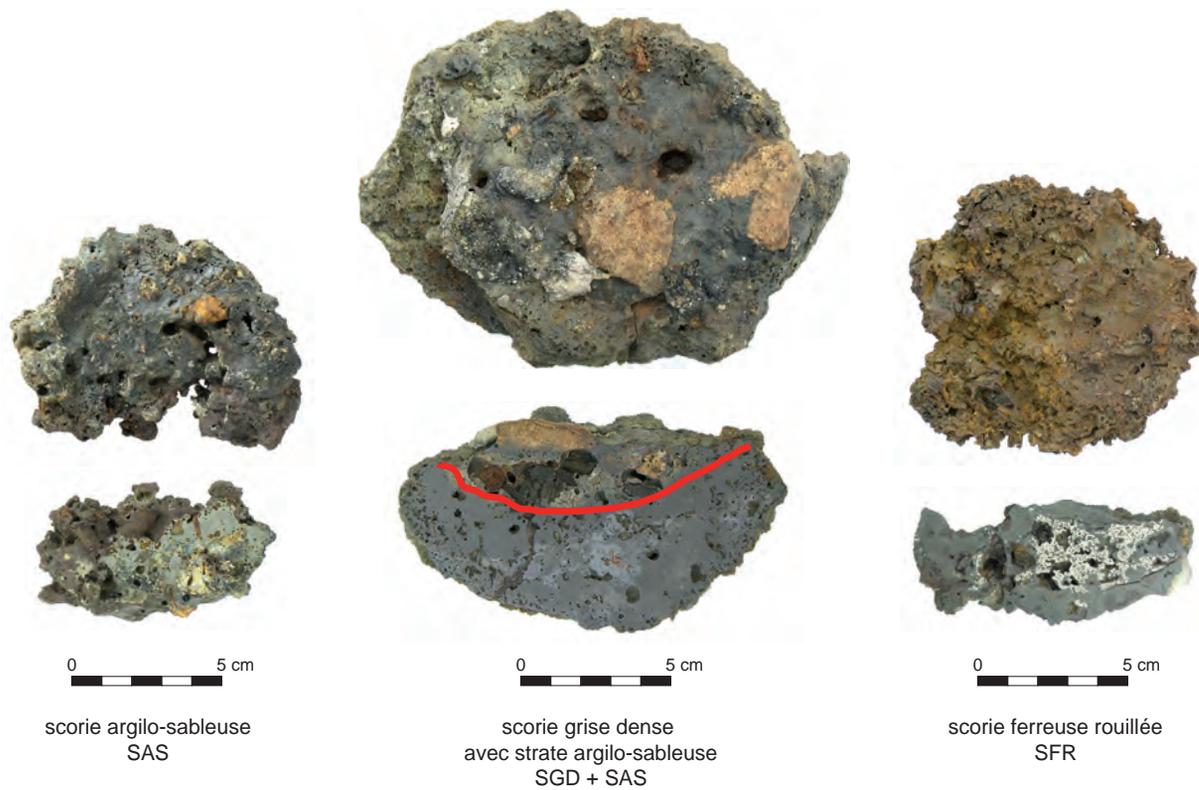
Les culots sont des déchets caractéristiques des activités de forge. Leur morphologie est très variée. Leur dimension dépend de celle de la zone de chauffe, elle-même liée à celle de la pièce à chauffer. Leur forme dépend à la fois de leur composition et de la morphologie du foyer de forge. Ils peuvent être plats, plano-convexes ou informes, et d'épaisseur variable. La présence d'un bord rectiligne et/ou sub-vertical, parfois associé à des restes de paroi fondue, révèle le bord d'accroche du culot à la paroi du foyer portant le trou d'arrivée d'air.

Le culot est plano-convexe, de plan ovale. La partie inférieure très régulière moule le fond du foyer de forge. La partie supérieure est composée de strates ovales concentriques superposées, centrées à l'avant du trou d'arrivée d'air. Sur la section, les limites de strates sont soulignées par des alignements de vacuoles.

Le culot de forge se forme généralement sous l'orifice d'arrivée d'air et se trouve collé à la paroi. Outre la scorie formée par combinaison des oxydes de fer et des ajouts de forge, tout produit introduit volontairement ou non dans le foyer de forge peut alimenter le culot : scorie endogène, parcelles métalliques, écailles d'oxydes de fer (oxydation à chaud) se détachant du métal en cours de chauffe; adjuvant en excès; parois fondues; cendres du charbon de bois. Il arrive qu'une partie de ces éléments ne s'agglomère pas sous forme d'un culot, mais forme des masses indépendantes argilo-sableuses, métalliques informes, ou mixtes.



Formation des scories en forme de culot dans le foyer de forge.
© P. Merluzzo et M. Leroy, LMC-IRAMAT.



ne produisent pas nécessairement de scorie en culot, notamment les travaux s'effectuant à basses températures ou ne nécessitant pas l'utilisation d'ajout.

Les scories en culot étudiées dans deux secteurs d'ateliers découverts dans les niveaux antiques de la ville de Metz (quartier du « Pontiffroy », 1^{er} siècle apr. J.-C. et quartier de « l'Arsenal Ney », dernier quart du III^e siècle³, se répartissent en trois catégories typologiques, si on prend en compte la nature des matières qui les constituent (fig. 11) : une catégorie de culots en scorie grise et dense systématiquement surmontée d'une couche plus ou moins épaisse de matières argilo-sableuses partiellement fondues, correspondant aux surplus d'ajouts faits par le forgeron ; une catégorie de culots entièrement constitués de ces mêmes matières argilo-sableuses partiellement fondues ; une catégorie de culots aux surfaces rouillées et couvertes d'aspérités, très magnétiques, et constitués d'un mélange de scorie grise et de parcelles de fer plus ou moins oxydé.

Si on examine la part respective de chacune de ces trois catégories de scories en culot, on observe une réelle différence entre les deux secteurs d'ateliers (fig. 12). Dans les ateliers du quartier du « Pontiffroy », les culots entièrement ou partiellement constitués de matières argilo-sableuses sont dominants (plus de 50 % de culots avec strate argilo-sableuse et plus de 25 % de culots entièrement argilo-sableux). En revanche, dans les ateliers du quartier de « l'Arsenal Ney », cette répartition est inversée, les culots rouillés sont largement majoritaires (plus des deux tiers). Les analyses chimiques confirment cette distinction : les scories en culot du « Pontiffroy » ont une composition nettement plus siliceuse et alumineuse que ceux de « l'Arsenal Ney », qui sont en revanche plus riches en fer. Les teneurs en éléments en trace provenant des ajouts minéraux utilisés (baryum, zirconium) sont également beaucoup plus élevées dans les scories en culots du

Fig. 11 : Les différents matériaux constituant les scories de forge en culot : matériau scorifié argilo-sableux (SAS), matériau scorifié gris dense de composition généralement fayalitique avec wüstite (SGD), matériau scorifiés ferreux oxydé (SFR). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

.....
3. L'étude a porté, pour le « Pontiffroy » sur 66 scories en culot complètes (poids total : 13,3 kg) et 3,78 kg de fragments, et pour « l'Arsenal Ney » sur 18 scories en culot complètes (poids total : 4,75 kg) et 1,15 kg de fragments. Les autres catégories de déchets de post-réduction sont également présentes sur ces deux sites. Pour le site de « l'Arsenal Ney », la première interprétation concernant la présence de déchets de réduction du minerai de fer, publiée dans Leroy, 1990, a été démentie par la ré-étude du matériel (Leroy, 1997 ; Bienfait 2002).

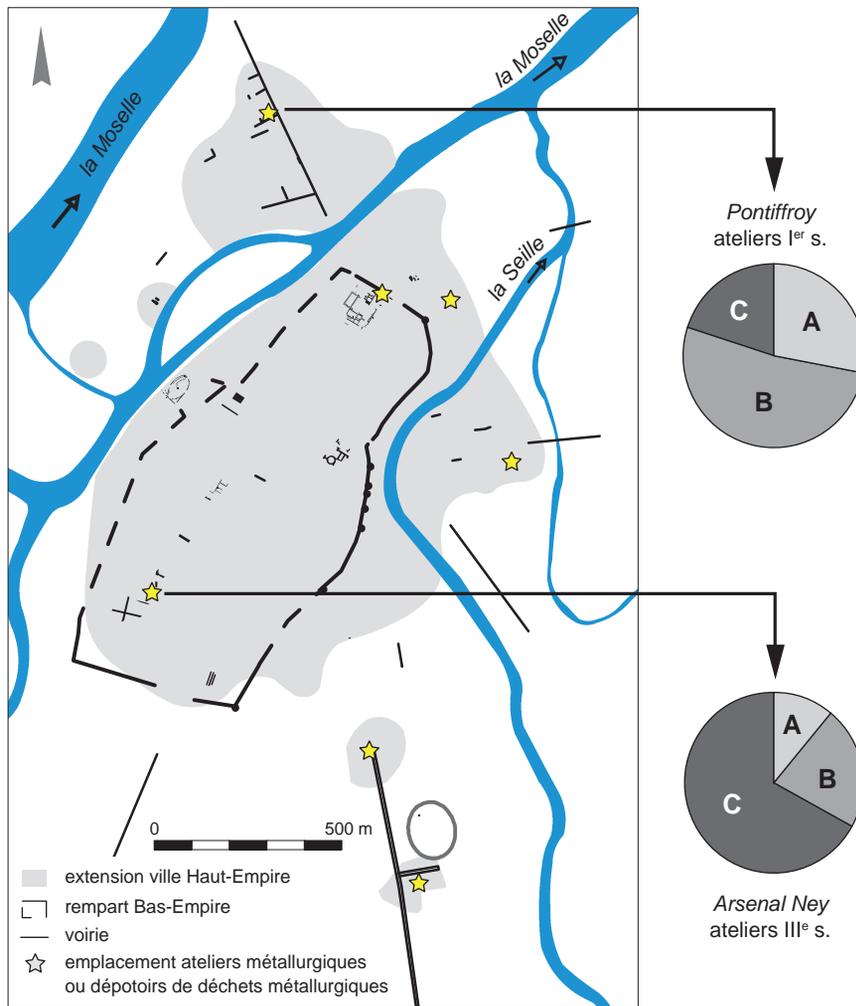


Fig. 12: Répartition des types morphotechniques de scories de forge en culots dans deux ateliers de la ville antique de Metz: A = culots argilo-sableux; B = culots en scorie grise dense avec strate argilo-sableuse; C = culots en scorie ferreuse rouillée. © M. Leroy, LMC-IRAMAT et F. Gama, Inrap.

« Pontiffroy ». À l'évidence et en première approche, il semble que les gestes techniques ou les activités dominantes au sein de chacun de ces ateliers ne sont pas identiques. On peut penser qu'au « Pontiffroy », les activités dominantes utilisent des ajouts de protection pour éviter l'oxydation du fer, alors qu'à « l'Arsenal Ney », elles induisent des pertes en fer plus importantes.

Une distinction entre ateliers peut être réalisée à partir de la comparaison des parts respectives occupées par les catégories de petits déchets: scories argilo-sableuses, rognons magnétiques, éclats et fragments métalliques. On évoquera l'exemple de quatre ateliers du quartier ouest de l'agglomération gallo-romaine de Bliesbruck (fig. 13). Dans l'atelier de la phase 1 du bâtiment 2 et dans celui des phases 2-3 du bâtiment 7, la proportion des petits résidus de nature argilo-sableuse est nettement supérieure à celles des autres catégories de petits résidus. À l'inverse, les ateliers de la phase 1 des bâtiments 8 et 9 présentent une plus forte proportion de petits déchets magnétiques et métalliques. À partir du moment où les quantités étudiées apparaissent suffisamment pertinentes (plusieurs kg ou dizaines de kg), ces constatations ont nécessairement une signification en ce qui concerne les activités pratiquées, même si, comme on l'a déjà souligné, la totalité des déchets ne sont pas conservés sur place.

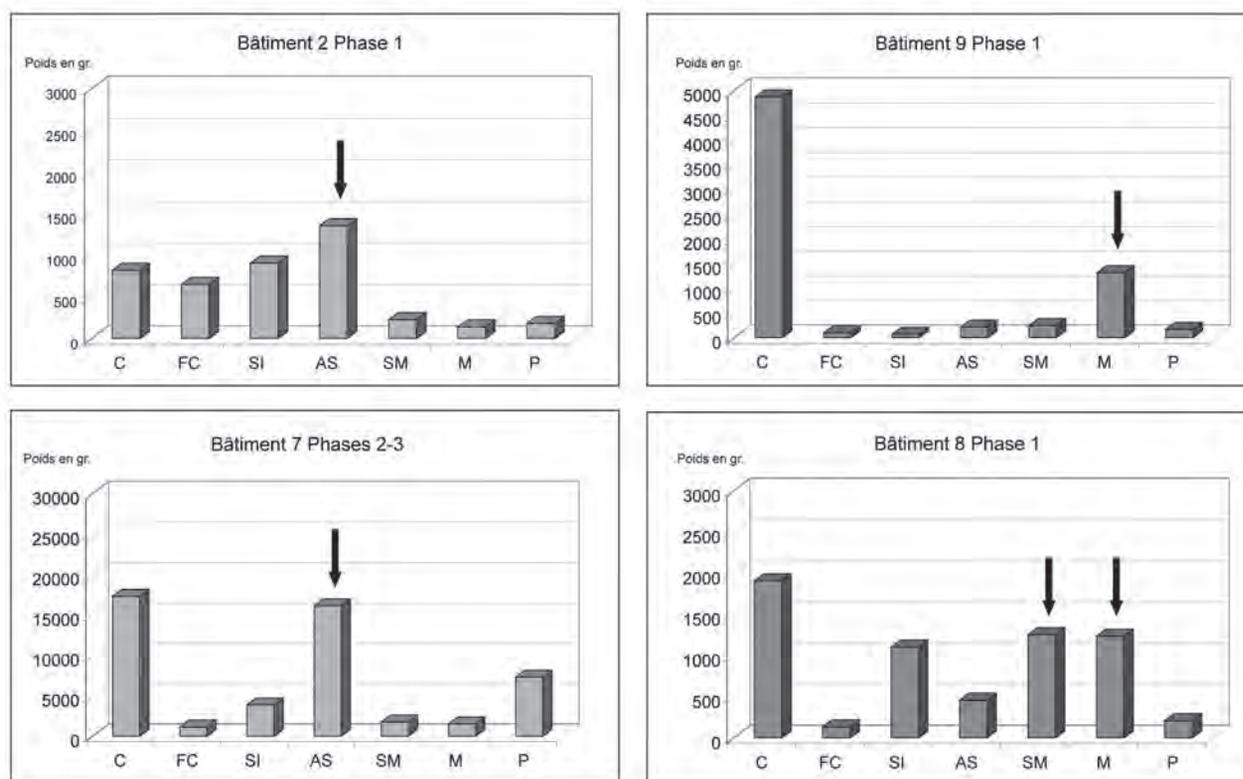


Fig. 13 : Variations dans la composition du panel des catégories de petits déchets de forge dans plusieurs ateliers de l'agglomération antique de Bliesbruck : C = scories en culot entières ; FC = fragments de scories en culot ; SI = scories informes ; AS = scories argilo-sableuses ; SM = scories magnétiques ; M = débris métalliques ; P = fragments de paroi de foyer. © M. Leroy, LMC-IRAMAT, comptage M. Bienfait.

Les catégories de matériaux composant les scories

L'examen macroscopique et pétrographique des scories de forge montre qu'elles sont constituées de matériaux de nature différente, ce qui leur donne des aspects de surface et des colorations variés (fig. 11). On peut définir trois types de matériaux. Le premier résulte du refroidissement d'un liquide silicaté, plus ou moins riche en oxydes de fer, de couleur le plus souvent gris sombre. Le deuxième résulte du ramollissement ou de la fusion de matières de nature argilo-sableuse, caractérisées par des teintes bleutées ou claires (brunâtre, beige, verdâtre, jaunâtre) et qui montrent souvent des reflets vitreux. On y observe fréquemment des grains centimétriques de roche ou d'argile non fondus. Le troisième se présente sous un aspect externe terreux ou rouillé correspondant à une gangue d'oxydation qui recouvre les surfaces originelles, mais qui laisse parfois apparaître des plages de scorie grise. La présence de fer métallique est souvent révélée par celle de fissures, ainsi que par sa propriété magnétique.

Vincent Serneels en a proposé la nomenclature suivante (Serneels *in* Anderson *et al.*, 2003) : SGD (scorie grise dense) pour la première catégorie, SAS (scorie argilo-sableuse) pour la deuxième, SFR (scorie ferreuse rouillée) pour la troisième. Leur association dans les scories de post-réduction permet de définir plusieurs catégories : SAS, SAS+SGD, SGD, SGD+SFR, SFR, parfois SAS+SGD+SFR. Dans les ensembles de déchets étudiés, cette information peut

être quantifiée lors de l'inventaire. Elle peut ensuite être analysée au niveau du site, ce qui amène, au même titre que le panel et l'assemblage des catégories de déchets, à caractériser un assemblage « matériaux » et à définir une signature de l'atelier permettant de le comparer à d'autres. Cette analyse a été réalisée pour les sites du bassin de la Moselle. Trois groupes de sites peuvent ainsi être définis (toutes périodes chronologiques confondues) par un assemblage en proportions relatives de matériaux scorifiés (tabl. 3).

Un premier ensemble regroupe les sites où les matériaux à dominante SAS et SGD sont les mieux représentés (plus de 70 % du poids total des déchets scorifiés) par rapport aux matériaux à dominante SGD et SFR (moins de 30 % du poids total). Un deuxième ensemble regroupe les sites où les matériaux à dominante SAS et SGD d'une part, et les matériaux à dominante SGD et SFR d'autre part, sont en proportion presque équivalente (dans une fourchette entre 35 et 65 % du poids total). Enfin, un troisième ensemble regroupe des sites où les matériaux à dominante SGD et SFR sont largement plus représentés (plus de 75 % du poids total) que ceux à dominante SAS et SGD (moins de 25 % du poids total). Ce dernier ensemble n'est représenté que par deux sites qui présentent la particularité par rapport aux autres d'être associés spatialement à des activités de réduction du minerai de fer (donc de production primaire) et d'avoir livré des types de déchets suggérant des activités d'épuration-compactage du fer brut. En revanche, les sites où seuls des indices de travail du métal déjà épuré ont été rassemblés se retrouvent tous (à une exception près) dans le premier ensemble. Dans le deuxième ensemble figurent au moins deux sites où ont été collectés des indices de travail de métal semi-brut ou en tous les cas d'apparence peu travaillé.

Tabl. 3 : Assemblage des faciès de matériaux scorifiés dans les ateliers de travail du fer étudiés dans le bassin de la Moselle en Lorraine centrale. Ceux du groupe 3 paraissent clairement associés au travail du métal brut. Les sites du groupe 1 présentent une dominante d'activité de forgeage au sens strict. Ceux du groupe 2 correspondraient à une activité mixte : travail sur du métal brut, ou semi-brut, et travaux de forgeage au sens strict. © M. Leroy, P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Bassin de la Moselle	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Matériaux scorifiés	> 70% SAS+SGD < 30% SGD+SFR	45-65% SAS+SGD 35-55% SGD+SFR	< 25% SAS+SGD > 75% SGD+SFR
Âge du Fer	Cité d'Affrique Tomblaine Terville Woippy Frebécourt	Ennery	Velaine-en-Haye
Gallo-romain	Laquenexy Gondreville-FC Metz-Pontiffroy Hettange-Grande	Metz-Arsenal Ney	
Haut Moyen Âge	Cutry Frouard-VP Prény-Frichamp Veymerange	Illange Prény-Tautecourt	Chavigny-Haldat

 témoin d'activité de travail du fer brut  témoin de forgeage du fer bien élaboré  témoin des deux types d'activité

Ces associations peuvent ainsi être interprétées comme relatives à la présence de certaines séquences de la chaîne de production. Lorsqu'une part importante du métal travaillé n'est pas entièrement épuré et compacté, sa transformation en demi-produit forgeable (qui vise donc à l'épurer et à le compacter) s'accompagne d'importantes pertes en fer, ce qui entraîne la formation de déchets scorifiés à dominante SGD+SFR (mais aussi de chutes métalliques caractéristiques). Lorsque la part la plus importante des travaux concerne la mise en forme de métal déjà bien épuré, donc apte à être forgé, les pertes en fer sont bien moindres, essentiellement sous forme d'oxyde, ce qui, combiné à la fusion des ajouts et décapants siliceux utilisés par le forgeron, aboutit à la formation de déchets scorifiés à dominante SAS+SGD.

Ainsi, l'assemblage « matériaux » n° 3 pourrait être la signature d'ateliers où se pratique, de manière significative, le travail du fer brut ou semi-brut; alors que l'assemblage « matériaux » n° 1 pourrait être la signature d'ateliers où se réalise exclusivement des travaux de forgeage de métal très épuré. L'assemblage « matériaux » n° 2 pourrait être la signature d'un cas intermédiaire où les deux types de métal sont travaillés. Dans tous les cas, les observations montrent que dans les ateliers étudiés, le panel de déchets révèle l'existence d'activités différentes qui correspondent au travail de métal à différents stades de mise en forme.

L'identification de gestes techniques par l'étude des déchets métalliques

Le forgeage et tous les autres travaux de mise en forme et de finition produisent de nombreux déchets de fer, de tailles variables, qui tombent en cours de travail ou sont chutés (coupés) volontairement (fig. 5). Les sédiments archéologiques dans un atelier de forge sont donc généralement riches en petits morceaux de fer, souvent fortement oxydés. Aussi leur lecture est-elle souvent malaisée. Leur identification nécessite un nettoyage de surface par microsablage pour dégager la gangue de corrosion qui les recouvre (fig. 14). Leur forme, l'aspect des surfaces et les traces de découpe qu'ils peuvent porter constituent une source d'informations irremplaçable qui permet d'alimenter, voire de préciser, la reconnaissance de la nature des travaux pratiqués ou même de certains objets fabriqués⁴.

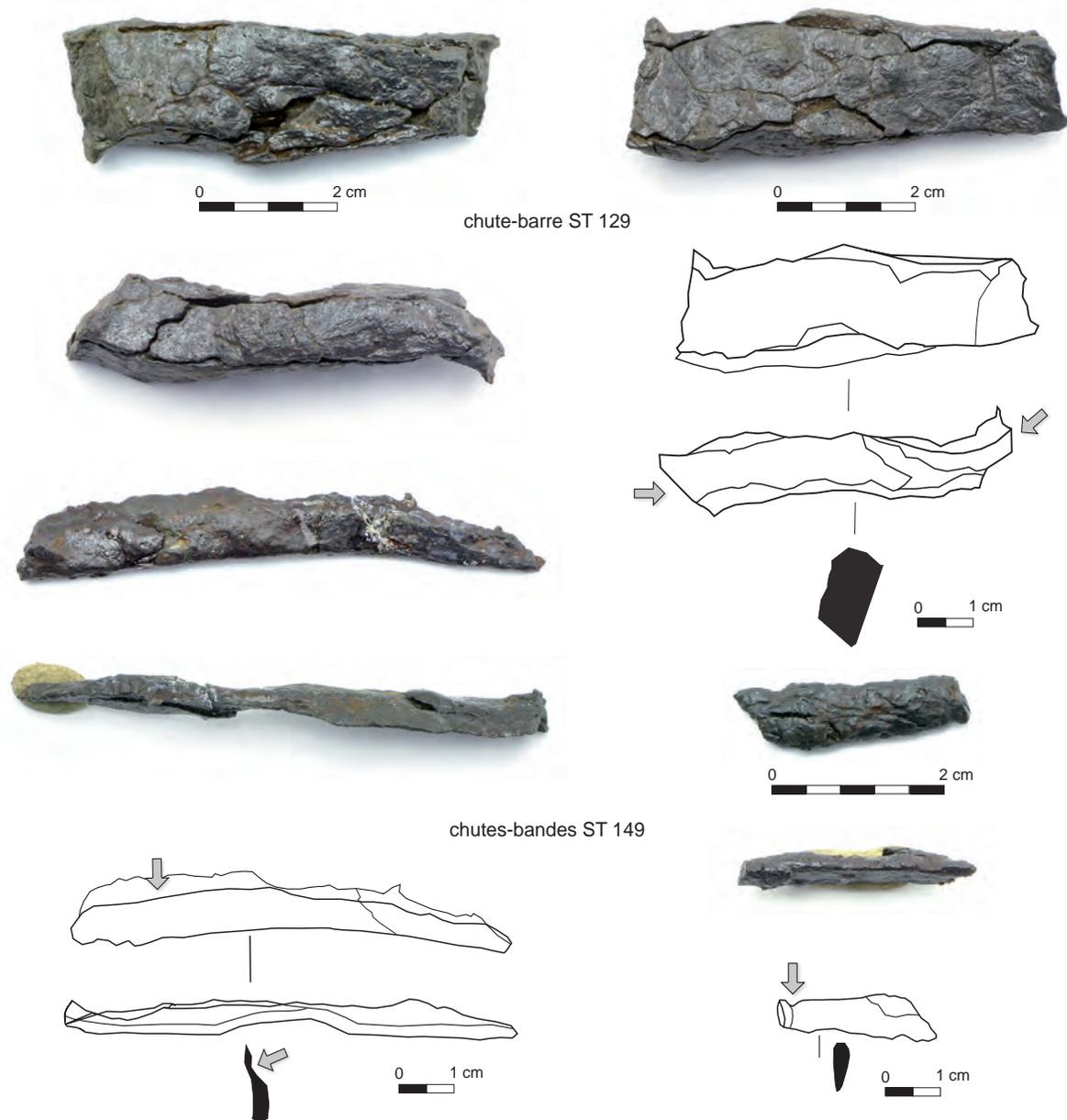
Les chutes de travail sont des découpes volontaires réalisées sur du métal en cours de mise en forme: chutes d'extrémités comme les soies de préhension, élimination de portions mal formées ou dénaturées par une mauvaise chauffe, élimination ou chute de défauts, découpes de mise forme, etc. Les dimensions de ces chutes sont à relier à celles des objets travaillés⁵, et les traces qu'elles portent permettent aussi de collecter, à partir d'une grille de lecture appropriée, des informations sur les gestes techniques et à travers eux sur les outils utilisés (fig. 15). Des ébauches abandonnées ou des ratés de fabrication sont plus rarement retrouvés: ils nous renseignent directement sur les objets fabriqués. Mais d'une manière générale, les indices archéologiques sur les productions des ateliers, qu'il s'agisse des différentes sortes de demi-produits et des produits finis eux-mêmes, manquent.



Fig. 14: Déchets métalliques de forge: chutes informes à surfaces grenelées, chutes facettées, chutes façonnées, soies de préhension, portant des empreintes et des traces de gestes techniques (coupe, découpe, préhension, martelage). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

.....
4. Cette démarche méthodologique est encore neuve et les travaux de référence très peu nombreux. Seule une étude pionnière, qui a jeté les bases de la grille d'analyse, a été publiée: elle concerne un atelier de forge rural d'époque romaine (Anderson *et al.*, 2003, p. 104-145). Une autre étude portant sur une forge rurale, étudiée au cours du PCR (« la Plaine d'Herbier » à Villeroy, premier Moyen Âge) est encore inédite (Riquier-Boucllet, 2006).

5. Cette relation est particulièrement évidente en ce qui concerne les soies de préhension situées en bout de la pièce travaillée et autour de laquelle sont serrées les mâchoires de la pince de forge: plus la section de cette partie chutée après travail est grande, plus la pièce travaillée est volumineuse.



Terville ZAC Géric. Chutes de travail du fer provenant des structures 129 et 149

Fig. 15 : Tracéologie des gestes techniques de forgeage observables sur les chutes métalliques.
© C. Riquier-Bouquet, LAM, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.

La répartition spatiale des déchets métallurgiques : localisation des ateliers et des zones d'activité

Il reste souvent peu de traces des ateliers et des installations de production, particulièrement de celles concernant le travail du fer. Quelques exemples remarquables sont toutefois présentés dans ce volume, par exemple dans un secteur urbain de la ville de Metz-*Divodurum* déjà publié (Leroy, 1990 et *infra* chapitre 3) ou dans la petite agglomération gallo-romaine de Cutry, celui-ci inédit (*infra* chapitre 3). Dans la plupart des cas, seule la répartition spatiale des déchets permet d'envisager d'identifier leur localisation. Outre l'examen de la sur- ou de la sous-représentation de certains types ou modules de déchets (voir *supra*), pour déterminer si l'on a affaire à des dépotoirs ou des zones de rejets plus ou moins éloignés ou déconnectés des ateliers, la mise en évidence de concentrations de déchets, et notamment des plus petits d'entre eux, dans les sédiments archéologiques est la piste principale.

Les très petits déchets métalliques et/ou magnétiques sont une des catégories de déchets significatifs des travaux de post-réduction (fig. 16). Sont regroupés sous cette appellation des déchets provenant des travaux de mise en forme et de façonnage du métal : fragments métalliques façonnés correspondant à des morceaux de chutes de découpe volontaires réalisées le plus souvent lors des dernières phases de façonnage et lors des travaux de finition (fig. 17) ; éclats centimétriques à millimétriques de fer ou d'oxydes métalliques (ces derniers sont appelés battitures) qui se détachent de la pièce de fer lors des frappes de martelage sur l'enclume (fig. 18).

Ces déchets se caractérisent par leurs petites dimensions, parfois d'ordre millimétrique, leur fort magnétisme (qui permet leur récupération avec un aimant) et souvent le fort degré d'oxydation de leurs surfaces qui empêche une lecture morphologique et nécessite le recours à des techniques de microsablage des surfaces. Les battitures sont des particules détachées de la surface du métal lors du martelage de la pièce de fer chauffée. Elles ont la forme de paillettes ou de billes, de taille millimétrique, parfois centimétrique. Les paillettes peuvent être lamellaires avec deux faces planes ou posséder une ou deux faces boursoufflées. Dans le premier cas, elles sont constituées principalement d'oxydes de fer : magnétite (d'où leur attirance à l'aimant) et wüstite. Dans le second cas, comme dans celui des billes, elles témoignent d'un état partiellement ou entièrement fondu et sont alors constituées d'un mélange de silicate de fer, de verre et d'oxydes de fer (wüstite et/ou magnétite). Ces battitures résultent d'une interaction entre la couche d'oxydes de fer formée à la surface de la pièce métallique et des ajouts argilo-sableux qui la recouvrent. Cette croûte en surface de la pièce de métal, plus ou moins fluide en fonction de la température atteinte (cf. encadré p. 30), se fragmente puis se détache sous l'effet des coups de marteaux (Dunikowski *et al.*, 1996).

Ces petits déchets tombent généralement autour de l'enclume ou des plans de travail utilisés dans l'atelier. Ils jonchent le sol de l'atelier et s'y insèrent. Leur concentration dans les sédiments archéologiques indique ainsi, soit un sol ou un niveau de travail en place, soit des parties de sol de travail déplacées dans des dépotoirs (balayage). Dans ce dernier cas, il est probable que le déplacement des sédiments ne s'effectue pas sur une longue distance. De plus, ces petits éléments ont pu facilement s'insérer dans les structures en creux et être inclus dans les



Fig. 16 : Exemples de différents modules et catégories de petits et très petits déchets magnétiques et métalliques. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

sédiments qui ont participé à leur comblement : une concentration à un endroit donné peut ainsi signaler une relique d'un tel sol de travail, et donc la présence d'un atelier de forge.

À titre de développement méthodologique, une recherche systématique des petits déchets magnétiques a été entreprise, pour les sites de l'âge du Fer étudiés dans le bassin de la Moselle, dans les prélèvements de sédiments réalisés au cours des opérations archéologiques. L'objectif était double : d'une part, confirmer la présence sur le site d'une activité de métallurgie de forge par la mise en évidence d'un panel complet de déchets d'activité (dont ces petits déchets magnétiques et métalliques); d'autre part, cerner, à travers la présence de concentrations de petits déchets, la localisation de la zone d'activité de forge, en l'absence de structure de combustion et de niveaux de sol conservés.

Plusieurs sites présentés illustrent la pertinence de la recherche des petits déchets magnétiques pour identifier une activité de forgeage sur les sites d'habitat, quand bien même ceux-ci n'ont fourni que peu d'autres types de déchets. Ils justifient pleinement l'investissement nécessaire en moyen humain pour le traitement des sédiments : prélèvement, tamisage, tri à l'aimant, puis à la loupe binoculaire. Enfin, ils montrent tout l'intérêt d'avoir, d'une part, effectué lors de l'opération archéologique des prélèvements de sédiments dans les unités stratigraphiques (en particulier les comblements des structures en creux les plus susceptibles d'avoir piégé des reliques de sols de travail) et, d'autre part, conservé ces prélèvements de sédiment dans les dépôts archéologiques.

Ainsi, par exemple, sur les sites de la « ZAC de la Roseraie » à Gondreville et de « Landrevenne » à Ennery, la quasi-totalité des comblements des structures en creux avaient fait l'objet d'un prélèvement de quelques litres. Ces prélèvements en sacs ou en containers plastiques étaient stockés respectivement depuis 1996 et 1998 au dépôt archéologique de Scy-Chazelle près de Metz. Une sélection de ces prélèvements a ainsi pu être étudiée dix à douze ans plus tard et apporter des informations fondamentales pour la problématique qui nous concerne.



Fig. 17 : Petits déchets métalliques et magnétiques (éclats et fragments de fer) extraits par tri à l'aimant dans les refus de tamis des sédiments prélevés dans les couches d'occupation des ateliers sidérurgiques.

© M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.



Fig. 18 : Battitures de forge recueillies après tamisage de sédiment et tri à l'aimant du refus de tamis.

© M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Chapitre 2

L'âge du Fer

.....

Dans le bassin médian de la Moselle

Sylvie Deffressigne et Marc Leroy
avec la collaboration de Paul Merluzzo, Nicolas Tikonoff, Sylvain Bauvais,
Alexandre Disser et Renata Dupont

Les premières traces d'activités de production ou de travail du fer ne sont réellement perceptibles, dans l'espace lorrain, qu'à la fin du premier âge du Fer (Ha D2-D3), soit l'extrême fin du VI^e et le début du V^e siècle av. J.-C. Certes, des objets en fer existent avant cette date. On les trouve principalement dans les sépultures de l'élite politique et sociale, dont les membres se font enterrer sous des *tumuli* de pierres et de terre (Olivier, 1986). Globalement, les objets en fer sont assez rares dans les habitats comme dans les nécropoles. Sa mauvaise conservation et les difficultés d'identification avant l'enlèvement de la gangue de corrosion ont contribué au désintérêt pour ce matériau, surtout pour ce qui concerne les fouilles anciennes. Pour le début du premier âge du Fer, seules quelques armes en fer considérées comme des objets de prestige ont été découvertes dans des tombes. Dans le bassin de Nancy, il s'agit exclusivement d'épées (« le Bois de Grève » à Messein-Richardmémil, « Bois Communal » à Villey-Saint-Étienne, Ha C2, env. 730 à 625 av. J.-C.). Ce phénomène est classique et bien mis en valeur par ailleurs (Dhennequin, 2005). D'autres traces d'objets en fer, souvent disparus depuis, émaillent la littérature archéologique locale, mais leur présence reste marginale : une tige, un anneau ou encore un bracelet dans un contexte HaC/D1 (env. 780 à 525 av. J.-C.) dans certains *tumuli* de « Clairlieu » à Villers-les-Nancy par exemple (Barthélemy, 1890). La nécropole de « Carrière Solvay » à Villey-Saint-Étienne, pourtant située chronologiquement à la fin du premier et au début du second âge du Fer, n'a livré aucun mobilier en fer (Barthélemy, 1890). Toujours dans la région de Nancy, seuls cinq sites ruraux, sur les vingt-trois connus pour la période Hallstatt C-D/La Tène A-B, ont fourni des objets en fer et seulement trois des restes métallurgiques (dont deux avec un ou plusieurs objets en fer). Ces cinq sites sont tous datés de la période de la fin du Hallstatt et des débuts de la Tène.

Les objets en fer placés dans les sépultures des VIII^e, VII^e et VI^e siècles av. J.-C. n'ont donc pas été nécessairement produits localement. Ils ont pu faire l'objet d'échanges par le commerce ou lors d'alliances politiques ou matrimoniales, parfois sur de longues distances. Par ailleurs, la seule présence de gisements de minerais de fer n'engendre pas obligatoirement leur exploitation. Pour qu'il y ait indice de production métallurgique, il faut découvrir des vestiges d'atelier

ou des déchets de production piégés dans les sédiments archéologiques. Cette question est également valable pour la production des métaux à base cuivre. Si cette dernière paraît mieux perceptible au travers de l'existence de dépôts dits de bronziers au Bronze final IIIb (au nombre de sept dans le bassin de Nancy : à Lay-Saint-Rémy, Frouard, Champigneulles, Moyenvic, deux à Rosières-aux-Salines, et Xermaménil), les vestiges mobiliers de travail de ce métal restent, en revanche, occasionnels pour la période du Hallstatt : Rosières-aux-Salines¹ pour le bassin de Nancy, quelques restes de moules dans le nord de la Lorraine au Hallstatt C au « Clos des Vignes » à Talange² (Gébus, 1991) et à « Sainte-Agathe » à Florange³.

La fin du premier âge du Fer et le début du second âge du Fer

Les premiers indices de travail du fer recensés remontent à l'extrême fin du VI^e siècle, date retenue pour la construction du *tumulus* 7 de la nécropole de Diarville (Meurthe-et-Moselle). Cinq fragments de scories et un encroûtement de sol incluant des battitures signalent l'existence d'une activité de travail du fer dans l'espace environnant, contemporaine ou antérieure à la construction du tertre et dont les rejets ont été mêlés aux terres ayant servi à son édification (Olivier, 1998). Les vestiges très arasés de four, situés aux abords de la zone d'habitat découverte en périphérie de la nécropole, ne sauraient être attribués, sur ce seul argument de proximité, à une activité de métallurgie ; ils peuvent avoir eu une tout autre fonction.

Dans l'état actuel des données, six habitats (et peut-être deux supplémentaires pour l'instant mal caractérisés), inscrits dans la phase chronologique Hallstatt D2-D3-La Tène B1, ont livré des restes métallurgiques, sur un total d'une quarantaine de sites (15 %) recensés dans l'espace géographique des plateaux des Côtes de Moselle et de la plaine alluviale de cette rivière (fig. 19 et tabl. 4). Quatre d'entre eux sont situés dans la partie sud de cette région (bassin de Nancy) : trois sites d'habitat ouvert (« les Herbues de Gondreville » à Fontenoy-sur-Moselle, « Au Loup » à Gondreville, « ZAC Herbue-Chalin » à Velaine-en-Haye) et un habitat fortifié de hauteur (« la Cité d'Afrique » à Messein). Ils sont tous situés dans un rayon d'une quinzaine de kilomètres, sur le revers du plateau de Haye encadré par les cours de la Moselle et de la Meurthe, avant leur confluence au nord de ce secteur. « La Cité d'Afrique à Messein » est considérée comme un habitat de rang supérieur, les autres étant tous des habitats ruraux. Les deux autres sites sont localisés plus au nord dans la vallée de la Moselle, dans la région messine (« la Grange-aux-Ormes » à Marly et « ZAC des Coteaux » à Woippy) ; il s'agit aussi d'habitats ruraux. Deux des sites (« Au Loup » et « ZAC Herbue-Chalin ») ont livré des déchets de transformation du minerai en fer métallique (réduction), ainsi que des indices du travail de ce dernier. Les quatre autres sites ont tous livré des vestiges mobiliers du travail du métal (forgeage) (tabl. 4).

.....

1. Responsable d'opération : N. Tikonoff, Inrap, 2008.
2. Responsable d'opération : L. Gébus, Afan, 1991.
3. Responsable d'opération : J.-Ch. Brénon, Inrap, 1999.

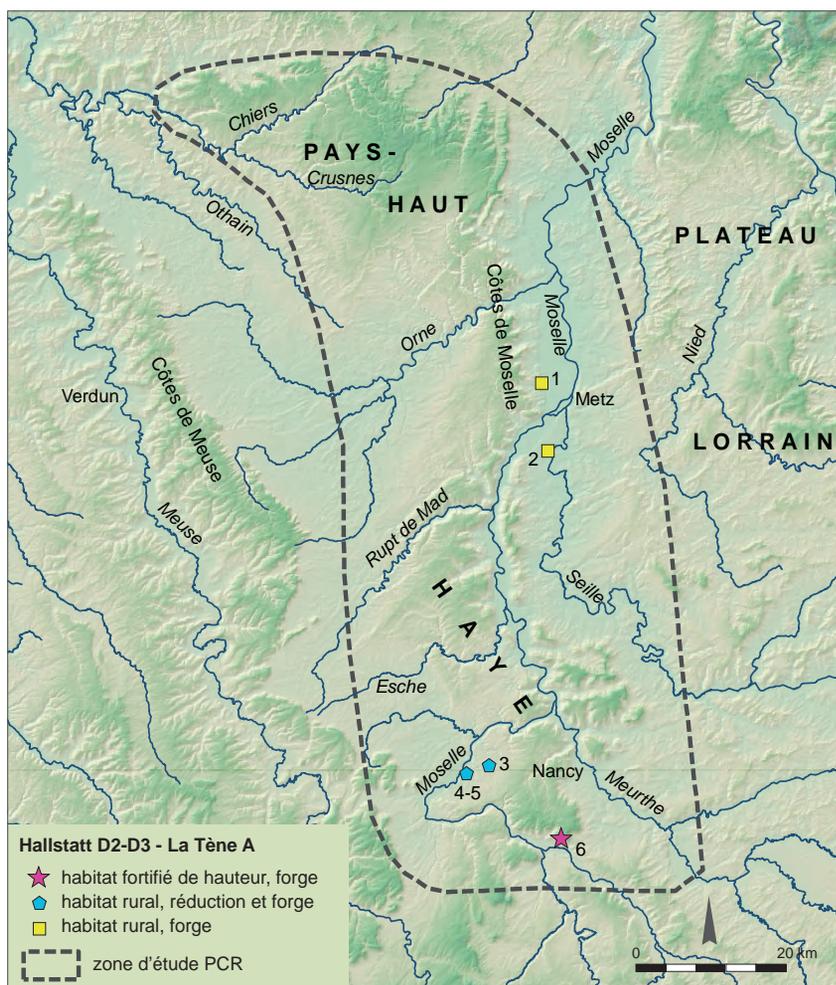


Fig. 19: Carte de localisation des sites de la période Ha D2-D3 – LT A-B1 ayant livré des vestiges de production et/ou de travail du fer, dans la région des Côtes de Moselle et du bassin de la Moselle. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Tabl. 4: Inventaire des sites d'habitat de la période Ha D2-D3 – LT A-B1 comportant des activités de production et/ou de travail du fer, dans la région des Côtes de Moselle et du bassin de la Moselle. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Sites	Datation	Type de site	Réduction	Post-réduction	N° carte
Woippy ZAC des Coteaux	Ha D2-3 LT A	Habitat de plaine		éclats + battitures	1
Marly La Grange-aux-Ormes	Ha D2-D3	Habitat de plaine		NR 8	2
Velaine-en-Haye Herbue-Chalin	Ha D2-3 LT A	Habitat de plaine	NR 25 4 830 g	NR 22 516 g	3
Gondreville Au Loup	Ha D2-3 LT A	Habitat de plaine	NR 528 6 310 g	NR 1 + battitures 9 g	4
Fontenoy-sur-Moselle Herbues de Gondreville	Ha D2-3 LT A	Habitat de plaine		NR 10 180 g	5
Messein Cité d'Afrique	Ha D2-3 LT A-B	Habitat de hauteur fortifié		NR 80 1 200 g	6

Deux sites de production primaire associés au stockage agricole intensif

« Au Loup » à Gondreville

À Gondreville et Fontenoy-sur-Moselle (Meurthe-et-Moselle), la fouille a révélé trois secteurs d'habitats de la fin du premier et du début du second âge du Fer (fig. 20), distants entre eux de 600 m environ et implantés en bordure de la plaine alluviale, à quelque 400 m du lit actuel de la Moselle (Deffressigne *et al.*, 2002). À l'est, le pôle d'habitat « Paumière » à Fontenoy-sur-Moselle présente la particularité d'associer des fosses d'extraction d'argile et un four tronconique très profond (plus d'1 m), dont les abords ont livré des restes de céramiques surcuites, sans doute des ratés de cuisson. Les études archéozoologiques ont mis en évidence l'élevage du mouton⁴. Ces deux activités s'inscrivent au sein d'un petit habitat composé d'un grand bâtiment (habitation?), de fours (domestiques?) et de quelques silos et greniers. Plus au nord, un autre pôle (« les Herbues de Gondreville » à Fontenoy-sur-Moselle) reflète une activité de forge qu'il n'est pas possible de localiser précisément. Au demeurant, cet habitat n'est pas connu dans son intégralité, le site continuant, en dehors de l'emprise de fouille, en direction de la Moselle. Il est constitué de plusieurs habitations (3 à 4) et de quelques silos et greniers. Dans ces deux habitats, le volume de denrées alimentaires stockable dans les silos est peu développé, rien en comparaison avec le troisième, « Au Loup » dont les capacités de stockage (plus de 250 m³) dépasseraient très largement les besoins des habitants.

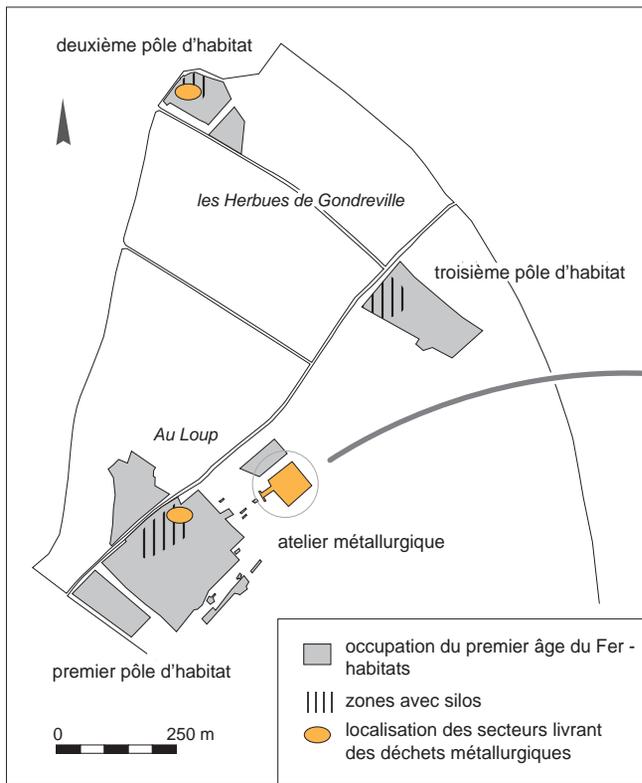
Au sud, le site « Au Loup » à Gondreville est en effet un très vaste habitat dont la vocation première semble être le traitement des céréales : stockage massif en silos, torréfaction et séchage... Les séquences d'occupation concernée par le travail du fer s'échelonnent entre le Hallstatt D2 et La Tène A. Les vestiges matériels découverts sont assez importants : de la céramique principalement, de la faune, quelques meules, des fusaiïoles, mais également quelques éléments métalliques (alliages cuivreux et fer), aussi bien des accessoires vestimentaires (fibules), que de l'outillage et un élément de toilette. La présence d'une perle de verre bleue est remarquable. L'une des caractéristiques de l'occupation est la spécialisation des habitats et l'organisation spatiale qui en découle. C'est autour du regroupement de 131 silos que sont installés les cinq grands bâtiments d'habitation et les vingt petites constructions de type « grenier surélevé », communes à tout l'âge du Fer. Une zone destinée aux fours, ayant notamment servi au séchage des céréales, est quant à elle implantée au pourtour de cet ensemble de stockage et d'habitation. C'est à la périphérie de ces aménagements, voire à l'écart, que se trouve l'atelier métallurgique. À chaque activité spécialisée correspond en effet un espace précis du site, de manière constante sur toute la durée de l'occupation.

À une centaine de mètres environ au nord-est des zones d'habitation et d'activité agricole (fig. 20 et 21), les restes d'une structure de combustion – sous forme d'une simple fosse en cuvette aux contours rubéfiés, dont le comblement a livré des fragments de scories de réduction (36 restes pour 880 g) et des morceaux de paroi de four (45 restes pour 705 g) – ont permis de reconnaître un espace de transformation du minerai en fer⁵ (Deffressigne *et al.*, 2002). L'identification de fragments de scorie de réduction et de blocs de minerai partiellement réduit a précisé la nature de la structure. Il s'agit d'un four de réduction. Son fort état d'arasement, le faible impact thermique encore marqué dans le sol et la petite quantité de fragments de parois retrouvés dans le comblement ne permettent pas d'avoir une idée plus précise de sa morphologie. Par ailleurs, plusieurs kilogrammes de fragments de minerai ont été recueillis dans le comblement

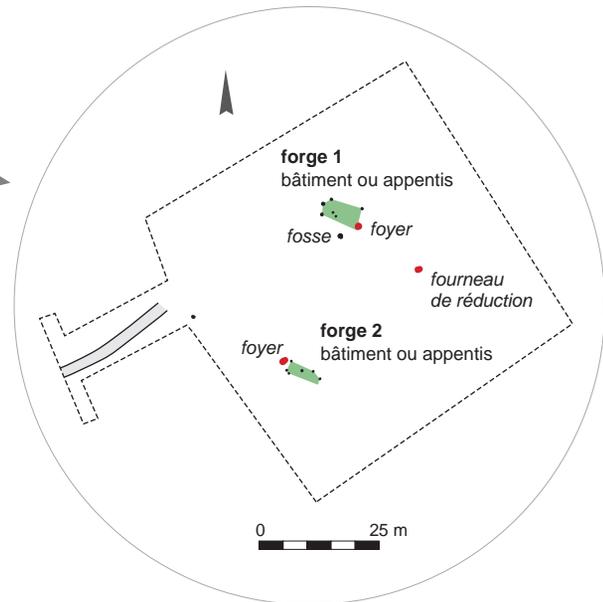
.....

4. Étude C. Tesnier-Hermetey.

5. Étude M. Leroy et P. Merluzzo.



◄ Fig. 20: Plan de localisation des pôles d'habitat de la fin du premier âge du Fer et du début du second âge du Fer sur la ZAC de « la Roseraie », à Gondreville et Fontenoy-sur-Moselle. © S. Deffressigne, Inrap.



▲ Fig. 21: Plan de l'atelier de production du fer d'« Au Loup », Ha D2-D3 – LT A. © S. Deffressigne, Inrap, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.

de quatre fosses-silos. Les observations pétrographiques et le recoupement des données géologiques rendent possible la correspondance entre ces éléments et un encroûtement induré et oxydé décrit à l'interface entre les calcaires du bajocien supérieur et les marnes du bathonien. Les affleurements de cette couche sont probablement accessibles dans les vallons qui entaillent la surface d'érosion du plateau, à quelques centaines de mètres de l'atelier.

À quelques mètres de là, deux constructions de plan rectangulaire, matérialisées au sol par des empreintes de poteaux de bois, associées chacune avec un foyer et des fosses oblongues, paraissent abriter des activités de forgeage du fer. En effet, le tamisage de tous les prélèvements de sédiments dans les structures en creux de cette zone⁶ a permis d'identifier des battitures, ainsi que des petits éclats de scories argilo-sableuses, dans deux trous de poteau, une fosse et un foyer. Ces petits vestiges signalent donc la présence d'une activité de post-réduction, au sein du même ensemble abritant les activités de transformation du minerai de fer. On peut émettre l'hypothèse qu'il s'agit du premier traitement des masses de fer brut (épuration et compactage), mais le faible panel de déchets (un seul fragment de scorie en culot et des battitures) n'autorise pas de conclusion plus précise. Cette découverte confirme bien que ce secteur correspond à un atelier sidérurgique, dans lequel du fer brut est produit à partir de la réduction du minerai, puis probablement épuré et compacté (au moins grossièrement), et apporte des informations supplémentaires sur la spécialisation des espaces à l'intérieur de cette vaste ferme-grenier.

Les deux bâtiments sont construits à partir d'un plan rectangulaire très allongé pour une faible largeur (7 x 3 m; 8 x 5 m). Leur structuration paraît très peu élaborée, mais des poteaux sont peut-être manquants. Dans les deux cas, ils s'apparentent à des auvents, largement ouverts vers l'ouest, sans doute pour les

.....
6. Le tamisage a été effectué dans le cadre du PCR; les prélèvements étaient conservés depuis la fouille au dépôt archéologique régional.

besoins du travail de la forge. Un foyer et une fosse de rejets (?) sont accotés à chacune des constructions. Les foyers apparaissent comme de simples fosses en cuvette (profondeur 0,10 à 0,30 m), de forme ovale (1,10 x 0,60 m) ou subcirculaire (0,70-0,75 m), à fond plat et dont les parois, portant un impact thermique limité, sont en partie effondrées dans la structure. Ces ensembles (bâtiment, foyer, fosse) se développent sur une très faible surface, à peine 500 m² chacun, et semblent constituer deux pôles d'atelier bien distincts.

« ZAC Herbue-Chalin » à Velaine-en-Haye

La fouille a porté sur une zone d'ensilage (31 fosses-silos) datée de la période de transition Ha D3-LT A⁷. La surface fouillée (2 800 m²) s'organise en deux fenêtres rectangulaires de 1 580 et 935 m², reliées par une longue tranchée de 57 m sur 5 m, pratiquement vide de structures archéologiques. Les fosses-silos se groupent en deux ensembles localisés dans chacune des fenêtres. La position de certaines d'entre elles, le long des limites de décapage, suggère la possibilité que les vestiges s'étendent hors de l'emprise fouillée. Aucune structure pouvant appartenir à une construction hors sol n'a été détectée. Le comblement de treize fosses-silos a livré des déchets de production métallurgique. Dix d'entre elles sont groupées dans un espace de 20 m sur 17,5 m (350 m²) dans le tiers sud de la plus grande fenêtre, côté ouest. Une autre est située dans la tranchée médiane à seulement 10 m de distance de ce premier groupe. Les deux dernières fosses-silos sont localisées dans la fenêtre située du côté est; elles sont éloignées de 25 m l'une de l'autre et à une soixantaine de mètres du groupe précédent. Ce site présente des caractéristiques identiques à celui d'« Au Loup » à Gondreville, daté de la même période, et situé à seulement 3 km de distance, un peu plus à l'ouest.

Le remplissage des silos a livré un peu plus de 5,4 kg de déchets (NR = 53), en majorité issus de la réduction du minerai de fer (25 restes pour 4 830 g). Les six morceaux de minerai (53 g) sont similaires à ceux recueillis sur le site d'« Au Loup ». Les scories de réduction ont une morphologie de coulures en forme de cordons enchevêtrés ou une morphologie à surfaces déchiquetées et rouillées moulant des empreintes de charbons de bois (fig. 22). Les trois plus gros blocs de scories proviennent clairement du démantèlement du fourneau, au sujet duquel elles révèlent des informations. Ainsi la courbure observée sur la face externe du plus gros bloc de scorie du silo ST 30, où adhère encore un morceau du revêtement de la paroi, peut suggérer un fourneau dont le diamètre intérieur est de l'ordre d'une vingtaine ou d'une trentaine de centimètres. La morphologie des scories évoque des résidus provenant d'un bas fourneau à scories piégées dans la cuve (ou en fosse sous la cuve). Cette possibilité, déjà suggérée dans le cas des scories d'« Au Loup », paraît plus nette ici. Ce type de fourneau, bien représenté dans de nombreuses régions d'Europe pour la période de l'âge du Fer (mais pas exclusivement), n'avait pas encore été formellement reconnu en Lorraine. Il est notablement différent des modèles à scories écoulées hors de la cuve, fouillés sur plusieurs ateliers du haut Moyen Âge dans ce même secteur géographique (cf. chapitre 4). Les scories de réduction rencontrées sur les sites d'habitat de cette période de transition, entre la fin du premier âge du Fer et le début du second, dans le secteur de la confluence Seine-Yonne, se rapportent aussi à ce type de bas fourneau à scories piégées en fosse (Écuellles, Larchant, « le Marais du Colombier » et « Beauchamps » à Varennes-sur-Seine, ainsi que « les Fouetteries » aux Clérimois, *infra*).

.....
7. Responsable d'opération: S. Coubel, ANTEA, 2009.



0 2 cm

Velaine-en-Haye, les Herbues-Chalin
scorie de réduction de morphologie écoulee
à l'intérieur de la cuve du fourneau



0 4 cm

Velaine-en-Haye, les Herbues-Chalin
scorie de réduction à faciès interne



0 2 cm



Velaine-en-Haye, les Herbues-Chalin, 2009
métal informe ST 002

Fig. 22 : Déchets de réduction du minerai de fer de la « ZAC Herbue-Chalin » à Velaine-en-Haye : scories de réduction (en haut), fragment de fer brut de réduction (au milieu et en bas). © S. Bauvais, M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Les deux morceaux de fer provenant des structures 2 et 27 peuvent être interprétés, par leurs caractéristiques morphologiques et métallographiques, comme des fragments de fer brut de réduction (fig. 22) : fantômes de structures de minerai, nombreux filaments métalliques organisés en un réseau rappelant ces mêmes structures, plages métalliques en « peau de léopard » et aux contours irréguliers et arrondis, plages métalliques riches en inclusions de scorie non déformées⁸. Mais la présence d'une oxydation à chaud périphérique et des traces de brûlure du métal montrent qu'une chauffe postérieure à la formation du métal a eu lieu. De plus, les morphologies révèlent pour chacun d'eux une trace de légère déformation (face aplanie sur le fragment de la ST 27 ; empreintes de pincement pour le fragment de la ST 2). Ces deux morceaux de fer pourraient donc correspondre à des chutes ou éclats détachés d'un bloc en cours de compactage. La faible densité métallique du bloc de la ST 27 pourrait aussi expliquer qu'un premier essai de compactage a été tenté avant un abandon rapide. Quelques scories de post-réduction ont aussi été collectées dans le comblement d'un autre silo (petit culot de forge, scories informes et scories argilo-sableuses : NR = 22, poids = 516 g). Ces déchets pourraient provenir du traitement des blocs de fer brut.

Les déchets de production retrouvés sur ce site permettent d'envisager avec une grande probabilité la présence d'une chaîne opératoire associant la transformation du minerai en fer métallique et le travail du fer. Cette dernière séquence concerne au moins la transformation du fer brut, produit en bas fourneau, en un demi-produit forgeable (compactage, épuration), puisque les deux morceaux de fer brut découverts portent des traces de mise en forme. Il n'existe toutefois aucun autre indice permettant d'envisager que d'autres étapes de façonnage du métal ont été aussi réalisées (forgeage d'élaboration).

Métallurgie et dynamique économique

Les deux seuls sites où la production primaire du fer (réduction du minerai et épuration du fer brut) a été mise en évidence correspondent à des établissements ruraux au sein desquels des espaces importants sont réservés au stockage intensif des céréales. Bien que cet effectif soit trop réduit pour en tirer des conclusions, la coexistence de ces deux types d'activité très différentes soulève des questions, qu'il s'agisse du rapport entre l'emploi du fer et une grosse production agricole, ou du statut de ce type de sites. Toutefois, pour pouvoir juger du statut d'un habitat, il faut un bon référentiel et une bonne connaissance de l'ensemble des occupations de la période. La Lorraine, avec sa trentaine d'années de fouilles préventives et systématiques, constitue un espace idéal pour travailler ces aspects et l'analyse des données est en cours d'élaboration dans le cadre d'une action de recherche collective (ARC) de l'Inrap⁹. Les premières conclusions devraient prendre forme dans une à deux années. En attendant, on peut évoquer le sujet du stockage qui permet de différencier ces sites des autres habitats ruraux.

Dans le domaine du stockage, il faut distinguer les sites ruraux où celui-ci nous paraît « adapté » aux besoins de l'habitat, de ceux où il semble surreprésenté. Ensuite, il faut distinguer le stockage aérien à court terme (les greniers), qui implique une consommation dans l'année des réserves, du stockage enterré (les silos) à moyen voire long terme qui paraît surtout destiné à recevoir et conserver des surplus agricoles. C'est le cas des deux sites de Gondreville et de Velaine-en-Haye. D'autre part, les silos peuvent permettre d'évaluer les stocks d'un habitat en tenant compte du volume utile du silo (et non de celui de son état dégradé), rapporté au nombre d'unités domestiques repérées. Cet exercice

.....
8. Étude S. Bauvais et A. Disser, LMC-IRAMAT.

9. « Dynamique de peuplement à l'âge du Fer en Lorraine (Hallstatt-La Tène A-B) », sous la direction de N. Tikonoff et S. Deffressigne.

a été réalisé pour six sites du bassin de Nancy ayant livré des silos enterrés. Les résultats obtenus montrent très bien le décalage qui existe entre deux groupes de sites : d'un côté, les habitats avec quelques réserves à long terme (entre 4 et 15 m³ par unité domestique : « les Herbues de Gondreville » et « Paumières » à Fontenoy-sur-Moselle, « l'Embanie » à Art-sur-Meurthe, « Saule Gaillard » à Frouard), et de l'autre des sortes de « fermes-greniers » avec des réserves de 76 m³ par unité domestique, ce qui est sans commune mesure (« Au Loup » et « Herbue-Chalin »). Ces deux derniers sites donnent donc l'image d'habitats qui centralisent des surplus en quantités très largement supérieures à leurs propres besoins. Le site de Gondreville présente également la particularité d'être organisé en fonction des activités, avec une zone spécifique au stockage enterré, une autre au stockage aérien, une autre destinée au séchage des céréales, une autre à la métallurgie, une autre encore aux activités domestiques. Une organisation aussi rigoureuse ne se retrouve pas dans les habitats aux stocks nettement plus faibles où les activités (stockage, fours...) semblent plus « mélangées ». C'est encore sur le site d'« Au Loup » que la présence d'objets métalliques est la plus importante et côtoie du mobilier encore peu fréquent pour la période (perle de verre bleue). La consommation carnée y est limitée, mais variée et non occasionnelle ; pour autant elle ne souligne pas un niveau social élevé¹⁰ (Deffressigne *et al.*, 2002). La fouille n'a pas mis au jour de céramique tournée, ni de mobilier d'importation. La connaissance du statut d'un site passe aussi par l'évaluation de sa nécropole. Cette dernière a été fouillée en 1835 (Dufresne, 1849) et les objets récoltés n'étaient plus connus jusqu'à ce que leur dessin aquarellé ne soit retrouvé par A. Liéger¹¹. Le mobilier de parure (La Tène A et B), essentiellement des anneaux et des torques assortis de quelques fibules en alliages cuivreux, est de belle qualité, mais il ne renvoie pas l'image d'un statut particulier. Ce mobilier est tout à fait conforme à ce qui se trouve dans les autres nécropoles de la région (« la Garenne » à Liverdun, Chaudeney-sur-Moselle, Villey-Saint-Étienne). Le « capital » de l'habitat d'« Au Loup » semble principalement s'incarner dans le stockage intensif des céréales et la production du fer, sources de richesse qu'il ne faut pas négliger. On ne sait toutefois pas par qui, ni comment, ces productions sont gérées. Mais on peut soutenir que la région jouit d'une dynamique économique bien perceptible depuis le Hallstatt D3 et qui perdure, par exemple sur l'habitat de hauteur fortifié de « la Cité d'Afrique » à Messein, au moins jusqu'à La Tène A incluse.

Pour ces deux sites, se pose la question de savoir si la production du fer est liée aux besoins de la production agricole (fabrication d'outils agricoles). Les silos d'« Au Loup » reflètent une forte production céréalière qui demande des terres accessibles, leur entretien, ainsi qu'une maîtrise de techniques agricoles performantes et un outillage adapté. L'essor de la métallurgie du fer, c'est-à-dire l'emploi de ce matériau dans l'outillage et non plus exclusivement pour des biens de prestige, s'inscrit peut-être dans ce « développement » agricole, dans le sens où elle le rend possible. Malheureusement, les fouilles n'ont mis au jour d'outils agricoles ni à Gondreville, ni à Velaine-en-Haye. Du reste, ceux-ci sont très rares sur l'ensemble des habitats ou des nécropoles de la période reconnus en Lorraine.

.....
10. Étude C. Tesnier-Hermetey.

11. Documents inédits, mais en cours d'étude par E. Millet dans le cadre de l'ARC susmentionnée.

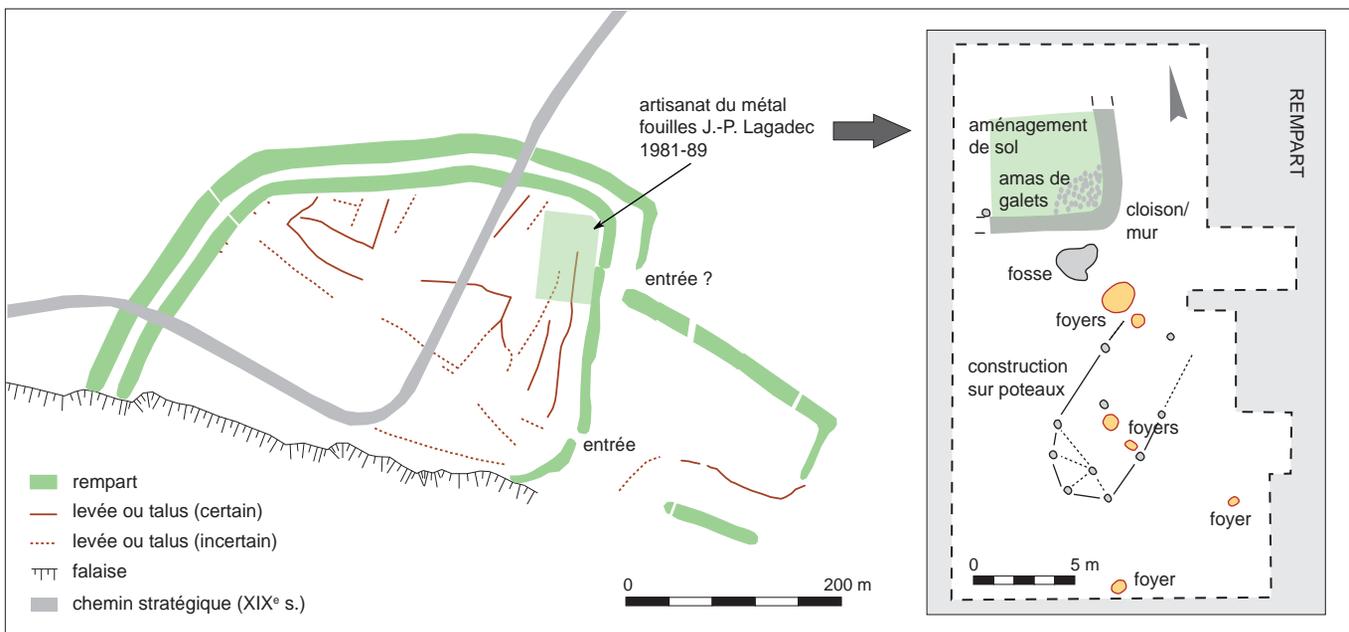
Des ateliers de manufacture dans un site de haut rang : « la Cité d’Affrique » à Messein

Cet habitat de hauteur est installé sur le rebord de plateau, dominant de 200 m la vallée de la Moselle, occupé durant le Hallstatt D2-D3 et La Tène A-B et marqué par un rempart monumental qui ceinture un espace d’une dizaine d’hectares (fig. 23). Son occupation est dense comme ont pu le montrer les diverses opérations archéologiques menées depuis le XIX^e siècle (Beaupré, 1912; Lagadec *et al.*, 1989; Lagadec *et al.*, 1999), ce qui pourrait lui conférer le statut de site proto-urbanisé (Deffressigne et Tikonoff, 2012). Cet habitat s’illustre également par la présence d’un ou plusieurs ateliers métallurgiques.

Les nombreux sondages et fouilles archéologiques ont mis au jour un abondant mobilier céramique, faunistique et métallique, dont quelques objets importés, notamment des amphores. La qualité du mobilier en général (céramique tournée par exemple) et la quantité des objets métalliques fabriqués et/ou consommés *in situ* en font un site de premier ordre pour la région. À un petit mobilier essentiellement en alliages cuivreux, attaché au soin du corps et au costume, s’adjoint un outillage en fer évoquant aussi bien les activités culinaires (cou-teaux), l’abattage du bois (haches), la menuiserie (clous...), le transport (clous de char), l’armement (pointe et talon de lance), que la manufacture d’objets en métal elle-même (lime, poinçons). Les fouilles ont également permis de localiser deux constructions, l’une en pierres sèches, l’autre sur poteaux, ainsi que trois foyers. La fonction de ces deux bâtiments n’est pas avérée, mais les rejets qui leurs sont attachés induisent qu’il s’agit peut-être des substructions d’un atelier de métallurgistes.

Dans l’angle nord-est du site, un secteur de 500 m² a livré les rejets d’un atelier de manufacture d’objets en alliages cuivreux et en fer (fig. 23, 24, 25). Cette production, attestée par des déchets de travail (scories, fragments de moules et de creusets, chutes de forgeage, matériaux de fixation comme des boulettes de colle de bouleau destinées à fixer des éléments d’ornementation), porte pour l’essentiel sur l’élaboration d’accessoires vestimentaires, en particulier des fibules, mais

Fig. 23 : Plan de « la Cité d’Affrique » à Messein et localisation du secteur d’atelier métallurgique potentiel fouillé entre 1981 et 1989 dans l’angle nord-est du site. © S. Deffressigne, Inrap, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.



également des crochets de ceinture, des pendoques à œillet, des épingles à tête bouletée, que complètent des éléments de parure (principalement des anneaux) et des éléments de toilette (cure-ongles, pince à épiler...). Cette production majoritairement en alliages cuivreux pour la phase ancienne d'occupation (Ha D2-D3/début LTA) cède petit à petit du terrain aux objets en fer, mais de manière différentielle selon les catégories d'objets. Ainsi, les épingles à tête bouletée, les fibules à ressort court, les crochets de ceinture en alliages cuivreux trouvent des équivalents en fer dans la deuxième phase de l'occupation (fin LTA/LTB1). Toutefois certains objets comme les trousse de toilette sont ici toujours en fer, alors que les fibules à long ressort en arbalète sont à peine concernées par ce matériau. La faible quantité et les petits modules de scories de forgeage du fer retrouvées évoquent la mise en œuvre de petites quantités de métal, en adéquation avec la production de petits objets (fibules, crochets...), dont le poids oscille entre 2 et 6 g. Ainsi, rien que la masse de scories de forgeage retrouvées (autour de 1,2 kg) permet d'envisager la fabrication de plusieurs centaines de pièces comme des fibules à grosses spires, des crochets de ceinture ou des instruments de toilette (tabl. 5)¹². « La Cité d'Afrique » produit en outre deux types de fibules en alliages cuivreux particuliers : les fibules à palette losangique et les fibules à palette rectangulaire et encoches. Ces deux types de fibules paraissent représentés quasi exclusivement sur le site lui-même, démontrant par là même que cette production est destinée à la clientèle qui y réside. De plus, la présence de matériaux rares comme l'or, le corail, mais également l'ambre, le verre et, dans une moindre mesure, le jayet, le lignite et l'os révèle une production plus luxueuse sans doute destinée à une clientèle aisée. Ces éléments font écho à la consommation de vin (amphores) et à l'utilisation d'une céramique dite tournée dont on ne trouve pas d'autres exemples dans le bassin de Nancy (excepté dans un site localisé à Méréville, au pied de « la Cité d'Afrique »). Une telle production métallurgique, la consommation de biens de qualité et la création spécifique d'accessoires vestimentaires, au sein d'un habitat doté d'une fortification monumentale et ostentatoire, font de « la Cité d'Afrique » une place forte de haut rang. Dans l'état actuel des données, le petit secteur s'inscrivant dans la boucle de la Moselle en amont de sa confluence avec la Meurthe est le seul secteur de production primaire et d'exploitation du minerai de fer actuellement identifié en Lorraine pour cette période. Cet espace, où existent plusieurs habitats fortifiés de hauteur relativement mal connus et datés, est dominé par le caractère imposant de la fortification de « la Cité d'Afrique ». Ces caractéristiques semblent correspondre à un centre de pouvoir dominant cette région.

Le métal utilisé arrive probablement dans cet atelier sous la forme de demi-produits épurés, puisqu'aucun indice de séquences de travail antérieures à la fabrication d'objets n'a été mis en évidence sur le site lui-même. Ces demi-produits métalliques sont probablement élaborés dans des ateliers primaires comme ceux d'« Au Loup » à Gondreville et de la « ZAC Herbue-Chalin » à Velaine-en-Haye, où des témoins de mise en forme du fer brut ont été mis au jour. Rien n'interdit donc de penser que l'atelier (ou les ateliers) de « la Cité d'Afrique » soit alimenté par du fer produit et mis en forme dans ces deux sites. Compte tenu de leur nature respective, on peut donc imaginer un degré de dépendance entre l'habitat de rang privilégié et les habitats ruraux au sein desquels

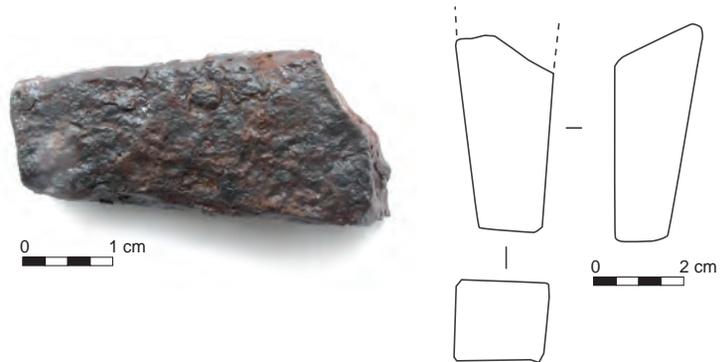


Fig. 24: Possible chute d'extrémité de demi-produit très compacté ayant pu être utilisé dans l'atelier métallurgique fouillé dans l'angle nord-est du site de « la Cité d'Afrique ». © M. Leroy, LMC-IRAMAT, et dessin d'après E. Dubreucq 2007.



Fig. 25: Chutes de fer de forgeage provenant des couches archéologiques fouillées dans l'angle nord-est du site de « la Cité d'Afrique ». © O. Dancy, Musée de l'histoire du fer.

.....
12. La perte en fer métallique contenu dans les 1,2 kg de scories de forgeage recueillies peut être évaluée à environ 500 g. En considérant, sur la base de reconstitutions expérimentales, que les travaux d'élaboration à partir de fer bien épuré et compacté entraînent une perte de fer d'une vingtaine de pourcents, alors 2,5 kg de fer ont été travaillés, dont 2 kg réellement transformés en objets manufacturés (2,5-0,5 kg). Soit la production de 400 objets de 5 g ou de 200 objets de 10 g.

Tabl. 5 : Hypothèses d'évaluation quantitative de la production d'objets en fer sur la base du poids de déchets collectés lors des fouilles de « la Cité d'Afrique » dans les années 1980. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Catégories d'objets	NMI	Poids moyen	Total	Nombre total d'objets fabriqués avec 2 kg net de fer	Nombre d'objets de chaque catégorie fabriqués avec 2 kg net de fer
Instrumentum de toilette	15	6 g	90 g	$2000 : 6 = 330$	192
Crochets de ceinture	12	2,5 g	30 g	$2000 : 2,5 = 800$	153
Fibules grosses spires	9	4 g	36 g	$2000 : 4 = 500$	115
	36	4,3 g	156 g		460

sont installés les ateliers sidérurgiques, d'autant que les sites de Gondreville et Velaine ne sont pas de simples habitats ruraux, comme en témoigne leur grande capacité de stockage des céréales qui s'inscrit parfaitement dans un système de contrôle de la production agricole au profit peut-être de l'approvisionnement du pôle princier que serait « la Cité d'Afrique ». Le contrôle de la production du fer pourrait procéder de la même logique, afin d'alimenter les ateliers de manufacture destinés au service des puissants.

Le travail du fer dans les habitats ruraux

Des traces ténues

En dehors des deux sites d'« Au Loup » à Gondreville et de la « ZAC Herbue-Chalin » à Velaine-en-Haye, seuls trois autres habitats ruraux ont livré des indices de travail du fer, sous la forme de quelques résidus de travail (fig. 19 et tabl. 4). L'un d'entre eux est localisé dans le même secteur de la boucle de la Moselle, sur le revers du plateau des Côtes de Moselle (« les Herbues de Gondreville » à Fontenoy-sur-Moselle). Les deux autres sont situés plus au nord dans la vallée de la Moselle (« la Grange-aux-Ormes » à Marly, « ZAC des Coteaux » à Woippy). Ce petit nombre de sites n'est pas dû à une absence de découvertes archéologiques : les sites d'habitat ruraux de la fin du Hallstatt et du début de La Tène sont bien connus en Lorraine, puisqu'on en compte actuellement plus d'une quarantaine dans le bassin de la Moselle et plus de 200 pour le reste de la Lorraine. Ces habitats ne livrent pas ou très peu de restes métallurgiques¹³ et ne possèdent guère plus de mobilier métallique. Ce dernier n'est, du reste, connu pour l'essentiel que par des éléments en alliages cuivreux et, dans certaines tombes, sous la forme de parure (anneaux, bracelets), d'accessoires vestimentaires (fibules, épingles), d'objets de toilette (rasoir, pince à épiler) et parfois d'armement dès le Hallstatt C. Dans les sites étudiés, les déchets métallurgiques ont été presque toujours découverts en position secondaire dans le comblement de structures excavées (fosses, fossés, poteaux), soit qu'ils y aient été rejetés, soit qu'ils y aient été piégés avec les sédiments de comblement. Aucun dépotoir n'a été découvert sur l'un ou l'autre des sites : les déchets sont mélangés à d'autres rejets domestiques et parfois artisanaux comme dans le cas de « la Grange-aux-Ormes » à Marly.

À environ 700 m de l'habitat d'« Au Loup » à Gondreville, en bordure de la Moselle, un autre secteur d'habitat est installé au lieu-dit « les Herbues de Gondreville » à Fontenoy-sur-Moselle (Deffressigne *et al.*, 2002). Le site n'a pas pu être circonscrit dans sa partie nord-nord-est et se poursuit hors de l'emprise. Il se caractérise par une occupation de la fin du Hallstatt et du début de La Tène

.....

13. On en dénombrerait actuellement une quinzaine tout au plus pour l'ensemble de la Lorraine pour cette tranche chronologique.

14. Responsable d'opération : N. Tikonoff, Inrap, 2005.

qui fait suite à de nombreuses installations de la fin de l'âge du Bronze et du début du Hallstatt. La superposition des différents habitats brouille la lecture archéologique du plan et l'identification des infrastructures du Hallstatt et de La Tène, hormis quelques silos, est difficile. Les restes métallurgiques ont été localisés dans deux silos séparés de 10 m seulement. Ils sont placés à la périphérie d'une grande construction dont la datation est imprécise. Son orientation est similaire à celle des constructions du Hallstatt D et de La Tène, mais elle recouvre un dépotoir de l'âge du Bronze. Les mêmes interrogations touchent un autre bâtiment situé légèrement plus au sud. Dans l'état actuel de nos recherches et malgré une dizaine de tamisages effectués sur des excavations placées dans leur environnement, il n'a pas été possible de mieux cerner l'activité métallurgique. Aucune structure ne semble pouvoir se rattacher directement à une activité de forge. Il est donc probable que nous ayons affaire à des rejets distants du cœur de l'atelier qu'il n'est guère possible de localiser. Les quelques restes mis en évidence, bien que très peu nombreux (6 fragments de paroi de foyer : 110 g et 4 fragments de scorie informes : 70 g), signalent la présence d'une activité de forgeage. Mais il n'est pas possible de préciser s'il s'agit du façonnage de demi-produits ou bien d'objets manufacturés, aucun déchet de fabrication ni d'objets métalliques n'ayant été retrouvé.

Le site de « la Grange-aux-Ormes » à Marly est localisé dans la vallée de la Seille, à moins de 7 km en amont de la confluence avec la Moselle. Une opération archéologique a mis au jour un vaste complexe d'habitat dont l'occupation s'étire depuis le Bronze final IIIb jusqu'au Hallstatt D2-D3 sans que l'on distingue une réelle désaffectation du site au cours de cette longue période¹⁴. L'habitat de la fin du premier âge du Fer, installé en bordure d'un paléochenal (peut-être un ancien affluent de la Seille), comporte trois grandes constructions qui encadrent une zone probablement destinée au stockage, où se trouvent plusieurs bâtiments sur poteaux. Ces trois bâtiments, très proches architecturalement, sont constitués d'une nef avec structure interne rectangulaire (cadre), sans doute élément porteur principal. Leur surface au sol approche les 80 m² (11,50 x 7 m) et ils comportent un foyer. À 300 m au nord de l'habitat proprement dit, une très grande fosse polylobée de 500 m² est entourée de fours en fosses. L'occupation de cette zone s'étend, comme pour l'habitat, du Bronze final IIIb jusqu'au Hallstatt D inclus. La grande quantité de limon extrait de cette excavation est sans doute en partie destinée à la confection de torchis pour les constructions, mais certainement aussi à la fabrication d'objets en terre cuite et en céramique (vases, fusaïoles, pesons, poids...) trouvés en grand nombre *in situ*, notamment des ratés de cuisson. Certains fours ont probablement eu pour fonction la torréfaction ou le séchage des grains, en raison de la présence, dans leur remplissage, de nombreuses graines d'épeautre et de millet. Ce secteur semble donc principalement destiné à des activités artisanales liées au feu. C'est d'ailleurs dans les remplissages de plusieurs de ces fosses (dont la grande fosse polylobée) que quelques déchets de métallurgie du fer ont été découverts. Un fragment de creuset vraisemblablement destiné à la fusion des métaux à basse température mérite également d'être signalé bien qu'il soit plutôt daté de la fin de l'âge du Bronze et/ou du Hallstatt C.

Le travail des alliages cuivreux pour la fin du Hallstatt est acté par la seule présence d'un petit fragment de moule de fer de lance. Sa découverte a été réalisée dans une petite construction rectangulaire de 7 m², distante de 30 m des différentes constructions, en bordure du décapage archéologique. Il est impossible de savoir s'il s'agit de la poursuite du secteur d'habitat proprement dit ou bien d'une zone à vocation plutôt artisanale. Le nombre de déchets métallurgiques

.....
14. Responsable d'opération: N. Tikonoff, Inrap, 2005.

collectés à « la Grange-aux-Ormes » ne dépasse pas huit unités (non compris les fragments de moule et de creuset), provenant du remplissage de trois structures excavées. Ces déchets se rapportent à des activités de forgeage du fer (fragments de scories en culot et petites scories argilo-sableuses). Ce secteur des grandes fosses polylobées concentre donc la quasi-totalité des artefacts artisanaux du site liés au feu, à l'écart des bâtiments d'habitation, et on peut imaginer que ces activités y ont eu lieu, même si, en ce qui concerne la paléomanufacture du fer, le très faible nombre de déchets retrouvés et l'impossibilité d'identifier des structures s'y rapportant (foyer ou bâtiment) ne permettent pas de le confirmer. Sans doute faut-il donc envisager la localisation de l'atelier proprement dit à la marge de l'espace décapé. Au vu du petit nombre de déchets, il est impossible de définir quels types précis de travaux sont pratiqués à Marly. On peut conjecturer qu'il s'agit au moins de petits travaux de mise en forme liés à l'entretien et à la réparation de l'outillage. Par ailleurs, un mobilier métallique très peu abondant (NMI 3), découvert exclusivement dans la grande fosse polylobée, atteste l'utilisation du fer sur le site. Toutefois, le lien entre ces objets et les restes métallurgiques ne peut être établi : ils n'ont pas nécessairement été fabriqués sur le site et leur acquisition peut provenir d'un circuit de distribution extérieur.

Le site de la « ZAC des Coteaux » à Woippy est installé dans la vallée de la Moselle, à quelques kilomètres au nord de Metz, sur le versant des Côtes de Moselle, en rive gauche. L'occupation, datée de la fin du premier âge du Fer et du début du second, correspond à une installation agropastorale, au tissu et à l'organisation assez lâche, marquée par la présence de bâtiments à quatre et six poteaux, des fosses et des silos¹⁵. Neuf constructions, assimilées à des greniers surélevés, ont été identifiées, ainsi que six silos enterrés. Quelques fusaïoles et un peson en terre cuite documentent des activités de tissage et de lissage, en lien probable avec l'élevage. Des fragments de meule en lave de l'Eifel, ainsi qu'une molette en galet de quartzite mosellan, sont associés aux structures de stockage des céréales. Aucun macroreste métallurgique n'a été retrouvé lors de la fouille. En revanche, le tamisage du comblement de plusieurs structures en creux a fourni des microdéchets magnétiques caractéristiques d'une activité, au moins ponctuelle, de forgeage du fer. Le très faible nombre de ces microrestes, qui représentent un « bruit de fond » très ténu d'une activité protohistorique, résulte, soit d'une mauvaise conservation globale de ce type de résidus, soit d'une disparition complète du ou des sols d'atelier correspondant, soit de l'éloignement de la source émettrice. En l'absence de macroreste scorifié, on peut penser que ces microdéchets ont été produits par des travaux de forgeage ponctuels, ne faisant pas intervenir des ajouts silico-alumineux qui auraient entraîné la formation de scorie. Il peut s'agir de simples travaux d'entretien et de réparation d'outils agricoles ou domestiques. Toutefois, ces sédiments ont pu être pollués par une activité plus importante ayant eu lieu en dehors des limites de la fouille.

Une interprétation difficile

À l'exception des ceux de Gondreville (« Au Loup ») et de Velaine-en-Haye (« ZAC Herbue-Chalin »), les sites étudiés n'ont livré qu'une petite quantité de mobiliers métallurgiques (fig. 26) – entre quelques dizaines et quelques centaines de grammes, correspondant à quelques dizaines de restes au maximum –, qui peut être révélatrice du faible niveau de l'activité métallurgique. Mais elle est plus probablement liée aux conditions de conservation, ainsi qu'à la proportion du site réellement dégagée lors de l'opération archéologique. À « Au Loup », une très large portion du site, sinon la totalité, a pu être appréhendée et fouillée, ce

.....
15. Responsable d'opération : R. Dupont, Pôle archéologie de Metz-Métropole, 2007.

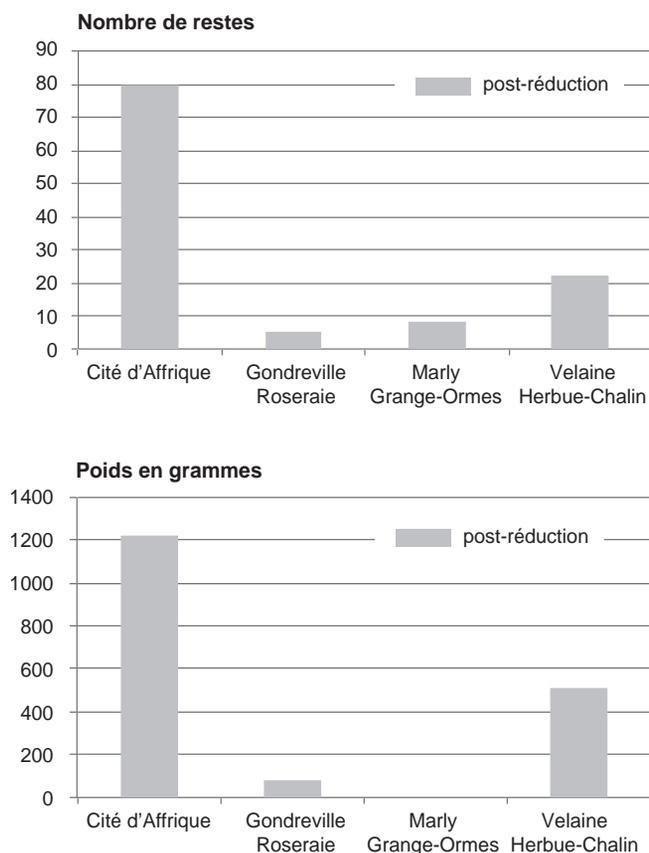


Fig. 26: Nombre de restes et poids en grammes des déchets de travail du fer retrouvés sur les sites étudiés (Ha D2-D3 à LT B1) hors déchets de réduction (528 restes pour 6310 g à Gondreville et 25 restes pour 4830 g à Velaine-en-Haye). © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

qui peut expliquer qu'il ait livré jusqu'à 30 fois plus de déchets que les sites dont la surface n'est que partiellement connue, du fait des limites de l'emprise ou des destructions occasionnées par des occupations postérieures. L'érosion joue probablement aussi un rôle très important. Tous les déchets recueillis proviennent du comblement de structures en creux. Aucun sol d'occupation n'était conservé. Ainsi, les déchets qui n'ont pas été piégés ou ensevelis dans ces creusements n'ont pas été conservés. À Gondreville par exemple, le rejet ou le piégeage de nombreux fragments de minerai dans le comblement d'une structure fortement enterrée a contribué à la conservation de cette information, tout en lui donnant peut-être une représentation accrue (face à la disparition des autres déchets) par rapport à sa représentativité réelle.

Caractériser une activité métallurgique par le biais de restes très limités est un exercice particulièrement délicat. D'un côté, on ne peut nier leur présence, mais de l'autre ils sont trop peu significatifs pour que l'on puisse extrapoler la localisation exacte de l'activité et en démontrer la nature. Toutefois, dans le cas de l'habitat de « la Grange-aux-Ormes » à Marly, la manufacture du fer et la production d'objets ne sont pas totalement à exclure au vu de la fabrication d'objets en alliages cuivreux (moule de fer de lance). Il paraît concevable que les activités métallurgiques soient pratiquées dans le même atelier et par les mêmes artisans. La concomitance des deux pratiques est envisageable pour ces périodes, puisqu'elle a été constatée à « la Cité d'Afrique » à Messein, mais également dans les ateliers de « Port Sec Sud » à Bourges¹⁶ (Cher, Augier *et al.*, 2012), ou encore de « la Peute Combe » à Talant (Côte-d'Or, Labeaune, 2011).

.....
16. Étude A. Filippini, Éveha, UMR 5608-TRACES.

Le second âge du Fer

Pour le second âge du Fer, le nombre de sites livrant des indices du travail du fer n'est pas significativement plus élevé dans notre zone d'étude que pour la période précédente: environ une dizaine (fig. 27 et tabl. 6). Des conditions de conservation sont sans doute en partie à l'origine de cette faible représentation. En effet, les sites de cette période sont assez mal documentés dans la région, en raison de la rareté du mobilier archéologique. D'une manière générale, les dépotoirs sont quasi inexistant: les fosses de rejets, les silos abandonnés servant de poubelles sont absents, et bien souvent les habitats de La Tène sont identifiés par la forme de leurs constructions, les bâtiments à cadre interne et porche, et non par le mobilier. Les détritiques ne semblent pas enfouis, peut-être sont-ils simplement jetés en surface. Par ailleurs, les enclos fossoyés qui se révèlent de parfaits exutoires sont des structures très peu rencontrées en Lorraine. *A contrario*, les quelques établissements ruraux qui en sont dotés détiennent un abondant mobilier: c'est le cas de celui « la Tête d'Or » à Basing (Moselle), fouillé dans le cadre des travaux de la LGV-Est, situé sur le Plateau lorrain à l'est de la vallée de la Moselle¹⁷. Ainsi, quelle que soit la surface décapée, les restes céramiques, par exemple, n'excèdent que rarement un nombre minimum d'individus supérieur à 50, la majorité des ensembles oscillant entre 3 et 36. Le mobilier métallique et les déchets métallurgiques paraissent néanmoins en plus grande quantité dans les sites de La Tène C et D que pour les phases anciennes du Hallstatt D2-D3 et de La Tène A-B. Régulièrement, quelques scories sont dégagées du comblement d'un poteau ou d'une tranchée de fondation.

De la même manière, le mobilier en fer constitue un élément encore exceptionnel dans les fouilles d'habitats. Dans l'ensemble, on rencontre quelques clous, des anneaux de suspension, des fragments de fibules, ou de l'outillage (couteau, lime, faucille, croc de boucher, barre de grill...) et, surtout, des éléments indéterminés (tiges, plaques et autres). Les rares éléments de parure en contexte d'habitat sont des objets en alliages cuivreux (pendeloque, bracelet...). Encore plus rares sont les armes, absence qui caractérise aussi les nécropoles en Lorraine (Deffressigne, 2004; Adam et Fichtl, 2004). Le mobilier métallique associé aux sépultures à incinération à partir de La Tène C1 est réduit, à la différence de ce que l'on observe pour La Tène B; fibules et accessoires de toilette sont les principaux éléments qui accompagnent désormais les défunts (Deffressigne *et al.*, 2010a). En revanche, l'*oppidum* de « la Butte Sainte-Geneviève » à Essey-les-Nancy, fouillé au cours du XIX^e et au début du XX^e siècle, notamment par J. Beaupré et A. Poirot (Beaupré, 1910), révèle un abondant mobilier métallique, notamment en fer (outillage, accessoires vestimentaires...). La reprise de cette collection apporterait certainement de nombreuses informations sur l'usage du mobilier métallique dans ce type d'habitat, voire peut-être aussi sur sa production.

Sept sites ont été étudiés (tabl. 6). Ils se répartissent entre La Tène C et D (200 à 20 av. J.-C.). Cinq sont implantés dans la vallée de la Moselle, du nord au sud de l'espace étudié (« ZAC Géric » à Terville, « Landrevenne » à Ennery, « le Pollioux » à Woippy, « le Mont-Saint-Germain » à Châtel-Saint-Germain, « le Clos de la Bergerie » à Gondreville), un dans la vallée de la Meurthe (« le Pré Chenu » à Tomblaine) et un septième dans la vallée supérieure de la Meuse, au sud-ouest de la zone d'étude (« la Fourche » à Frebécourt). Si les quantités de déchets recueillis restent encore minimales pour les sites de La Tène C, en revanche elles atteignent plusieurs kilogrammes sur ceux de La Tène D (fig. 28).

.....
17. Site qui a livré un important volume de mobilier de La Tène D1 (fouille L. Thomashausen, Inrap, 2010).

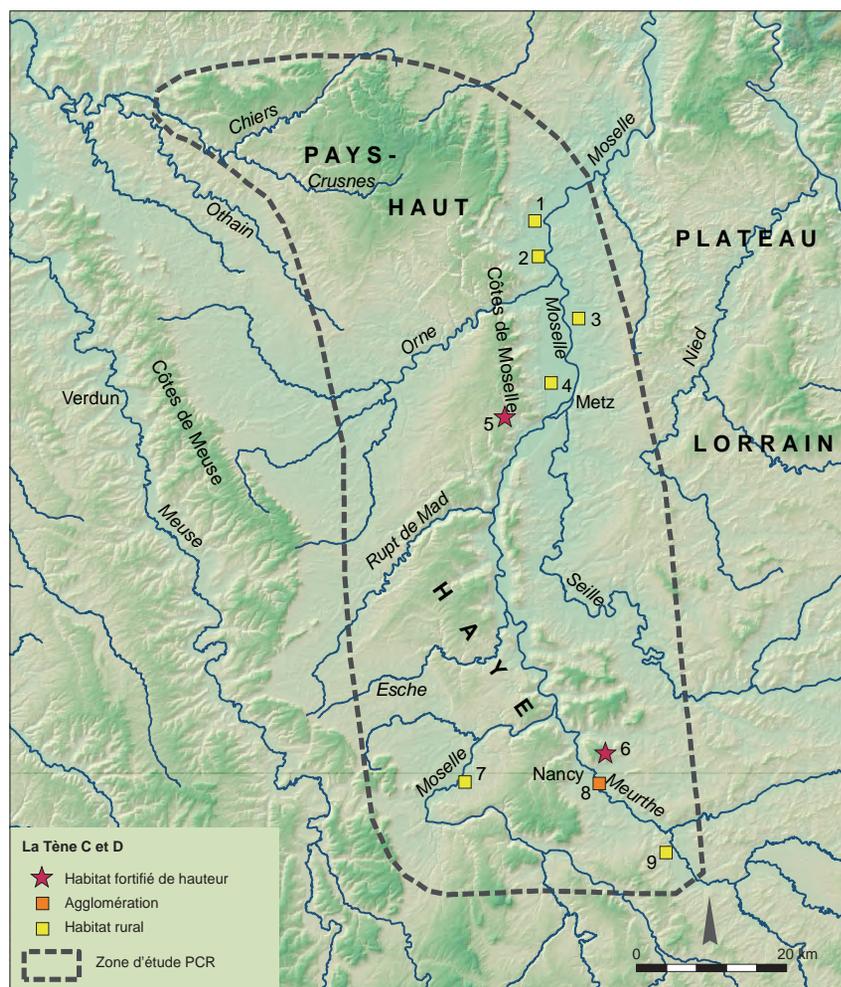


Fig. 27 : Carte de localisation des sites de la période LT C-D ayant livré des vestiges de production et/ou de travail du fer, dans la région des Côtes de Moselle et du bassin de la Moselle.

© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Tabl. 6 : Inventaire des sites d'habitat de la période LT C-D comportant des activités de production et/ou de travail du fer, dans la région des Côtes de Moselle et du bassin de la Moselle.

© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Sites	Datation	Type de site	Réduction	Post-réduction	N° carte
Terville (57) ZAC Géric	LT C-D	Habitat de plaine	NR 1 125 g	NR 12 + battitures 890 g	1
Uckange (57) Cité des Sports	LT C-D	Habitat de plaine		non étudié	2
Ennery (57) Landrevenne	LT C - D1	Habitat de plaine		NR 73 + battitures 1 580 g	3
Woippy (57) le Pollioux	LT D1	Habitat de plaine		NR 217 8 860 g	4
Châtel-Saint-Germain (57) Mont-Saint-Germain	LT C	Habitat de hauteur		NR 4 (3 lingots + 1 scorie)	5
Essey-lès-Nancy (54) Butte Sainte-Geneviève	LT D1 - D2	Habitat fortifié de hauteur		non étudié	6
Gondreville (54) le Clos de la Bergerie	LT C	Habitat de plaine		NR 1 41 g	7
Tomblaine (54) Le Pré Chenu	LT D1	agglomération de plaine		NR 51 + battitures 1 144 g	8
Rosières-aux-Salines (54) rue Juliot Curie	LT D1	Habitat de plaine		non étudié	9
Frebécourt (88) la Fourche	LT D1b - LT D2a	Habitat de plaine		NR 371 + battitures 4 218 g	hors carte

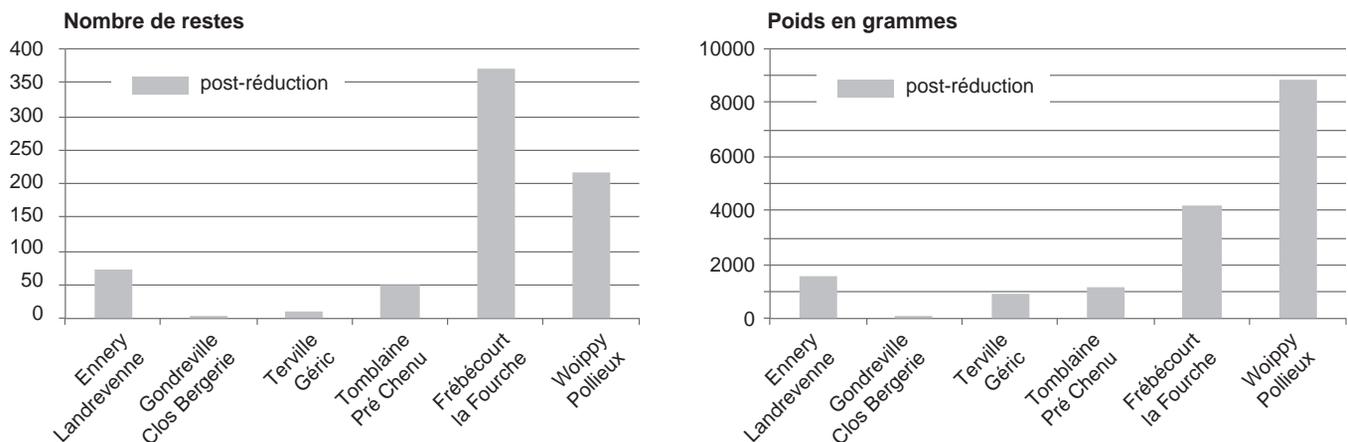


Fig. 28: Nombre de restes et poids en gramme des déchets de travail du fer retrouvés sur les sites étudiés (LT C à LT D). © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Ce constat, qui s'appuie ici sur un nombre beaucoup trop restreint de sites pour pouvoir être interprété, n'en est pas moins en parfaite adéquation avec ce qui est démontré pour d'autres régions de Gaule (Bauvais *et al.*, 2007; Orengo, 2007). Le rang social de ces habitats est assez divers, même s'il n'est guère possible de juger du statut de certains comme par exemple celui du « Mont-Saint-Germain » à Châtel-Saint-Germain, site perturbé par l'implantation d'une nécropole mérovingienne et d'un prieuré médiéval, ou encore celui du « Clos de la Bergerie » à Gondreville qui n'a pas bénéficié d'un décapage suffisant pour comprendre l'étendue de l'occupation. Les études récentes sur ces périodes montrent que les installations peuvent s'étendre sur au moins deux hectares, si l'on prend en compte l'habitat principal et les annexes (par exemple « Landrevenne » à Ennery ou « la Fourche » à Frébécourt). On compte donc ici des sites de statuts variés : des établissements de rang supérieur installés sur de vastes surfaces, avec de nombreux bâtiments et d'importantes infrastructures, qui consomment occasionnellement du vin (amphore); d'autres habitats dont le rang est plus complexe à cerner, mais vraisemblablement plus modeste.

Un habitat rural et un site de hauteur à La Tène C

Seules deux occupations de La Tène moyenne ont livré quelques rares indices de travail du fer. Malheureusement, ces deux occupations sont connues de manière très lacunaire, d'où une difficulté à définir leur nature. Autre conséquence, le nombre des restes métallurgiques mis au jour est très réduit (une seule scorie dans chaque cas). Mais l'intérêt du site de hauteur du « Mont Saint-Germain » est d'illustrer, par la découverte de trois demi-produits plats à extrémité enroulée, un type de matière première très élaborée utilisée durant cette période par les forgerons et d'évoquer la circulation des demi-produits.

« Le Clos de la Bergerie » à Gondreville

Cet habitat, connu de manière très incomplète, se compose d'une grande construction, sans doute une habitation si l'on tient compte du mobilier découvert dans ses poteaux (céramique, peson, terre cuite), qui se caractérise par un plan constitué d'un cadre interne et d'une avancée, entouré d'une tranchée de fondation qui matérialise la paroi externe du bâtiment¹⁸. C'est du comblement de cette tranchée que provient l'unique scorie découverte : un fragment de culot

.....
18. Responsable d'opération : S. Deffressigne, Inrap, 2000.

de forge. Une autre construction montre un plan plus simple, mais d'un module équivalent au précédent. Toutes deux semblent s'insérer dans un réseau de palissades avec une entrée en entonnoir que l'on associe souvent au contrôle des déplacements des animaux. La nature de cet habitat ne peut être vraiment discutée en raison de la méconnaissance de son environnement. Rien en effet ne permet de dire s'il est intégré à un vaste établissement rural ou bien s'il n'est guère plus étendu. Il est assez peu probable que l'activité de forge ait eu lieu sur les lieux mêmes de cette construction, aucun autre élément attaché à la métallurgie n'ayant été détecté. Toutefois, la scorie mise au jour est révélatrice d'une activité située dans les environs proches, ce qui indique que le site est probablement plus vaste. On ne peut que faire allusion ici à l'établissement rural d'Ennery (*infra*) où les tranchées de fondation de grandes constructions ont piégé quelques scories, alors que la forge elle-même est distante de 50 m environ.

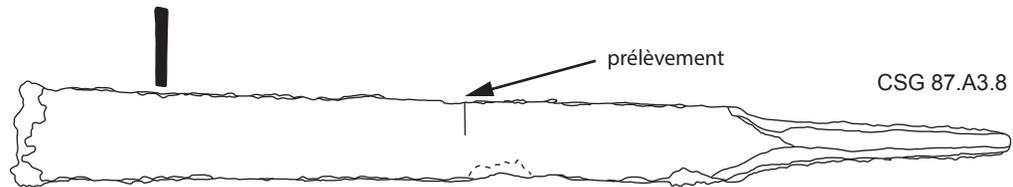
« Le Mont Saint-Germain » à Châtel-Saint-Germain

Des vestiges d'occupation du second âge du Fer ont été mis au jour sur cet éperon des Côtes de Moselle qui paraît être barré par un rempart et un fossé à cette époque¹⁹. Ces niveaux d'occupation (un foyer et quelques trous de poteaux), fortement perturbés par des réoccupations postérieures très denses (nécropole mérovingienne et prieuré médiéval), couvrent une fourchette chronologique s'étendant de La Tène B2 (fibule et céramiques) à La Tène D (3 potins au sanglier). Une scorie en forme de culot plano-convexe, d'une dizaine de centimètres de diamètre, est un indice isolé de travaux de forgeage, mais trois barres plates en fer à extrémité enroulée, correspondant à des demi-produits, ont également été recueillies (fig. 29). Deux d'entre elles étaient alignées au fond d'une fosse dans une couche cendreuse. Les trois barres, d'un demi-kilogramme (respectivement 555, 640 et 690 g), sont de section rectangulaire (50 sur 6 mm pour deux d'entre elles et 41 sur 19 mm pour la troisième), longues de 500 à 580 mm. Improprement appelées « lingots » – elles ne sont pas moulées à l'état liquide dans une lingotière, mais forgées manuellement –, elles constituent des réserves de matières premières destinées à être transformées. L'étude métallographique révèle le caractère très élaboré du métal²⁰. On peut donc les considérer comme des demi-produits de fin de chaîne de production. Leur morphologie traduit un conditionnement dont on peut penser qu'il a une signification pour l'artisan. La présence d'une extrémité enroulée, destinée probablement à faciliter la préhension et la manipulation par l'artisan, est une caractéristique supplémentaire qui renforce cette interprétation.

Ces demi-produits finaux n'ont pas nécessairement été réalisés sur le site. Commercialisés sous cette forme, ils peuvent approvisionner les artisans forgerons travaillant sur le site, depuis une source externe directe (atelier produisant ce type de produits) ou indirecte (commerce, grossistes). Leurs dimensions assez similaires renforcent l'hypothèse d'un approvisionnement extérieur. Leur présence sur le site indique donc non seulement qu'un ou des ateliers de travail du fer existent à l'intérieur de l'enceinte fortifiée, mais aussi que ce ou ces ateliers fonctionnent dans un circuit. La nature de la production n'est pas connue. Pour l'heure, il s'agit du seul site lorrain avec l'*oppidum* d'Étival-Clairefontaine dans les Vosges (Deyber *et al.*, 1984) à avoir livré des demi-produits de ce type en contexte.

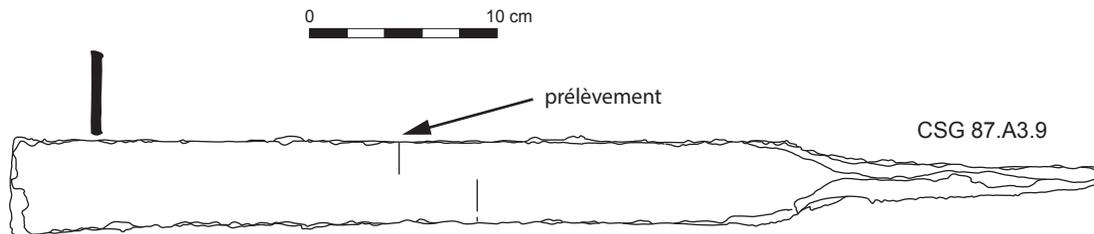
.....
19. Responsables d'opération: J.-F. Pitoy (1967-1977), D. Pargny (1979-1981), C. Lefebvre, J. Guillaume et A. Wiczorek (1982-1991).

20. Le métal présente une structure hétérogène, mais majoritairement peu carburée: il s'agit d'un mélange de fer et d'acier doux (structure ferritique et ferrito-perlitique, $\leq 0,3\%$ de C).



Longueur 530 mm dont soie 140 mm - largeur maximum 50 mm - épaisseur 6 mm

Poids 640 g



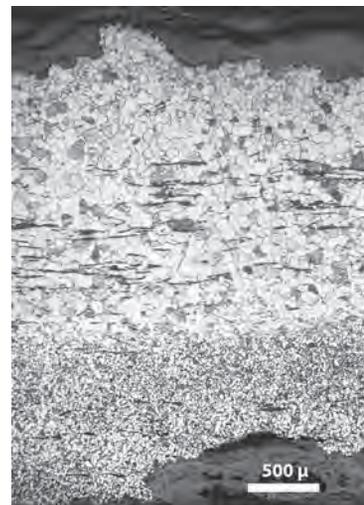
Longueur 580 mm dont soie 155 mm - largeur maximum 50 mm - épaisseur 6 mm

Poids 690 g



Micrographie n° 1

Gros grains de ferrite, inclusions allongées soulignant le travail de forgeage



Micrographie n° 2

Structure ferrite-perlitique (acier doux $\leq 0,3\%$ C) montrant localement des structures de refroidissement en Widmanstätten

Fig. 29 : Barres à extrémité enroulée du « Mont-Saint-Germain » à Châtel-Saint-Germain.

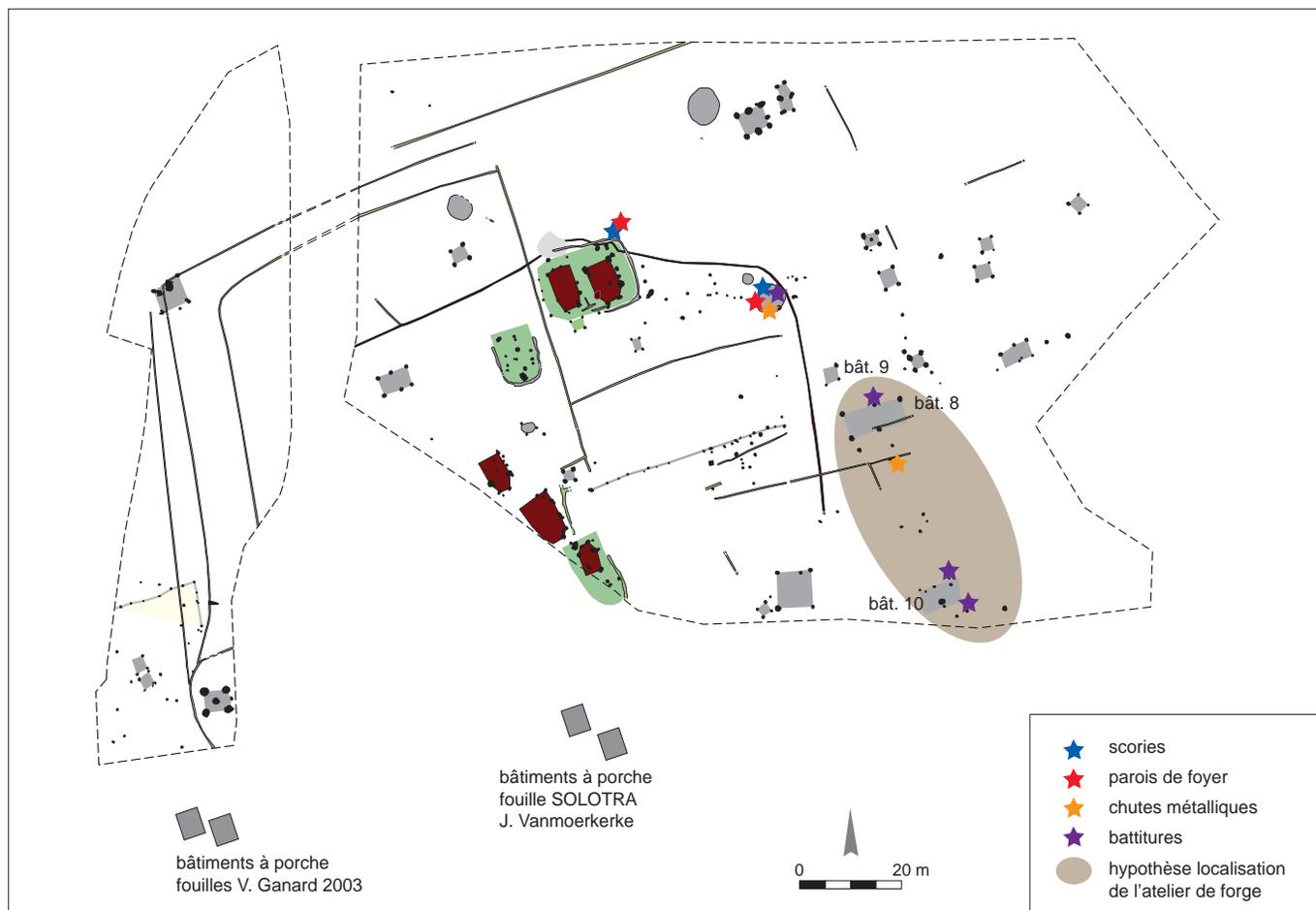
© M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Des établissements ruraux à enclos

« Landrevenne » à Ennery

Cet habitat est composé d'un enclos palissadé fouillé sur près de 2 ha (Deffressigne-Tikonoff, 2005). Deux séquences principales d'occupation ont été distinguées (LT C2 et LT D1) sans *hiatus* chronologique perceptible. Les bâtiments d'habitation sont reconstruits au même endroit avec ou sans agrandissements. Au fil des installations, la structuration de l'habitat s'intensifie, mais sans modification dans la fonction des espaces : habitations, stockage, parcage, forge. Les enclos sont remaniés et agrandis au fil des aménagements. Trois ensembles d'habitations ont été reconnus (fig. 30). Il s'agit de grands bâtiments soit en « abside », soit « à porche » répartis sur 1 000 m². Ces constructions ont des plans composés pour l'essentiel de quatre poteaux principaux, porteurs de la charpente, et bordés parfois d'une tranchée de fondation. Ils couvrent ainsi des superficies allant de 23 à 234 m² (13 x 18 m). Ils sont inclus dans des enclos formés par des petits fossés n'excédant pas 0,20 m de large pour autant de profondeur, qui ont vraisemblablement accueilli des palissades (entre 300 et 700 m reconnus en fouille, mais cet établissement n'a pas été fouillé en intégralité et nous sommes certainement largement en dessous de la réalité). À la périphérie de ces enclos se trouvent des petites constructions, probablement des greniers aériens, au nombre de vingt-deux. De grandes zones vides s'intercalent entre ces

Fig. 30 : Répartition spatiale des déchets de travail du fer à « Landrevenne » à Ennery. © S. Deffressigne, Inrap, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.



différents espaces. Bordées par des fossés ou des palissades, elles correspondent sans doute au parage d'animaux d'élevage. Deux puits situés sur les extérieurs de l'habitat permettent certainement l'alimentation en eau.

Une grande fosse dépotoir a livré un abondant matériel de qualité : céramique, métal, faune, ainsi que de la parure en verre (bracelets et perles) et quelques coquillages d'eau douce qui ont été consommés. L'hypothèse d'un dépôt provenant d'un repas collectif avec mise en scène dans le dépôt des rejets a été avancée pour une partie du mobilier (Deffressigne-Tikonoff et Auxiette, 2002). Les objets métalliques, de même que les vestiges métallurgiques, sont relativement abondants : on dénombre 33 éléments mobiliers métalliques, dont 4 en alliage base-cuivre et 29 en fer, correspondant à des ustensiles de cuisine, de l'outillage divers, des éléments de quincaillerie, quelques accessoires vestimentaires... Sept éléments en fer ont été identifiés comme autant de chutes de travail de forge, en raison soit de la présence de traces de coupe, soit d'une morphologie déformée, soit de la présence de traces d'outil (fig. 31). C'est également au sein de ce dépotoir que l'on a retrouvé plusieurs culots de forge. Quelques restes centimétriques d'amphores ont été mis au jour dans un lambeau de niveau de sol, indiquant la consommation de vin, dans des quantités impossibles à évaluer.

À l'écart de la zone vraisemblablement domestique, mais très près de la grande fosse dépotoir, se trouvent deux constructions (bât. 8 et 10) dont les trous de poteaux ont piégé quelques battitures, des charbons et de la terre cuite. De plus, une chute de métal (soie de préhension) a été recueillie dans le comblement d'un poteau isolé entre les deux bâtiments. L'architecture de ces derniers est en outre différente des autres bâtiments du site. Le mieux conservé (bât. 8) est rectangulaire, ouvert sur un côté avec, peut-être, un « auvent » ou un « appentis ». La présence concomitante des rejets métallurgiques (les seules battitures présentes sur le site) et de ces grandes constructions au plan particulier incite à reconnaître un espace d'atelier, certainement une forge. La faible représentation des déchets métallurgiques est probablement à mettre, en partie, en relation avec l'absence de niveaux de sol d'atelier conservés, comme de structure(s) liée(s) à la production, ou de dépotoir spécifique. Un schéma en fait très classique de fouilles d'habitat soumis à une érosion de versant. Les dimensions et la nature des quelques chutes métalliques identifiées à « Landrevenne » indiquent toutefois que l'on y travaille probablement de petites quantités de métal : il peut s'agir de fabrication de petits objets ou d'outillages, mais aucun indice sur le ou les types de production n'a été retrouvé (pas d'ébauche, ni de raté de fabrication identifié). Il peut s'agir aussi de travaux de réparation en fonction des besoins de l'habitat : réparation de l'outillage, remplacement d'éléments de fixation ou autre. Rien ne permet d'exclure que les objets en fer, parfois de grande taille, présents dans le dépôt collectif, aient été fabriqués aussi dans cet atelier.

La qualité du mobilier retrouvé, la grande taille de certaines constructions, l'organisation et la hiérarchisation des espaces font de cet établissement rural un habitat de rang élevé. L'activité de forge y bénéficie d'un espace particulier et stable, qui paraît donc posséder une place notable au sein de cet habitat (Deffressigne-Tikonoff et Auxiette, 2002 ; Deffressigne-Tikonoff, 2005). Il est fort probable que la présence d'une forge pérenne et la maîtrise d'un savoir-faire métallurgique contribuent au statut d'un tel habitat.

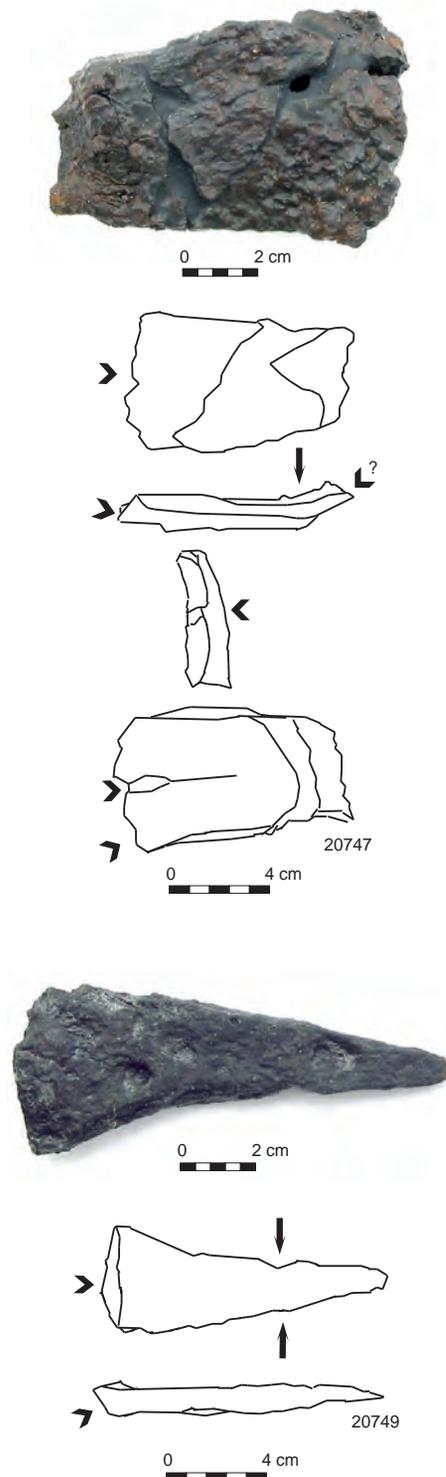


Fig. 31 : Chutes de forgeage en fer de « Landrevenne » : chute-barre et chute-soie de préhension avec traces de coupe et de pincement. © C. Riquier-Boucllet, LAM et M. Leroy, LMC-IRAMAT.

« La Fourche » à Frebécourt

Cet habitat laténien (LT D1b-LTD2a), qui succède à une occupation du premier âge du Fer (Ha C-D1 ? et Ha D2-D3), comprend un enclos fossoyé, vraisemblablement de plan quadrangulaire, qui n'a été appréhendé que très partiellement : seul un angle et l'un de ses côtés sont connus, sa longueur est appréciée sur 56 m (fig. 32 ; Deffressigne *et al.*, 2010b). Le fossé en V est profond au maximum de 1,20 m et large de 4 m ; il a été laissé ouvert. Il est comblé avec un abondant mobilier détritique : céramique, amphore, faune, fragments de meule et une calotte crânienne humaine. Le mobilier métallique est beaucoup plus rare, une douzaine d'artéfacts pour le fossé. L'enclos est bordé par cinq constructions. Quatre autres constructions de grande taille sont dispersées à sa grande périphérie. La majorité des bâtiments sont constitués d'un cadre fait de quatre poteaux et parfois d'une avancée (porche). Les constructions sont positionnées selon une organisation rigoureuse de l'espace avec des axes orthonormés établis au préalable. L'ensemble de ces bâtiments constitue certainement les annexes de l'établissement rural dont l'enclos délimiterait la partie principale. L'une d'elles côtoie une fosse détritique avec de la vaisselle et de la faune principalement. La dispersion des constructions montre l'étendue de cet établissement qui atteint deux hectares.

Au sein de l'enclos, à la hauteur de l'angle sud, plusieurs rejets mis au jour sont les témoins d'activités de forgeage du fer (fig. 33) ; une forte proportion de fragments de parois de foyer signale clairement la présence d'un atelier (au moins un foyer). La concentration des déchets dans une partie du comblement du fossé est probablement l'indice de la localisation de l'atelier que l'absence, dans la plupart des prélèvements de sédiments testés, de microdéchets, notamment de battitures, ne permet pas de préciser. Toutefois, à la périphérie extérieure de l'angle de l'enclos, se trouve une construction (Bât. 3) dont les poteaux ont révélé de nombreux artéfacts liés au feu : des charbons et des petits éléments de terre cuite. La concomitance de ces éléments nous incite à l'interpréter comme un espace d'activité métallurgique. La forme même de ce bâtiment interpelle : fermé sur trois côtés, il semble ouvert tel un auvent sur sa face nord-ouest. La quantité de déchets (plus de 4 kg, dont 2 385 g de déchets scorifiés ou métalliques) se situe dans la fourchette haute de ce qui a été découvert sur les autres sites lorrains du second âge du Fer. Dans le cas de « la Fourche », cette quantité est probablement liée au fait qu'au moins une partie des déchets a été rejetée dans le comblement du fossé et a donc été préservée de l'érosion et de la disparition. Le petit module des scories en culot est une caractéristique du site. Il traduit des opérations de forgeage sur de petites quantités de métal (chaque culot ne représente que quelques dizaines de grammes de fer perdus). Ces scories témoignent d'opérations de déformation plastique à chaud et non de simples

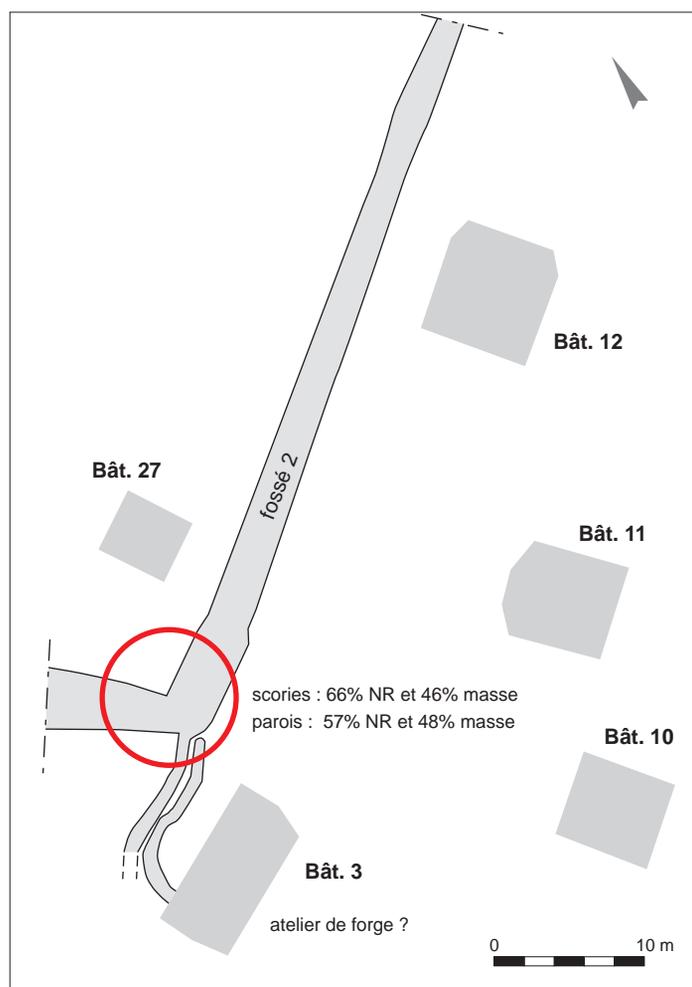


Fig. 32 : Situation de la construction pouvant abriter l'atelier de forge à l'angle extérieur sud-est de l'enclos de « la Fourche » à Frebécourt.

© S. Deffressigne, Inrap.

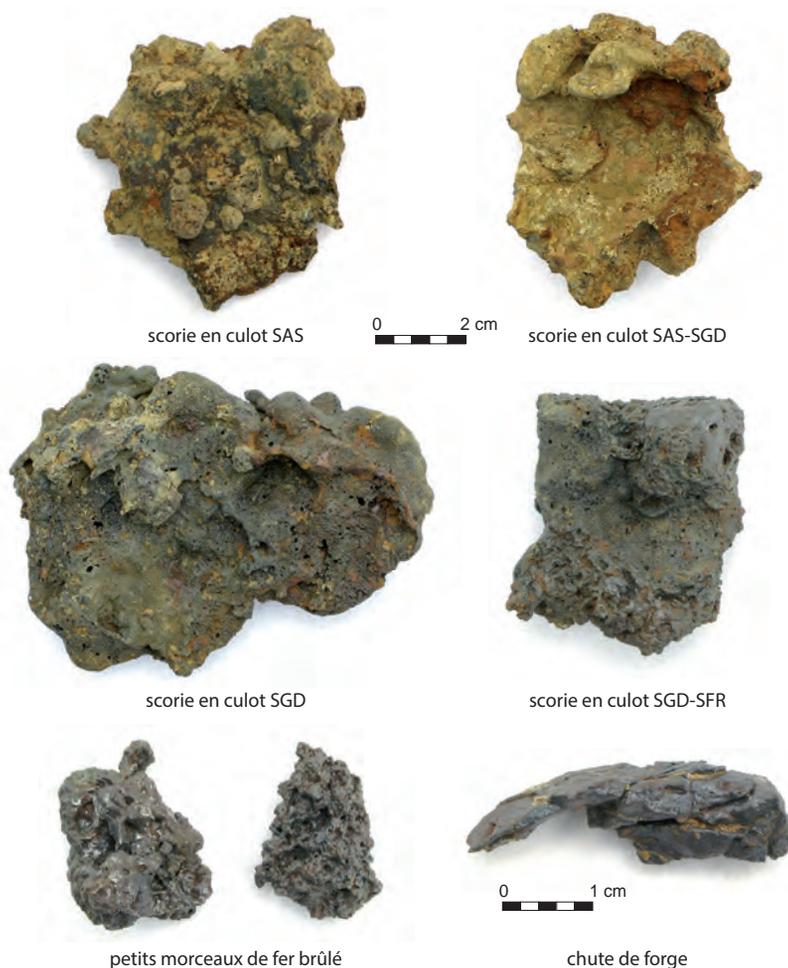


Fig. 33 : Déchets de travail du fer de « la Fourche » (scories en culot et chutes en fer de forgeage). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

travaux d'entretien et de réparation (bien que ceux-ci aient pu aussi exister). Les deux débris de fer informes probablement brûlés vont aussi dans ce sens, mais leur découverte hors stratigraphie amène à utiliser cette information avec prudence. L'absence d'autres déchets métalliques ne permet pas d'avoir des informations plus précises. Par ailleurs, le mobilier métallique retrouvé sur le site, assez peu abondant, se compose essentiellement de pièces de menuiserie et de quincaillerie²¹ (Deffressigne *et al.*, 2010b).

La grande superficie de l'habitat, la qualité du mobilier céramique, la présence d'amphores associées à la consommation de vin, de même que celle de jeunes animaux (porc, bœuf, mouton) et plus ponctuellement celle du chien et du cerf donnent l'image d'un certain rang. L'essentiel des éléments mobiliers retrouvés renvoie à des activités domestiques, mais un espace semble réservé au travail du fer dans l'angle sud-est de l'enclos, sans que toutefois l'aspect domestique en soit exclu. Les déchets suggèrent que cette forge ne se limitait probablement pas à l'entretien de l'outillage nécessaire au fonctionnement d'un établissement rural, mais qu'elle pratiquait des activités que la très faible quantité de restes métalliques retrouvés *in situ* ne permet pas de caractériser.

.....
21. Étude J. Kaurin.

« ZAC Géric » à Terville

Cet établissement comporte un enclos fossoyé partiellement fouillé, sans doute associé à des bâtiments placés à l'extérieur, certainement des annexes (fig. 34)²². L'ensemble succède à une activité de stockage intensif en silos dont la datation semble couvrir les débuts de La Tène. L'enclos et ses annexes datent quant à eux de La Tène C-D, plus vraisemblablement de La Tène D pour l'enclos, alors que deux orientations des bâtiments semblent indiquer au moins deux phases d'aménagement de l'espace. Le mobilier recueilli (principalement de la céramique, de la faune, des graines et des pesons) est habituellement associé à une occupation domestique. C'est à environ une centaine de mètres plus au nord que des vestiges liés à la métallurgie du fer ont été détectés, principalement sur deux endroits distincts, en bordure du décapage archéologique, ce qui ne permet de juger ni de l'ampleur, ni de la nature des infrastructures associées. Ces deux secteurs sont distants de 80 m et datables tous deux de La Tène C-D, probablement plutôt de La Tène D pour l'un des deux. Ce dernier montre l'implantation d'une grande construction de 8 m de longueur avec, sur son flanc est, trois grandes excavations semblables à des petits silos et comblées par des résidus très charbonneux, des pierres calcinées et des déchets métallurgiques (quelques fragments de scories, une chute métallique et des battitures – moins de 300 g). Il s'agit peut-être d'une forge et de ses fosses dépotoirs. Plus à l'ouest, un ancien silo dans le comblement duquel se trouvaient quelques rejets métallurgiques (moins de 400 g) pourrait être associé à une structure foyère rectangulaire, qui a aussi livré quelques menus résidus de travail métallurgique.

.....
 22. Responsable d'opération : S. Deffressigne, Afan, 1999.

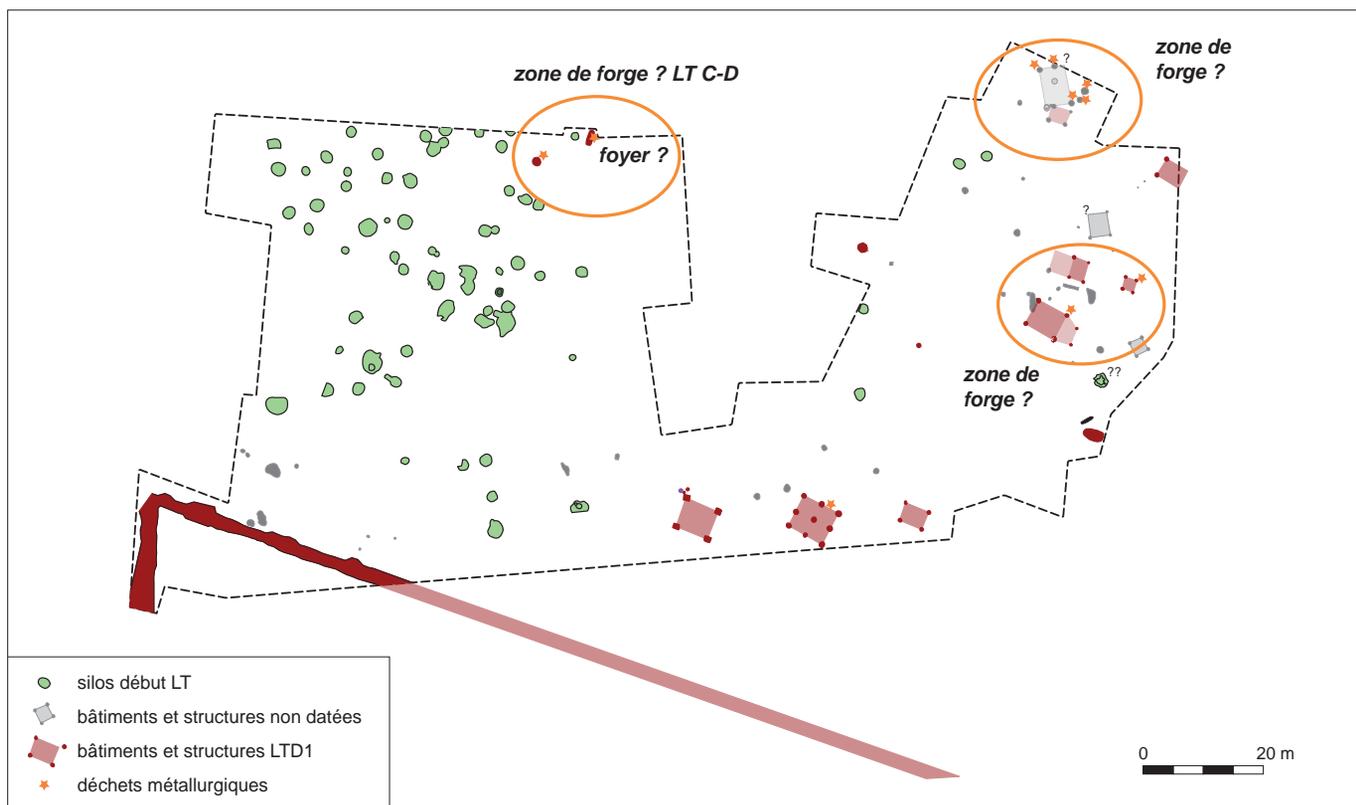


Fig. 34: Plan des vestiges du second âge du Fer mis au jour à la « ZAC Géric » à Terville. Les secteurs entourés d'une ellipse orangée ont livré des déchets liés au travail du fer. © S. Deffressigne, Inrap, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Par ailleurs, un unique fragment de scorie de réduction a été découvert dans le comblement d'un trou de poteau d'un des bâtiments situés à l'extérieur de l'enclos. Sa composition indique qu'il s'agit d'une scorie de réduction de la minette de Lorraine : c'est le premier cas attesté de réduction pour La Tène finale, dans ce secteur géographique, et l'attestation la plus ancienne de l'utilisation de ce minerai. Ce seul élément ne permet pas de conclure à la présence d'un atelier de réduction au sein de cet habitat, mais il suggère un lien probable entre les activités de travail du fer identifiées et la production, peut-être spatialement dissociée, de métal brut.

La forge, un marqueur de statut social?

Chacun des trois habitats en enclos fossoyés (Frebécourt, Terville) ou palissadés (Ennery) s'étend sur plus d'un hectare et tous possèdent des constructions extérieures qualifiées d'annexes. C'est au sein de ces aménagements extérieurs que semblent installés des ateliers de forge détectés par l'étude des rejets (déchets scorifiés, déchets métalliques et microdéchets magnétiques). Dans le cas d'Ennery, le secteur destiné au forgeage du fer est pérenne au cours des différentes phases d'aménagement du site.

La structuration de l'habitat en enclos avec fossé ouvert n'apparaît que tardivement en Lorraine, à La Tène D1a et surtout à La Tène D1b et D2. Malgré un corpus relativement étoffé (57 occurrences pour La Tène D1a et D1b), ces habitats restent peu abondants et seuls quelques rares exemples ont été appréhendés en fouille. On recense actuellement douze sites à enclos fossoyé en territoire médiomatrique et cinq chez les Leuques (Nouvel *et al.*, 2009; Deffressigne et Tikonoff, 2013). Leur nature et leur fonction semblent tout à fait conformes à ce que l'on connaît de ce type de sites dans les autres régions de la moitié nord de la Gaule à la fin du second âge du Fer. Certains ne sont connus que par des diagnostics; d'autres n'ont pas fait l'objet d'une fouille intensive, notamment en ce qui concerne les fossés; pour d'autres encore, le décapage n'a pas permis d'appréhender les espaces extérieurs aux enclos. Or, on le voit dans les exemples étudiés ici, les ateliers de forge sont éloignés du cœur des enclos. Compte tenu de ces paramètres, il n'est guère permis d'évaluer actuellement la proportion des habitats en enclos possédant un atelier de forge.

Les quantités des restes métallurgiques, parfois très faibles (quelques centaines de grammes à Terville et à Ennery, mais plus de 4 kg à Frebécourt), ne reflètent certainement pas l'ampleur de la production. Les résidus sont peut-être simplement évacués dans des dépotoirs à la surface du sol qui ont été démantelés par l'érosion. Cette absence empêche une identification plus précise de la nature de la production métallurgique. Néanmoins, on peut imaginer la production de petits artefacts et pas seulement des activités d'entretien et de réparation. L'absence de ratés de fabrication ne permet pas d'être plus précis. Cette interprétation s'accorde avec ce qu'on peut imaginer de la vie d'établissements ruraux de cette envergure. Par ailleurs, l'habitat de Terville pourrait aussi être associé à un atelier de production de fer brut (réduction du minerai), mais les éléments découverts sont trop ténus pour aller plus loin que cette simple hypothèse.

La question du statut du site qui possède une forge mérite également d'être posée, même si on ne peut pas l'étayer par toutes les informations nécessaires à l'analyse. En effet, l'absence d'un référentiel fourni et bien réfléchi de l'habitat régional ne permet pas de les classer avec précision. Les sites de Frebécourt et d'Ennery ont accès à une certaine aisance avec l'acquisition de vin italien (amphore) et/ou la consommation de viande prélevée sur des animaux jeunes.

Toutefois, les enclos de Terville et Frebécourt n'ont été fouillés que sur une très faible partie, on ne connaît ni leur organisation interne, ni la taille de leurs enceintes : s'aventurer à en estimer le statut est très hasardeux. L'évaluation des autres habitats (plus modestes ?) est rendue délicate par l'absence de dépotoirs domestiques fouillés (ce qui est le cas dans bon nombre d'habitats). Au cas par cas, il est possible de montrer que la possession d'une forge contribue au statut d'un habitat ; à l'inverse il est impossible d'affirmer, dans l'état actuel de nos recherches, que tous les sites de haut rang possèdent une forge et produisent du mobilier en fer.

Un site artisanal lié à l'*oppidum* de Metz ? « Le Pollioux » à Woippy

Cet habitat de La Tène D1, installé le long du cours de la Moselle, en aval de Metz, comprend deux grandes constructions attenantes du type dit « à porche » et deux puits datés de la même période²³. Ces deux bâtiments à quatre poteaux corniers sont d'une surface variant de 70 à près de 90 m². Autour d'eux se trouvent plusieurs petites constructions de plan quadrangulaire à quatre poteaux. Il est possible qu'un ou deux fossés appartiennent également à cette occupation. La plupart des fondations des constructions ont livré des artefacts liés uniquement à la métallurgie du fer, et exclusivement de la forge : scories, déchets métalliques et magnétiques, battitures, ainsi que des fragments de parois de foyer, dont au moins un avec les traces de l'orifice de ventilation. Au total, près de 9 kg de déchets ont été récoltés, ce qui constitue la plus grosse quantité découverte dans l'espace lorrain pour cette période.

Plus de la moitié du nombre de restes et près des deux tiers de la masse des déchets (dont la presque totalité des chutes métalliques, ainsi que des densités élevées de petits déchets magnétiques) sont concentrés dans un espace de moins de 20 m de diamètre autour d'un des deux grands bâtiments et d'une des petites constructions. Cet espace (ou l'une des deux constructions) peut donc avoir abrité un atelier de forge.

Au vue des éléments conservés, l'identification du type de production n'est pas possible. La diversité des rejets traduit probablement un panel de types de travail relativement large. Aucun vestige tangible d'une activité de métallurgie des alliages cuivreux n'a été détecté ; seul le fer paraît ici travaillé. S'agit-il donc d'un simple établissement rural spécialisé dans la fabrication d'objets en fer ? Avons-nous affaire aux annexes d'un vaste habitat rural, dont la production métallique se tient à l'écart des secteurs domestiques ou de stockage, comme à « Landrevenne », que cette fouille n'aurait dégagées qu'en partie ? Enfin, la proximité de ce site artisanal avec l'*oppidum* de Metz doit rester en mémoire. Situé à 5 km du cœur de cette cité des Médiomatriques, le site du « Pollioux » à Woippy en est vraisemblablement contemporain. La nécropole « Hauts de Sainte-Croix » à Metz semble en effet fréquentée entre La Tène C1 et D1 et la construction du premier état du rempart date de La Tène D1b (datation dendrochronologique : de 114 à 112 av. J.-C. ; Fichtl *et al.*, 2005). Bien qu'il ne soit pas possible de réellement trancher sur la nature exacte du site de Woippy, il est tentant de le rapprocher de certains pôles artisanaux qui gravitent, dans des contextes plus anciens (fin du premier âge du Fer), autour de sites fortifiés de hauteur comme Bourges (Augier *et al.*, 2012). Leur fonction semble intimement liée à l'activité des cités dont les besoins en métal sont importants pour les travaux de construction, l'artisanat (menuiserie, charronnerie, boucherie, etc.), la vie quotidienne (objets de toilette, accessoires vestimentaires, ustensiles de cuisine) et l'armement.

.....
23. Responsable d'opération : P. Buzzi, Afan, 1994-1995.

Un habitat groupé de La Tène D : « le Pré Chenu » à Tomblaine

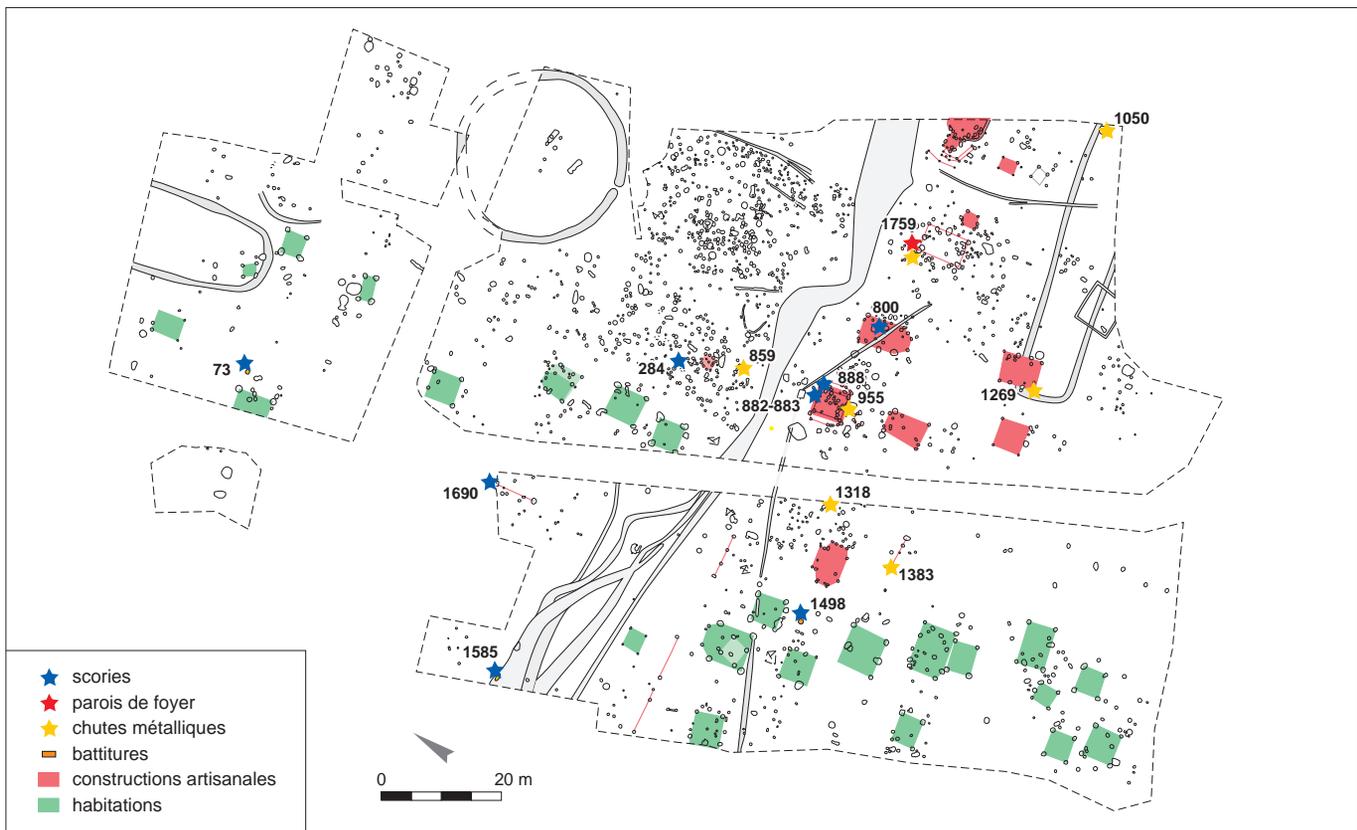
Ce site d'habitat groupé est ancré au sein d'une ancienne nécropole fondée à l'âge du Bronze²⁴. Il est formé d'au moins une cinquantaine de bâtiments de grande taille, disposés selon un ordonnancement défini, lors de la conception, par deux grands axes principaux, nord-sud et est-ouest, qui s'intègrent dans un véritable quadrillage (fig. 35 ; Deffressigne-Tikonoff et Tikonoff, 2005). L'ensemble de cet habitat est donc ordonné selon une trame à caractère urbain. L'organisation générale est complexe et, selon les secteurs, la fonction des espaces varie. Au sud-est de la zone fouillée, les constructions sont plutôt tournées vers les activités domestiques ; au nord-ouest, deux grandes constructions longues de 12 à 13 m et larges de 8 m, inscrites dans des espaces trapézoïdaux, sont associées à une multitude d'agencements ; elles renvoient vraisemblablement à la sphère publique et/ou culturelle. Le secteur du nord-est concentre quant à lui des rejets métallurgiques au sein des fosses dépotoirs des bâtiments. On décèle sur ce site une activité bouchère avec une probable importation de bêtes sur pieds (bœufs)²⁵. Du numéraire (7 potins au sanglier, 1 quinaire en argent) ainsi qu'un petit fléau de balance évoquent les transactions commerciales, voire l'émission de monnaie. Les amphores soulignent l'existence d'échanges à longue distance²⁶. L'ensemble de ce site a été scellé par un niveau qui comporte de nombreux artefacts issus de la vie quotidienne. Le mobilier est essentiellement constitué de céramiques tournées pour la vaisselle fine de présentation. La datation de l'ensemble se situe entre le début de La Tène D1a et La Tène D1b.

Le mobilier métallique est relativement abondant, qu'il soit en alliages cuivreux (fibules, trousse de toilette, bracelet) ou en fer (anneaux, fibule), avec surtout des éléments de quincaillerie et de cuisine. Des artefacts métallurgiques attestent une manufacture d'objets en alliages cuivreux. La quantité de déchets pouvant être reliés à des activités de métallurgie du fer est relativement peu importante : moins de 2 kg. Tous les déchets scorifiés et métalliques conservés sont relatifs au travail de forge. Les principaux types de déchets (scories en culot, scories argilo-sableuses, chutes métalliques, battitures, parois de foyer) sont représentés. En l'absence d'élément caractéristique, on ne peut suggérer aucune activité de réduction du minerai de fer, ni de travail de traitement du fer brut. Le module des scories en culot (dimension décimétrique et poids entre 200 et 300 g) et leur structure interne les associent à un travail de chauffe du métal au cours duquel ce dernier est protégé de l'oxydation au feu par l'utilisation d'ajouts minéraux placés sur sa surface. Toutefois, comme le révèlent les plages ferreuses oxydées, certains travaux amènent une perte de fer plus importante (métal brûlé). Ces types d'activités semblent se succéder dans le foyer au cours d'un même cycle de travail aboutissant à la formation de culots stratifiés. Toutes les chutes métalliques identifiées résultent d'une mise en forme de produits de fin de chaîne opératoire (élaboration ; fig. 36). Il n'y a pas de chute de compactage de produit brut ou semi-brut. Les caractéristiques morphologiques et techniques de ces chutes incitent à penser que les objets produits sont majoritairement de petites dimensions. Une des techniques de travail mises en évidence est la découpe de bandes de fer étroites, d'environ 5 à 8 mm de large pour 2 à 4 mm d'épaisseur à partir d'une bande 2 à 3 fois plus large, mais de même épaisseur (fig. 36). Les traces de mise en forme des rebords observées sur une ou deux pièces évoquent l'opération suivante d'amincissement sur un gabarit, qui pourrait aboutir à la réalisation d'un fil métallique.

.....
24. Responsable d'opération : N. Tikonoff, Inrap, 1998.

25. Étude G. Auxiette, Inrap.

26. Étude F. Olmer, CNRS-UMR 5140.



Les déchets scorifiés proviennent majoritairement du remplissage de deux fosses (80 % du poids), associées chacune à un bâtiment ou à une unité d'occupation. Les chutes de travail métalliques sont en revanche réparties dans huit structures : six fois sous forme d'un unique exemplaire, mais au nombre de trois dans une fosse, seul endroit où elles sont associées à des déchets scorifiés, ce qui pourrait révéler un dépotoir d'atelier. À titre d'hypothèse, on peut proposer l'existence d'un atelier de forge à l'intérieur de chacun de ces bâtiments. Dans ce même secteur ont été également retrouvés quelques artefacts rattachés à la fabrication d'objets en alliages cuivreux (extrémité d'un lingot, partie de barre) et des fragments de tôles²⁷. L'ensemble peut ainsi constituer une sorte de « quartier spécialisé » destiné à l'artisanat du métal.

Le site de Tomblaine est le seul habitat des phases moyenne et finale de La Tène du corpus à associer la fabrication d'objets en alliages cuivreux à celle d'objets en fer. Les autres habitats n'ont livré que des témoins d'une manufacture du fer. En cela, l'habitat de Tomblaine se rapproche des modes de production que l'on trouve dans les *oppida* : or il s'agit aussi d'un habitat à caractère urbanisé. La mixité des matériaux employés vient sans doute d'une plus grande diversité des objets produits, peut-être destinés aux échanges commerciaux. Dans les autres habitats, cette production répond peut-être à des besoins plus restreints et à une consommation sur place : entretien, réparation de l'outillage, fabrication de pièces métalliques à l'échelle du site.

Fig. 35 : Plan de l'habitat groupé du « Pré Chenu » à Tomblaine (LT D1a). © N. Tikonoff, Inrap, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
27. Étude J.-P. Guillaumet, 2008.

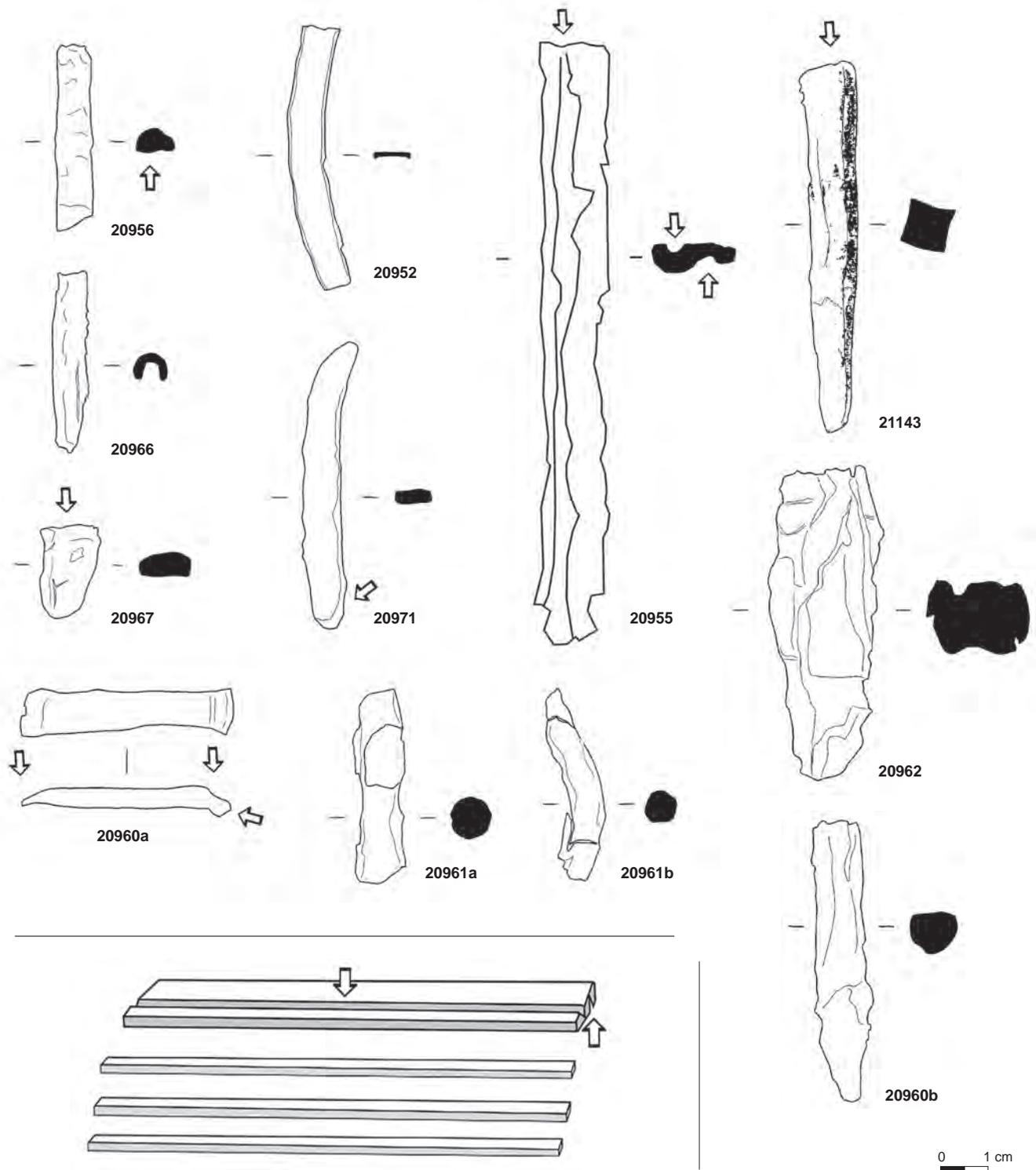


Fig. 36: Chutes métalliques de forge du « Pré Chenu » (les flèches indiquent les traces d'outils) et hypothèse de réduction de la largeur de la chute-bande 20955: la bande est découpée de part et d'autre de la partie centrale; une bande est débitée le long du bord sur une face, une autre sur l'autre face, le long du bord opposé. Il en résulte 3 bandes étroites. © C. Riquier-Boucllet, LAM.

Éléments de réflexion sur l'organisation de la production

De la fin du VI^e au début du IV^e siècle av. J.-C.

La réduction du minerai de fer est identifiée dans les deux sites voisins d'« Au Loup » à Gondreville et de « Herbue-Chalin » à Velaine-en-Haye, localisés sur le revers de plateau enserré dans la boucle de la Moselle, en amont de sa confluence avec la Meurthe. Ce sont les plus anciens sites de réduction actuellement connus en Lorraine et les seuls pour la période chronologique de la fin du premier âge du Fer et du début du second. Le minerai utilisé affleure probablement sur les flancs de petits vallons, à quelques centaines de mètres des deux sites. À Gondreville, la transformation du minerai est attestée non seulement par des résidus de minerais (447 restes pour 4,7 kg) et quelques scories de réduction (36 restes pour 880 g), mais aussi par le vestige, très arasé, d'une structure de combustion intégrée à un secteur dédié à l'activité métallurgique. À Velaine-en-Haye, quelques restes de minerais (6 restes pour 250 g) et des scories de réduction (13 restes pour 4,3 kg) sont en position de rejets dans le comblement de plusieurs fosses-silos. La morphologie des scories de Velaine-en-Haye identifie clairement le système technique utilisé, celui des fourneaux à scories piégées en fosse sous la cuve, connu à la même époque dans d'autres zones géographiques du monde celtique (Cabboi *et al.*, 2007) et mis en évidence pour la première fois en Lorraine²⁸.

Ces deux sites ont également en commun d'avoir fourni des déchets de post-réduction. Leur nombre relativement faible (un fragment de scorie en culot à Gondreville et une vingtaine de scories dont un petit culot à Velaine-en-Haye) et l'absence de chutes métalliques rendent impossible l'identification des séquences de travail auxquelles ces déchets correspondent. Mais ils prouvent l'existence de travaux de forgeage du fer et, compte tenu de la présence concomitante d'activités de réduction, on peut raisonnablement admettre que le fer brut produit est épuré et mis en forme sur place. En revanche, rien ne permet d'affirmer qu'il est également transformé. À Gondreville, ces activités ont lieu dans un espace dédié, séparé d'une centaine de mètres de la zone d'habitat principale. L'atelier est en apparence bien structuré et paraît bien délimité spatialement et dissocié des autres activités de production agricole et domestique : il s'agit donc d'une activité bien identifiée par une sorte de spécialisation spatiale.

Les types de déchets récoltés dans les cinq autres sites d'habitat témoignent de la pratique de forgeage du fer. Au vu du petit nombre de déchets et de leurs petites dimensions (moins d'une dizaine de fragments de scories, quelques morceaux de parois de foyer surcuites et des battitures magnétiques, à Fontenoy-sur-Moselle et Marly ; des battitures seules à Woippy), il est impossible de définir le(s) type(s) d'activité(s) pratiqués. On peut conjecturer qu'il s'agit, au moins, de petits travaux de façonnage liés à l'entretien et à la réparation de l'outillage.

En revanche, la fouillée menée dans l'angle intérieur de la fortification de « la Cité d'Afrique » à Messein a mis au jour suffisamment d'évidences (nombre proportionnellement élevé de certains objets ; indices de ratés de fabrication, chutes de travail, manipulation de colle de bouleau et d'autres matériaux utilisés dans la décoration des objets métalliques ; petits outils pour des travaux de précision et de finition) pour postuler la présence d'une zone d'ateliers où sont fabriqués des petits objets en fer (éléments de trousse de toilette, crochets de ceinture, fibules à ressort à grosses spires), comme en alliages cuivreux (fragments de moules

.....
28. Des emplacements de ce type de fourneaux ont été mis en évidence (prospections géophysiques et présence de scories) dans le sud-ouest du Grand-Duché du Luxembourg, à Clémency, quelques kilomètres au nord de l'*oppidum* trévire du Titelberg (Eisenprojekt Luxembourg, 2004-2006).

d'anneaux et bracelets, petites fibules à ressort en arbalète). Les artisans semblent donc travailler plusieurs matières, qui sont associées dans la production de ces objets. Cette activité et ce lieu semblent pérennes durant toute la période d'occupation du site (Ha D2-D3 à LT B1). Il s'agit là aussi d'un artisanat spécialisé, dont les produits sont destinés à une clientèle privilégiée. Cette dernière contrôle peut-être la production et peut-être également les ateliers de production primaire comme ceux de Gondreville et de Velaine, installés dans un rayon d'une quinzaine de kilomètres, qui fournissent les demi-produits élaborés à partir d'une source de minerai de fer local.

Dans quelle mesure l'exploitation du minerai de fer et la production d'objets manufacturés sont ou deviennent moteur d'une économie prospère ? Comment le pouvoir local exploite-t-il les richesses du territoire et de quelle manière il en tire ou non profit (fig. 37) ? Le constat que la maîtrise et le contrôle de la production du fer étaient des éléments clés dans l'assise du pouvoir de ces élites politiques et sociales a régulièrement été formulé (Olivier, 2002, p. 42-44, 50). Si cette hypothèse est tout à fait plausible, elle reste entièrement à démontrer. Si l'on dispose de peu d'éléments objectifs, le bassin de Nancy présente un contexte favorable à un contrôle du métal et en particulier du fer par un pouvoir fort qui siègerait à « la Cité d'Affrique ». Les premières phases d'occupation de ce site (Ha D2-D3) semblent plutôt produire des objets en alliages cuivreux ; le fer est plus discret. C'est surtout à La Tène A et B qu'il se renforce, comme dans la plupart des sites de la région de l'arc nord-alpin (Dubreucq, 2007). La fouille de la nécropole serait nécessaire à la compréhension de ce phénomène. S'il reste difficile, en l'absence de fouilles complémentaires, de prouver que le fer est à l'origine de la fondation et de la prospérité de « la Cité d'Affrique », il y contribue certainement largement²⁹. Pour les sites du nord de la Lorraine, aucun habitat du même type que « la Cité d'Affrique » n'ayant été mis au jour, aucune hypothèse sur les circuits de fabrication et de distribution ne peut être formulée. Les investigations et analyses se sont focalisées nécessairement sur les petits objets en fer produits sur place, la fabrication d'outils de plus grandes dimensions n'ayant pu être identifiée. Pourtant, ces outils sont employés dans les habitats, en particulier les couteaux (Messein, Gondreville), les haches et herminettes (Messein ; Beaupré, 1912 ; Lagadec *et al.*, 1989). C'est dans la résistance mécanique (traction, torsion...) et la puissance de coupe que le fer apporte de nombreux avantages par rapport aux alliages cuivreux. La production de bois d'œuvre est facilitée par l'utilisation d'une hache et d'une herminette en fer (gain en énergie, en temps) et ce n'est sans doute pas par hasard si les hameçons de la tombe de très haut rang d'Horchdorf (Allemagne, Ha D3) sont en fer, tout comme la hache, les pointes de flèche, le couteau et le rasoir (Planck *et al.*, 1985, p. 138-140). C'est certainement pour cette raison que les armes, accessoires tranchants et outils sont les premiers concernés par ce matériau. Or, si les premiers témoins de la présence du fer en Lorraine sont bien les armes dans les tombes dès le Hallstatt C (*supra*), nous n'avons aucun indice quant à leur lieu de fabrication. Quant aux couteaux et aux haches, ils ne sont pas attestés sur les sites d'habitat avant le Hallstatt D2-D3 et les sites de production restent

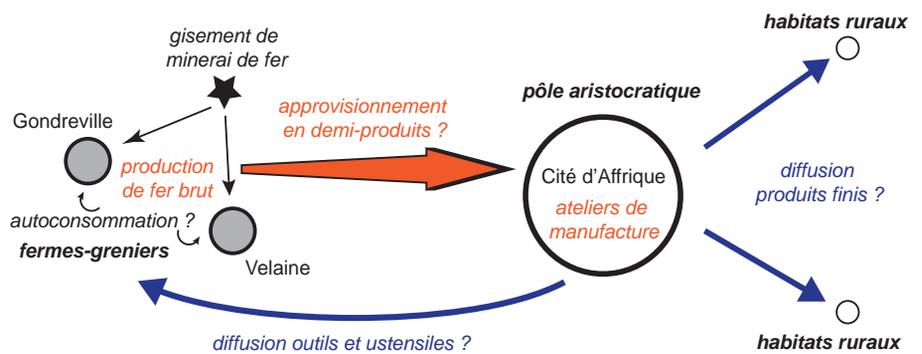


Fig. 37 : Schéma hypothétique d'organisation de la production du fer dans la partie sud du bassin médian de la Moselle, autour du pôle aristocratique de « la Cité d'Affrique ». © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
29. C'est ce qui pourrait expliquer la fondation de l'habitat fortifié de « la Cité d'Affrique » dans ce secteur sur le rebord de plateau, alors qu'existe un pôle hiérarchique important plus au sud sur la butte de Sion, de création plus ancienne (Bronze final), autour duquel se concentrent les tombes privilégiées et en particulier celles à char (« Devant Giblot » à Diarville, « sous Naviot » à Marainville-sur-Madon).

encore à identifier. Néanmoins, les seuls habitats à avoir livré du mobilier en fer sont ceux qui en produisent (Gondreville, Velaine-en-Haye et le site de hauteur de Messein). Les résultats des études concernant la répartition spatiale par type de restes métallurgiques du site de « Port Sec sud » à Bourges semblent montrer que l'activité est répartie sur le site en fonction du type d'objets produits, tous matériaux confondus³⁰ (Augier *et al.*, 2012, p. 180). Il n'est donc peut-être pas déraisonnable de penser qu'à Messein, le secteur fouillé dans l'angle nord-est n'est pas le seul endroit où le métal a été travaillé. Les mobiliers issus des fouilles anciennes demanderaient à être repris dans ce sens : un sondage des années 1970 a par exemple livré une chute de travail en alliage cuivreux dans une souche d'arbre placée le long de la falaise³¹. Toutefois, cette absence « archéologique » de la production du métal n'est pas nouvelle. Toujours dans le bassin de Nancy, hormis les dépôts de bronziers de l'âge du Bronze final IIIb, nous n'avons pas de trace de cette production elle-même, pas de scorie, ni de creuset, ni de fabricant bien identifié dans les habitats. Seul un moule est recensé (BF IIIb)³². Enfin, il ne faut pas négliger l'exploitation du sel qui semble débiter très tôt dans le secteur au Bronze final IIIb au « Bois de Xarthe » à Rosières-aux-Salines (Meurthe-et-Moselle, Koenig, 2005), et dont la production intensive est avérée dès le Hallstatt D1 pour l'essentiel dans la vallée de la Seille (Marsal, Burthécourt...) située à seulement 20 km au nord-est de « la Cité d'Afrique » (Bertaux, 1972 ; Olivier, 2000, 2005 ; Olivier et Triboulot, 2002). Cette ressource est sans doute, avec le fer, pour beaucoup dans l'émergence économique de la région, selon des processus complexes dont nous n'avons pas fini de débattre.

De la fin du IV^e au milieu du I^{er} siècle av. J.-C.

Si l'on s'en tient au seul critère du nombre d'objets en fer et des domaines d'activité dans lesquels ils sont utilisés, la production semble s'accroître significativement au cours du second âge du Fer et plus particulièrement au cours de La Tène finale. En Lorraine, ce phénomène reste toutefois encore difficilement perceptible : comme on l'a souligné plus haut, les objets en fer restent relativement peu nombreux dans les habitats (comme dans les nécropoles), au moins jusqu'à La Tène D1. Ce constat est probablement en grande partie lié à une mauvaise conservation des vestiges (liée, par exemple, à l'absence d'enclos fossoyés piégeant le mobilier et les déchets de production), autant qu'à certaines orientations de la recherche (peu de sites de hauteur ont été fouillés récemment et encore moins sur des surfaces conséquentes permettant d'appréhender la nature et l'organisation de l'occupation)³³. Les *oppida* et autres centres politiques et économiques des Leuques et des Médiomatiques (au moins pour ces derniers dans la partie lorraine de leur territoire³⁴) sont donc assez mal connus.

Actuellement, aucun site de production primaire n'a été mis au jour pour cette période dans le bassin médian de la Moselle, pas plus qu'ailleurs en Lorraine du reste. Le « pôle » de production primaire mis en évidence aux V^e-IV^e siècles av. J.-C. (*supra*), dans la boucle de la Moselle, ne semble plus exister dans la deuxième partie de La Tène ancienne. On ne connaît pas non plus le ou les centres de pouvoir politique et économique qui ont pris le relais de « la Cité d'Afrique » après son abandon à la fin de La Tène B. Un maigre indice provenant de la « ZAC Géric » à Terville révèle pourtant qu'une activité de transformation du minerai en fer métallique a pu avoir lieu dans l'environnement proche de cet habitat de La Tène C-D, qui abrite lui-même des activités de forgeage du fer. D'où vient alors le fer travaillé dans les habitats ruraux de La Tène moyenne ou finale, comme Ennery, Terville ou Woippy, ou dans les agglomérations ouvertes

.....

30. Étude A. Filippini.

31. Détermination G. Bataille, Inrap – UMR 6298.

32. Communication personnelle N. Tikonoff.

33. Des recherches archéologiques importantes ont toutefois eu lieu dans les années 2000 sur le site du « Mont-Châtel » à Boviolles (Meuse) qui est considéré comme l'*oppidum* central des Leuques (Th. Dechezleprêtre, B. Bonnaventure).

34. La partie orientale du territoire des Médiomatiques s'étend sur le nord de l'Alsace actuelle. Le site de hauteur du « Fossé des Pandours », à Saverne (Bas-Rhin) est considéré comme l'*oppidum* central avant la Conquête romaine (Adam et Fichtl, 2004).

comme Tomblaine ? Jusqu'à ce que de nouvelles découvertes viennent contredire ce constat, il faut supposer que le fer utilisé provient de l'importation de métal depuis des régions extérieures. Or le fer circule sous forme de demi-produits dont les différentes morphologies signalent probablement, aux yeux des artisans qui les achètent, différents degrés d'épuration et de qualité (Berranger et Fluzin, 2011 ; Berranger, 2014). Les demi-produits plats à extrémité enroulée découverts sur l'habitat de hauteur du « Mont-Germain », près de Metz, en sont un des rares exemples connus dans la région d'étude. Ainsi, même pour l'approvisionnement des centres de pouvoir que sont les *oppida*, où le fer est probablement abondamment utilisé dans la fabrication des milliers de fiches utilisées dans la construction des fortifications, il faut bien admettre un approvisionnement depuis des zones de production primaire plus ou moins éloignées, donc l'existence de circuits de distribution qui dépassent les frontières entre peuples, même pour un produit aussi « stratégique » que le fer.

Pour ce qui est du travail du fer, c'est-à-dire la transformation des demi-produits en produits manufacturés, il semble que les exemples étudiés révèlent au moins trois niveaux hiérarchiques dans l'organisation économique de la production. Le premier correspond à des établissements ruraux ayant livré des vestiges de travail peu abondants, mêlés aux rejets domestiques, et dont l'organisation interne est difficile à saisir (« le Clos de la Bergerie » à Gondreville, « ZAC Géric » à Terville ?). Peut-être s'agit-il essentiellement de travaux d'entretien et de réparation du matériel agricole. Le deuxième niveau concerne des établissements ruraux où les vestiges de travail sont plus abondants (sans être forcément en quantités importantes) et où une spatialisation de l'activité métallurgique est identifiable, dans un secteur bien dissocié de la zone principale d'habitation, à l'extérieur de l'enclos fossoyé lorsque celui-ci existe (« Landrevenne » à Ennery, « la Fourche » à Frebécourt). De plus, la forge semble prendre place dans des constructions à l'architecture différente de celle des bâtiments d'habitation ou des autres édifices annexes (*infra*). Ces caractéristiques donnent l'impression d'ateliers permanents, donc d'une activité spécialisée, mais qui reste tournée vers les besoins internes à l'établissement agricole. Enfin, le troisième niveau est celui des agglomérations ou des habitats proches des *oppida*, dans lesquels l'activité métallurgique paraît, soit abondante relativement au nombre et au poids de restes retrouvés (« le Pollieux » à Woippy), soit très sectorisée au sein d'un ensemble où se juxtaposent des espaces aux fonctions différentes et associée à des activités qui laisse penser que la production métallurgique est destinée aux échanges (« le Pré Chenu » à Tomblaine).

Ce schéma d'organisation paraît être assez similaire à celui qui émerge de l'étude d'autres espaces, comme celui de la confluence Seine-Yonne (*infra*: Séguier, Cabboi et Dunikowski) ou de la Picardie (Bauvais *et al.*, 2007).

Les bâtiments de forge

Les études de sites présentées ci-dessus ont permis non seulement de localiser, au sein des sites, un ou des secteurs où s'installe un atelier de production et/ou de travail du fer, voire un espace réservé, mais aussi de faire émerger des bâtiments ayant potentiellement abrité l'activité de forgeage (fig. 38). Ainsi huit constructions peuvent-elles être interprétées comme des bâtiments de forge. On en compte deux sur le site d'« Au Loup » à Gondreville au Ha D3-LT A, et une ou deux sur les sites de « Landrevenne » à Ennery, « le Pollieux » à Woippy, « ZAC Géric » à Terville et « la Fourche » Frebécourt, pour les phases plus récentes de La Tène C-D.

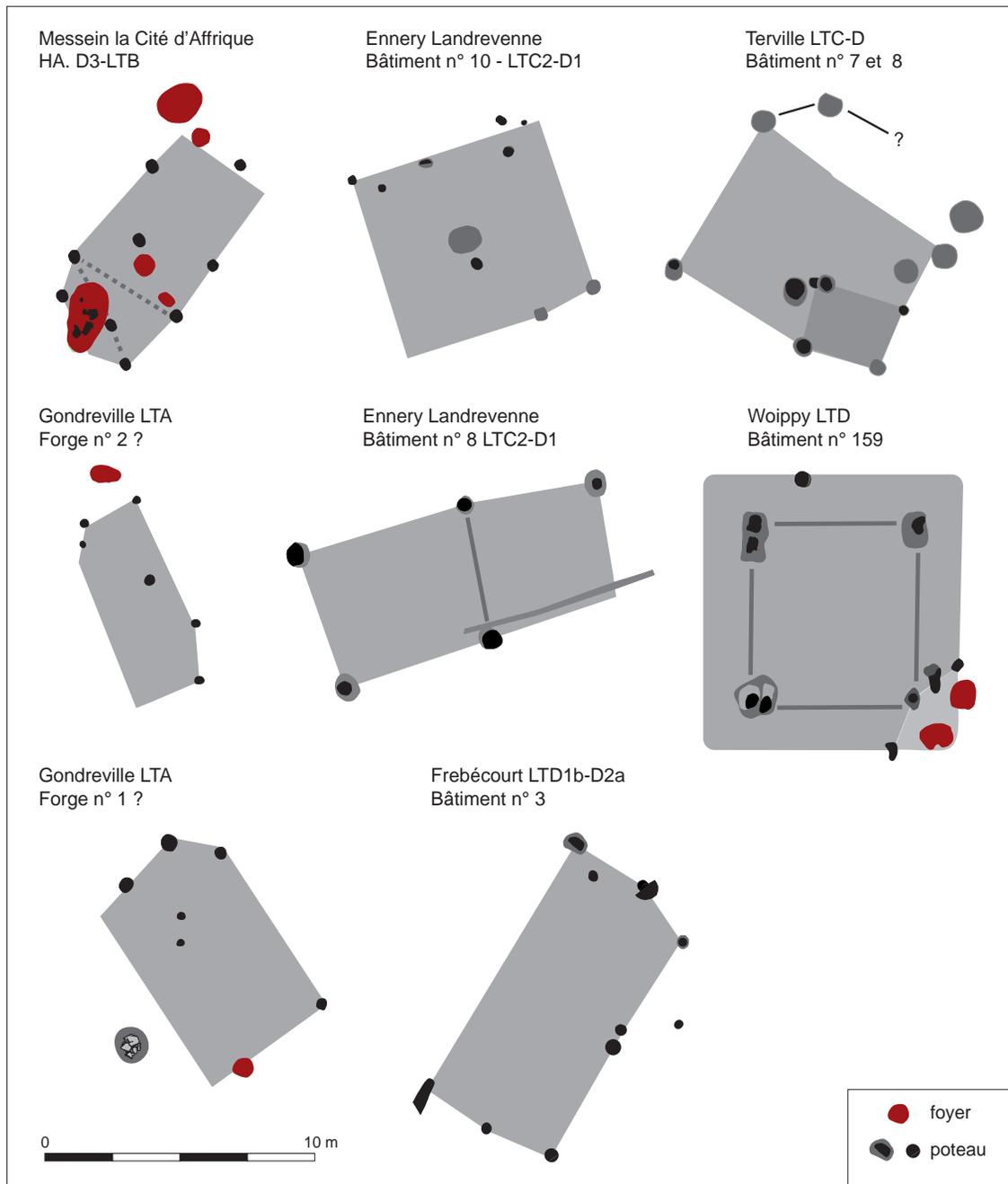


Fig. 38: Plan de bâtiments ayant pu abriter un atelier de forge du fer sur les sites de l'âge du Fer du bassin médian de la Moselle. © S. Deffressigne, Inrap.

De manière générale, peu de constructions ont été identifiées comme des ateliers de forge au sein des établissements ruraux gaulois, mais la plupart des fouilles se font le plus souvent sur des sols totalement dépourvus de zones de travail et de circulation, et les vestiges de structures de production identifiables sont totalement défaut. En outre, les rejets sont parfois si ténus (battitures) qu'ils passent souvent inaperçus. La littérature archéologique est discrète et les comparaisons très limitées. Lors du colloque de l'Afeaf (Association française pour l'étude de l'âge du Fer) de 2004 à Toulouse, plusieurs bâtiments de forges de la fin de La Tène ont été présentés. En Picardie, l'atelier de forge des « Chantraines », à Bazoches-sur-Vesles (Aisne), comprend un grand bâtiment rectangulaire de 30,60 m² de superficie, placé à l'écart des structures d'habitat, dans une sorte de cour ou de petit enclos (Bauvais *et al.*, 2007, p. 241). Toujours en Picardie, la fouille du « Bois de la Forge » à Ronchères (Aisne) a révélé une construction abritant les vestiges d'un probable foyer de forge, dont le mode d'édification se démarque des autres constructions du site (*ibid.*, p. 247-248). Construite en partie sur des petites tranchées de fondation et en partie sur des poteaux, à cette grande construction de 42 m² semble s'adjoindre une sorte d'auvent : la surface est alors portée à 56 m². Cette construction avec son architecture composite est proche du bâtiment n° 8 de « Landrevenne » ou de celui de « la Fourche », et peut-être aussi de ceux plus anciens d'« Au Loup ». Un autre type de constructions a également été mis en évidence. Il s'agit d'un bâtiment de plan sub-carré, avec, à l'un de ses angles, une concentration de fosses contenant des vestiges métallurgiques laissant supposer que cette partie de la construction était laissée ouverte. C'est le cas à Terville, à Ennery (bâtiment n° 10) ou encore à Woippy. Le caractère particulier de leur architecture est peut-être à mettre en relation avec les nécessités du travail de forge : même si les éléments de comparaison historiques et ethnographiques sont très diversifiés et répondent probablement aussi à des considérations autres que techniques, il existe de nombreux exemples d'installations sous des édicules ouverts, pour conjuguer à la fois les besoins d'une relative pénombre pour apprécier les couleurs des températures de chauffe, les nécessités d'évacuer chaleur et fumées, et l'obligation dans nos régions tempérées de se protéger (et de protéger les installations) de la pluie et du froid.

Dans les plaines de la confluence Seine-Yonne et leurs marges

Jean-Marc Séguier, Luisella Cabboi, Christophe Dunikowski

Le secteur géographique qui s'étend au sud-est du Bassin parisien (départements de l'Aube, du Loiret, de Seine-et-Marne et de l'Yonne) est reconnue pour l'importance de ses vestiges de production du fer, antérieurs à l'époque moderne (Serneels et Mangin, 2004). Dès le XIX^e siècle, les quantités considérables de scories ont intrigué aussi bien les archéologues que les industriels qui ont exploité ces ferriers comme source de matière première. Un espace de production primaire, utilisant les ressources métallifères locales, est ainsi circonscrit au sein du pays d'Othe, de part et d'autre de la Vanne, et sur la bordure orientale des plateaux du Gâtinais (fig. 39). Toutefois, c'est avec la découverte d'ateliers, datés par le radiocarbone, sur le site de transformation primaire des Clérimois (Yonne) qu'est démontrée pour la première fois que cette imposante production locale débute dès l'âge du Fer (Dunikowski, Cabboi, 1995). Les recherches en cours, notamment les campagnes de prospection et de sondages de ferriers du pays d'Othe et du Gâtinais dans le cadre du PCR dirigé par M. Berranger (Berranger, 2017, p. 34), attestent que le site des Clérimois n'est pas le seul lieu de production de fer protohistorique de ce secteur géographique. Outre ces sites spécialisés qui ne comprennent aucune activité autre que la production de métal, une vingtaine d'installations domestiques des vallées de la Seine, de l'Yonne, datés du Hallsatt final à La Tène finale ont fourni des restes d'un travail du fer. Si les recherches récentes ont montré un regain d'intérêt à l'égard des activités paléométallurgiques dans le contexte économique de l'âge du Fer, elles n'avaient guère jusqu'à peu, suscité l'intérêt qu'elles méritent, comme en témoigne, par exemple, l'absence de mention (en dehors d'une allusion à l'agglomération de Varennes-sur-Seine) dans la synthèse consacrée au second âge du Fer dans la Carte archéologique de la Gaule de Seine-et-Marne (Marion, 2008). Pour les fouilles les plus anciennes, la documentation concernant les contextes de découverte des restes métallurgiques est souvent partielle, les ateliers sont rarement identifiés et, parfois même, les scories et autres déchets de métallurgie n'ont pas ou peu été récoltés.

Nous avons toutefois tenté de faire un recensement le plus exhaustif possible des habitats des âges du Fer, comprenant des témoins d'activités du travail du fer dans le secteur géographique envisagé. Depuis la parution d'une enquête préliminaire (Dunikowski, Séguier, Cabboi, 2007), quelques nouvelles découvertes³⁵ sont venues enrichir le corpus et la réflexion sur la production du fer dans ce secteur entre le deuxième quart du V^e siècle et la fin du troisième quart du I^{er} siècle av. J.-C.

Il a paru utile de revenir sur les sites et la documentation, afin de préciser les contextes de découverte et les informations sur la nature des déchets métallurgiques qui ont permis d'identifier les étapes de la chaîne opératoire présentes sur chacun de ces ensembles. Par ailleurs, la discussion sera élargie au contexte socio-économique et culturel dans lequel se développe l'activité sidérurgique au second âge du Fer dans cette partie du territoire sénon. Des informations relatives au travail des alliages cuivreux seront également évoquées.

.....
35. Plusieurs recherches monographiques couplées à un programme d'analyse ont été entreprises pour divers sites du secteur Seine-Yonne.

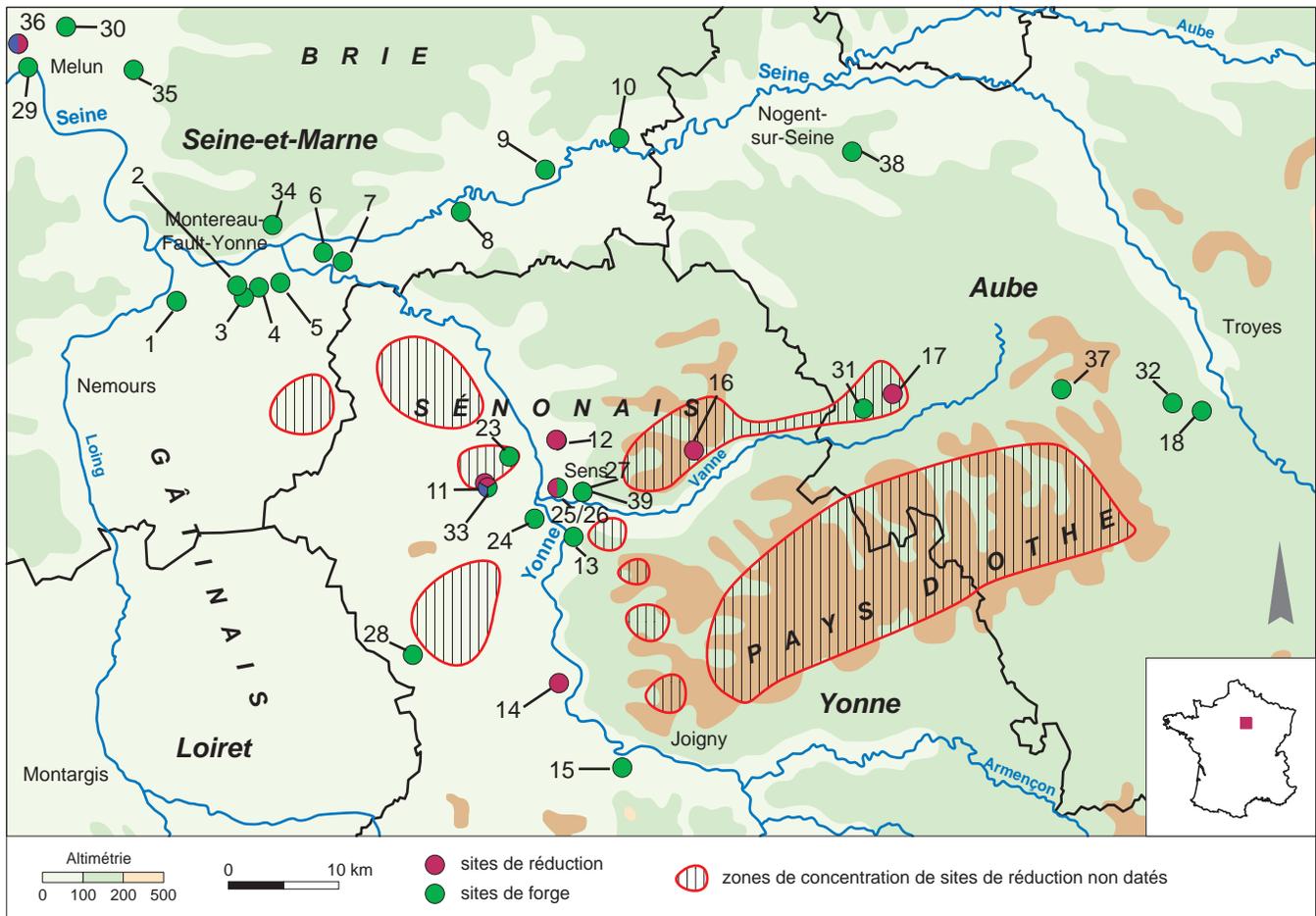


Fig. 39: Localisation des sites archéologiques ayant livré des vestiges d'activité métallurgique (fer) et des zones de ferriers (production primaire) dans le Sénonais et à la confluence des vallées de la Seine et de l'Yonne. © L. Cabboi et C. Dunikowski, Inrap.

- | | | |
|---|--|--|
| 1. Écuelles (Seine-et-Marne), « Charmoy », habitat, réduction/forge, Ha D2/D3; | 15. Chamvres (Yonne), « les Grands Malades », habitat, forge, LT D2; | 29. Melun (Seine-et-Marne), « Usines Vernat », habitat, forge, gallo-romain (II ^e s.); |
| 2. Varennes-sur-Seine (Seine-et-Marne), « Volstin », habitat, forge, LT B; | 16. Les Clérimois (Yonne), « les Fouetteries », atelier, réduction, (VIII ^e -IV ^e s. av. J.-C., milieu II ^e av. J.-C. à fin I ^{er} s. apr. J.-C. et IV ^e s.); | 30. Saint-Germain-Laxis (Seine-et-Marne), « les Terres Noires », habitat, forge, gallo-romain (I ^{er} -IV ^e s. et mérovingien, VI ^e -VIII ^e s.); |
| 3. Varennes-sur-Seine, « le Marais du Colombier », réduction/forge, LT B; | 17. Palis (Aube), « Bois de Cherigny », atelier, réduction, Ha D; | 31. Planty (Aube), « LVP », habitat, forge, gallo-romain (III ^e s.); |
| 4. Varennes-sur-Seine, « Beauchamp », habitat, réduction, LT B/C1; | 18. Saint-Pouange (Aube), « la Voie Minante », habitat, forge, Ha D2/D3; | 32. Laines-aux-Bois (Aube), « la Source Brébant », habitat, forge, gallo-romain (I ^{er} -II ^e s.); |
| 5. Varennes-sur-Seine, « le Marais du Pont », habitat, forge, LT D2; | 19. Bazoches-le-Bray (Seine-et-Marne), « la Voie Neuve », habitat, forge, LT C1/C2; | 33. Villeroy (Yonne), « la Plaine d'Herbier », habitat, réduction/forge, haut Moyen Âge (VI ^e -X ^e s.); |
| 6. Marolles-sur-Seine (Seine-et-Marne), « Saint-Donain », habitat, forge, LT C2/D1; | 20. Souppe-sur-Loing (Seine-et-Marne), l'est de « Beaumoulin », habitat, forge, LT D1/D2; | 34. Les Forges (Seine-et-Marne), « Mauperthus », habitat, forge, haut Moyen Âge (VIII ^e -X ^e s.); |
| 7. Marolles-sur-Seine, « le Grand Canton », habitat, forge, LT B1 et « le Grand Canton sud », habitat, forge, LT C; | 21. Cannes-Écluse (Seine-et-Marne), « le Petit Noir », habitat, forge, LT C2/D2; | 35. Sivry-Courty (Seine-et-Marne), « le Bretinoust », habitat, forge, haut Moyen Âge (VIII ^e -X ^e s.); |
| 8. Bazoches-le-Bray (Seine-et-Marne), « Près-le-Tureau-aux-Chèvres », habitat, forge, LT C2; | 22. Marolles-sur-Seine (Seine-et-Marne), « le Chemin-de-Sens », habitat, forge, LT C2/D2; | 36. Vert-Saint-Denis (Seine-et-Marne), « les Hautes Billes, les Fourneaux », habitat, extraction/réduction, haut Moyen Âge (VI ^e -X ^e s.); |
| 9. Grisy-sur-Seine (Seine-et-Marne), « les Terres du Bois Mortier », habitat, forge, LT B/C1; | 23. Nailly (Yonne), « les Bordes », habitat, forge, gallo-romain (II ^e s.); | 37. Fontvannes (Aube), « les Tomelles », habitat, forge, haut Moyen Âge (VIII ^e -X ^e s.); |
| 10. Villiers-sur-Seine (Seine-et-Marne), « les Vallées », habitat, forge, LT D2; | 24. Gron (Yonne), « la Plaine d'Anges », habitat, forge, gallo-romain (II ^e s.); | 38. Saint-Flavy (Aube), « Voie de Merigny », habitat, forge, datation inconnue; |
| 11. Villeroy (Yonne), « Le Bois Fourneaux », atelier, grillage minéral, LT C; | 25. Sens (Yonne), « Espace du Tau », habitat, réduction/forge, gallo-romain (IV ^e s.); | 39. Malay-le-Grand (Yonne), « la Corvée », habitat, forge, haut Moyen Âge (X ^e s.). |
| 12. Cuy (Yonne), « Nolson », habitat, réduction/forge, LT C2/D1; | 26. Sens (Yonne), « Parkings », habitat, forge, gallo-romain (I ^{er} -II ^e s.); | |
| 13. Gron (Yonne), « le Fond des Blanchard », habitat, forge, LT D2; | 27. Malay-le-Grand (Yonne), « les Bas Musats », habitat, forge, gallo-romain; | |
| 14. Saint-Julien-du-Saulx (Yonne), « les Boulins », habitat, forge, LT B; | 28. Piffonds (Yonne), « les Caves », habitat, forge, gallo-romain (I ^{er} -IV ^e s.); | |

La plaine de confluence Seine-Yonne

« Charmoy » à Écuelles

Localisé sur les marges septentrionales du Gâtinais, l'habitat de « Charmoy » est installé sur un rebord de plateau et occupe une superficie d'au moins 1 ha³⁶. En dehors d'un bâtiment et de petites constructions à quatre poteaux, il ne subsiste des aménagements domestiques que des silos creusés dans le calcaire (fig. 40 et tabl. 7). L'occupation est attribuée au Ha D3. Les déchets métallurgiques étaient essentiellement regroupés dans un silo situé au cœur de l'habitat. Des morceaux de scories appartenant à un fond de four de près de 15 kg (fig. 41), ainsi que plusieurs nodules pluricentimétriques correspondant à du minerai de fer en cours de transformation (274 g), attestent d'une activité de réduction. Le fourneau utilisé est du type à scories piégées (fig. 42; Cabboi *et al.*, 2007). Des déchets de post-réduction (environ 3 kg : scories en culot, débris et chutes métalliques, microdéchets magnétiques) indiquent qu'est mise en œuvre une chaîne opératoire où toutes les étapes de la production du fer sont présentes (fig. 43 et 44). Le travail d'alliages cuivreux accompagne l'activité sidérurgique, comme en témoigne la découverte de fragments de moules et d'une goutte d'un alliage cuivreux.



Fig. 40 : Plan des vestiges archéologiques de « Charmoy » à Écuelles. © P. Pihuit, Inrap.

.....
36. Responsable d'opération: R. Peake, Inrap, 1999.

Tabl. 7: Répartition des déchets sidérurgiques par structure à « Charmoy » (poids en g).
© L. Cabboi, Inrap, M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Écuelles « Charmoy »	ST 5		ST 6		ST 10		ST 25		ST 28		Total	
	NR	Poids	NR	Poids	NR	Poids	NR	Poids	NR	Poids	NR	Poids
Fragments de scories de fond de four	1	346			1	418	2	201	33	13188	37	14153
Gouttes et coulures de scorie								4		2844		2848
Éléments oxydés									16	274	20	274
Scories en culot							1	50	20	2441	21	2491
Fragments de paroi									24	704	24	704
Micro-éléments magnétiques										290	0	290
Scories indéterminées			1	40					28	496	29	536
Métal									1	2	1	2
Total	1	346	1	40	1	418	4	255	126	20239	132	21296



Fig. 41 : Bloc de scorie de fond de four aggloméré à la base de la cuve d'un fourneau de réduction du type « à scorie piégée », provenant du comblement de la structure 28 de « Charmoy » (largeur 25 cm, épaisseur 15 cm, 10 kg). Morphologie d'écoulements sous forme de petites coulures, verticaux ou obliques, moulant des négatifs de charbons de bois de taille centimétrique.
© L. Cabboi, Inrap, et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

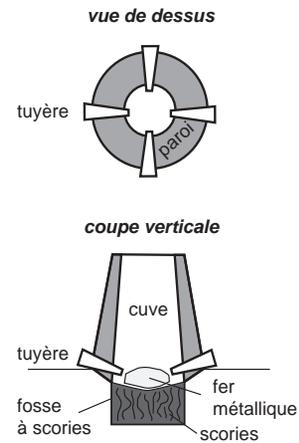


Fig. 42 : Schéma d'un bas fourneau à scories piégées (ou accumulées) en fond de cuve, auquel semble correspondre les scories de réduction découvertes en position secondaire dans le comblement du silo F28 de « Charmoy ». © C. Dunikowski, P. Pihuit, Inrap, et M. Leroy, LMC-IRAMAT.



Fig. 43 : Scorie de forge en forme de culot à laquelle adhère un morceau de la paroi du foyer mise au jour à « Charmoy ». © L. Cabboi, Inrap, et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.



Fig. 44 : Chutes métalliques de forgeage de « Charmoy ». © L. Cabboi, Inrap, et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Les sites de Varennes-sur-Seine

Le site de « Volstin »³⁷ est un gisement à occupations multiples (du Néolithique ancien au haut Moyen Âge). Le second âge du Fer est représenté par deux phases: la première correspond à un habitat daté de La Tène B2, probablement du début du III^e siècle av. J.-C., comprenant des bâtiments sur poteaux, des silos et des fosses; la seconde, est perçue par deux puits isolés ayant fourni du matériel de La Tène D1b/D2. L'activité métallurgique n'est attestée que par quelques scories (440 g) trouvées dans trois fosses appartenant à l'occupation de la fin de La Tène ancienne. Ces scories correspondent à des déchets de forge.

Au « Marais du Colombier »³⁸, un établissement rural de la fin de La Tène ancienne (La Tène B2), sur lequel ont été également repérées des traces d'occupations du Néolithique ancien et du Bronze final, présente une organisation exemplaire centrée sur une cour autour de laquelle se distribuent plusieurs bâtiments (habitation, annexes) et une série de structures excavées (sept puits, deux silos) (Séguier *et al.*, 2008). Les déchets métallurgiques (plus de 5 kg) sont piégés dans le puits le plus important du site, parmi d'abondants rejets organiques très bien conservés. Ils témoignent d'une activité de réduction. Le puits 5006, situé un peu à l'écart du cœur de l'habitat, a livré un fragment de fer en relation avec une étape ultérieure de la chaîne opératoire.

Le site de « Beauchamp »³⁹ est un gisement à occupations multiples (du Néolithique ancien à l'époque gallo-romaine). Les occupations de l'âge du Fer sont illustrées par trois étapes dont les vestiges sont topographiquement distincts: la première correspond à une série de 22 silos, fosses et puits du début de La Tène B1 (Séguier *et al.*, 2007); la deuxième, datée de La Tène B2, est matérialisée par un petit groupe constitué de trois fosses; la troisième l'est par quatre fossés et deux fosses attribuables à La Tène D1b/D2. Les vestiges paléométallurgiques (environ 3,6 kg) proviennent de deux structures attribuées respectivement au début de La Tène B1 et à La Tène B2. De la première proviennent des fragments de minerai brut et/ou chauffé (fig. 45); le reste des déchets est issu des deux fosses et constitué de scories de réduction et de fragments de paroi scorifiée d'un fourneau métallurgique. La morphologie des scories permet d'identifier un four du type à scories piégées.

Le site du « Marais du Pont »⁴⁰ correspond à un habitat groupé de plaine, dépourvu de tout système défensif, occupé à la fin de La Tène D1b et, surtout, tout au long de La Tène D2 (il est déserté vers 30 av. J.-C.). L'habitat, dont près de 1,5 ha a été fouillé, est structuré en îlots, rues et espaces publics. Il est le siège d'une activité artisanale dont les vestiges sont très nombreux (travail du fer et des alliages cuivreux dont dinanderie; orfèvrerie, tissage, travail de la corne...). Le travail du fer est illustré par une importante quantité de déchets (512 kg) issus de la partie échantillonnée (le total devait avoisiner la tonne sur l'emprise de la fouille, de nombreuses structures n'ayant pu être fouillées que par moitié: fig. 46 et tabl. 8 et 9). Les déchets sont constitués de rares scories de réduction et, surtout, de très nombreux culots, éléments de parois scorifiées (certains portant le négatif de tuyères), billes, battitures, chutes de forge, petits lingots... (Dunikowski, Séguier, Cabboi, 2007). Parmi l'outillage, figurent des fragments de pinces en fer et de nombreux polissoirs en grès vraisemblablement liés à la finition des objets en métal. On doit également signaler le bas de panse d'une amphore Dressel 1 sans doute réutilisée en cuve de trempage dont le fond conserve un important encroustement de battitures



Fig. 45 : Fragments de minerai de fer provenant de la str. 17 de « Beauchamp » à Varennes-sur-Seine. © L. Cabboi, Inrap, et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT).

.....
37. Responsable d'opération: P. Gouge, SDASM, 2000.

38. Responsable d'opération: J.-M. Séguier, Inrap, 2004.

39. Responsable d'opération: O. Maury, Inrap, 2001.

40. Responsable d'opération: J.-M. Séguier, Inrap, 1993.

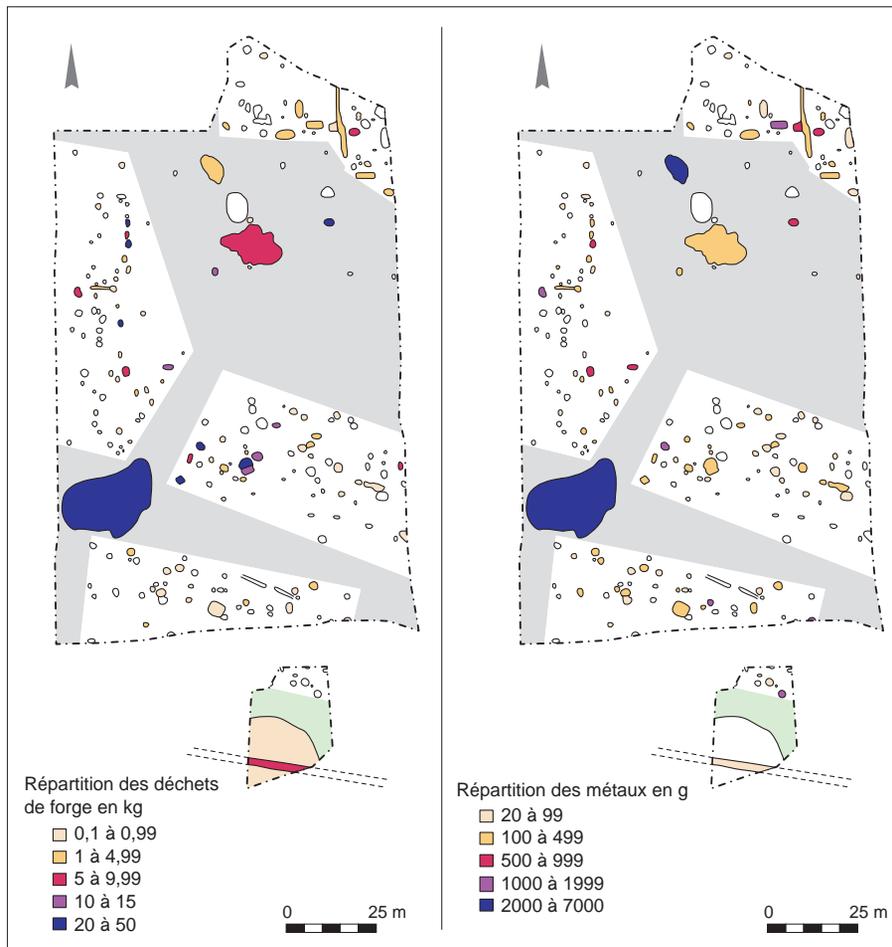


Fig. 46: Plan du « Marais du Pont » à Varennes-sur-Seine et localisation des déchets sidérurgiques.

© C. Dunikowski, P. Pihuit et J.-M. Séguier, Inrap.

Tabl. 8: Comptabilisation des déchets scorifiés collectés au « Marais du Pont ». Ne sont pas pris en compte les déchets métalliques dont l'étude détaillée n'a pu être réalisée. © C. Dunikowski et J.-M. Séguier.

Varennes-sur-Seine « Marais du Pont »		
Réduction	NR	Poids en g
Minerai	0	0
Scories	89	3360
Métal	0	0
Parois	0	0
Total	89	3360
Forge	NR	Poids en g
Culots entiers	609	49543
Culots fragments	9239	196218
Scories informes	non comptabilisé	35313
Scories AS	non individualisé	non individualisé
Scories coulures	85	1891
Scories charbon.	0	0
Rognons magn.	46	829
Parois	3127	55634
Total	13106	339428

Tabl. 9: Proportion des différentes catégories de scories en culot dans les quatre secteurs du « Marais du Pont ». © C. Dunikowski et J.-M. Séguier.

Varennes-sur-Seine « Marais du Pont »	îlot 1	îlot 2	îlot 3	îlot 4
Culots SAS	2365 g (25,5%)	14798 g (19%)	18783 g (26,7%)	11689 g (29%)
Culots SGD	6391 g (69%)	52403 g (67,1%)	43134 g (61,4%)	19947 g (49,2%)
Culots charbonneux	102 g (1,1%)	3204 g (4,1%)	2488 g (3,5%)	
Culots SFR	173 g (1,9%)	3450 g (4,4%)	3712 g (5,3%)	6719 g (16,6%)
Culots mixtes	230 g (2,5%)	4229 g (5,4%)	2157 g (3,1%)	2178 g (5,4%)
Total	9261 g	63286 g	70274 g	40533 g

(Séguier, 2002). Quant aux structures artisanales elles-mêmes, il n'en reste rien en raison de l'arasement subi par le site; néanmoins, parmi les éléments de terre crue scorifiés/vitrifiés, des fragments et un exemplaire complet de brique carrée de petites dimensions proviennent probablement de la construction de foyers surélevés.

À « la Justice »⁴¹, a été mis au jour un établissement rural de très grande taille localisé à 600 m au sud du précédent. Trois phases principales se succèdent entre la charnière La Tène C1/La Tène C2 et la fin de La Tène D2. Au cours de la première, un établissement rural est délimité par un enclos polygonal d'environ 5 000 m², largement ouvert à l'est. L'établissement de la phase moyenne, la plus importante (LT D1a à LTD2a), se compose de deux enclos juxtaposés: l'un essentiellement résidentiel, l'autre dédié aux activités agricoles et artisanales (vaste cour). Ces occupations sont précédées par une fosse isolée datée de La Tène B2/C1, alors qu'un établissement rural gallo-romain s'installe dans la cour agricole de la ferme gauloise après un hiatus d'environ un siècle. L'établissement laténien peut être classé parmi les sites de rang très élevé, comme en témoigne un mobilier extrêmement abondant (dont de très nombreuses amphores italiques et de la vaisselle fine importée) et parfois exceptionnel: éperon de cavalerie, dépôt de statères globulaires à la croix... (Séguier, 2008). Les rapports qu'il entretient avec l'habitat groupé du « Marais du Pont » sont encore obscurs. La nécropole liée à cet établissement a été localisée et en partie fouillée à 300 m au sud-est de l'habitat. Les déchets du travail du fer sont nombreux (plus de 32 kg) et traduisent la pluralité des étapes de la chaîne opératoire: minerai, scories écoulées de réduction, scories de fond de four, culots, éléments de paroi, scories magnétiques, battitures (tabl. 10). Par ailleurs, le site a livré de nombreux polissoirs en grès dont la fonction n'est certainement pas étrangère à la finition des objets produits (leur nombre dépasse de très loin ce que l'on observe sur les établissements contemporains).

Le métal contenu dans les scories en culot correspond majoritairement à du fer déstructuré par l'action prolongée du feu de forge: métal non compact contenant de nombreuses vacuoles plus ou moins remplies d'oxydes; contours plus ou moins complexes évoquant un état de fusion avancée, parfois développé profondément dans la masse (fig. 47). Toutefois, le faciès de certains fragments de fer révèle qu'il s'agit vraisemblablement de morceaux en cours de travail qui se sont détachés de la pièce principale: certaines vacuoles ont la forme de replis en cours d'écrasement et sont les témoins de travaux de martelage et compactage; certains contours du métal évoquent des angles et sont probablement aussi les témoins de travaux de martelage. De plus, le morceau de fer dans le culot n° 1000.05 est un fragment de tôle repliée, et d'autres dans le culot n° 1406.03 s'apparentent aussi à des fragments de tôle. Ces observations semblent montrer que, d'une part, des masses de fer plus ou moins brut ont été compactées, hypothèse renforcée par la présence d'un échantillon de métal brut avec face martelée, et que, d'autre part, des travaux de mise en forme sont également pratiqués. Les fragments de tôle, perdus dans les culots, nous renseignent sur un des types de métal travaillé.

Tabl. 10: Comptabilisation des déchets scorifiés collectés à « la Justice » à Varennes-sur-Seine. © C. Dunikowski et J.-M. Séguier.

Varennes-sur-Seine « la Justice »		
catégorie	NR	Poids en g
Grès ferrugineux	2	154
Minerai	15	2552
Scorie de fond de four	15	2508
Scorie écoulée	526	16274
Scorie indéterminée	5	79
Scorie magnétique	11	301
Scorie en culot	192	8980
Métal	48	1609
Paroi scorifiée	25	308
Total	839	32765



Fig. 47: Section d'une scorie en culot contenant des fragments de fer tombés au cours du travail de forge à « la Justice ». © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

.....
41. Responsable d'opération: J.-M. Séguier, Inrap, 2007.

Le site des « Sécherons » à Montereau-Fault-Yonne

La datation de cet établissement rural⁴², attribué initialement au Hallstatt D3 (Baray *et al.*, 1994), a été révisée et placée au début de La Tène A sur la base d'une étude des séries céramiques du début du deuxième âge du Fer de l'espace sénonais (Séguier, 2009). Parmi un lot de fosses et silos, une structure liée au grillage du minerai de fer contenant des fragments de matière première chauffée a été identifiée. Il s'agit du seul élément lié à la métallurgie du fer que ce site ait livré. Un culot de fonte à la cire perdue indique, de son côté, une activité des alliages cuivreux.

Les sites de Marolles-sur-Seine

Le site du « Grand Canton », à occupation longue (du Bronze final au haut Moyen Âge), a livré des témoins de plusieurs occupations diachroniques du second âge du Fer⁴³. La première correspond à une fosse d'extraction réutilisée comme dépotoir au cours de La Tène B1 récente; la deuxième rassemble une série de fosses contenant des dépôts à caractère rituel datés de La Tène B2; la dernière est composée de fossés et de quelques fosses de La Tène finale (*lato sensu*) qui pourraient être liés à l'établissement de « Saint-Donain » (cf. *infra*). Les vestiges paléométallurgiques sont représentés par neuf scories de forge trouvées dans le remplissage de l'une des fosses de La Tène B2; ces éléments restent à étudier.

Le site du « Grand Canton Sud » correspond à un établissement rural délimité par un enclos dont deux états superposés ont été partiellement reconnus (soit environ 50 % de l'emprise du site)⁴⁴. L'état I est matérialisé par un enclos en U largement ouvert à l'ouest; cette étape est datée de la fin de La Tène C1 et de La Tène C2. L'état II correspond à un grand enclos quadrangulaire dont n'ont pu être étudiés que deux fossés; la datation de cette étape est centrée sur La Tène D1 et peut se prolonger au début de La Tène D2. Les bâtiments découverts à l'intérieur de ce système ne sont pas datés précisément, alors que les fosses et puits le sont. Les témoins paléométallurgiques de l'état I (environ 2 kg) sont constitués par au moins quatre scories denses (fonds de fours?) associées à des scories légères, des fragments de parois scorifiées et des battitures agglomérées dans un tessou de céramique, autant d'éléments issus du fossé F0. Une structure de combustion est interprétée comme potentiellement destinée au grillage du minerai; des nodules de minerai de fer et des fragments de meulière ferrugineuse en proviennent. Ceux de l'état II se limitent à des fragments de scorie légère et de paroi vitrifiée issus du fossé F1 (70 g).

L'établissement du « Chemin de Sens », localisé à 130 m au sud du précédent, se compose d'un enclos en U ouvert à l'ouest à l'intérieur duquel ne figurent que deux bâtiments sur poteaux et une fosse⁴⁵. Il est possible que l'importante ferme gallo-romaine qui se superpose à lui, après un hiatus, ait détruit certains aménagements. Cet ensemble, pauvre en mobilier, est mal daté; néanmoins, une fondation précoce (La Tène C2/D1a) est avérée (céramique), alors que du mobilier plus tardif a été récupéré dans des structures gallo-romaines (fibule de Nauheim, fibule filiforme, potin). Les seules traces d'activité métallurgique sont constituées par un agglomérat de battitures plates et en billes conservé dans un tessou de céramique issu d'un poteau du bâtiment central. Aucune scorie n'est inventoriée.

.....
42. Responsable d'opération : L. Baray, Afan, 1989.

43. Responsable d'opération : R. Peake, Inrap, 1998.

44. Responsable d'opération : J.-M. Séguier, Inrap, 1994.

45. Responsable d'opération : J.-M. Séguier, Inrap, 1994.

Situé à 400 m à l'ouest des deux précédents, l'établissement de « Saint-Donain » n'a été que partiellement reconnu⁴⁶. L'occupation du second âge du Fer, qui s'inscrit dans un cadre diachronique (du Néolithique moyen au haut Moyen Âge), se compose d'une ferme comportant deux états. Le premier, attribué à La Tène C1/C2, est composé d'un enclos trapézoïdal accolé à deux fossés dont l'un repéré sur plus de 400 m de long. Le second est composé d'un enclos en U ouvert à l'ouest; son utilisation est datée de La Tène D1. Une fosse d'extraction utilisée comme dépotoir à La Tène C2/D1a semble venir s'intercaler entre les deux. Hormis cette dernière, les structures en creux sont peu nombreuses et mal datées (rares trous de poteaux et deux fosses). Les témoins paléométallurgiques sont discrets, mais bien présents. Ils se composent d'une scorie dense de fond de four peut-être liée à une activité de réduction, de scories peu denses et de fragments de paroi scorifiée. Il reste à préciser la place de ces éléments dans la chaîne opératoire.

« Le Petit Noyer » à Cannes-Écluse

Cet établissement aristocratique, occupé de la fin de La Tène C2/début La Tène D1 à la fin de La Tène D2, comporte deux états d'aménagement d'un enclos quadrangulaire partiellement fouillé⁴⁷. Les seuls aménagements internes reconnus consistent en une série de greniers alignés et un puits. De l'un des fossés de l'étape initiale (LTC2/D1a) provient une petite quantité de scories de forge (500 g). Un fragment de rebut de coulée à la cire perdue témoigne du travail occasionnel des alliages cuivreux.

Les sites de Bazoches-lès-Bray

L'établissement de « la Voie Neuve »⁴⁸, délimité par un enclos trapézoïdal précédé d'une avant-cour, est caractérisé par un plan exemplaire témoignant de l'absence de remaniement de sa structure et de sa courte durée d'utilisation. Le mobilier, assez riche, se singularise par la présence d'objets exceptionnels, dont une faux réparée plusieurs fois, et d'une grande quantité d'amphores italiques. Les fossés de cette ferme, datée de La Tène D1b, ont livré une petite quantité de scories de forge (1,4 kg).

Distant du précédent d'environ 400 m, l'établissement de La Tène C2 au lieu-dit « Près le Tureau aux Chèvres »⁴⁹ est constitué par un vaste enclos quadrangulaire de forme irrégulière, dans lequel figurent plusieurs bâtiments sur poteaux et à l'extérieur duquel sont alignés de petits enclos abritant des bâtiments sur poteaux, à moins qu'il ne s'agisse de constructions sur sablières. Là encore, il semble que le site n'ait connu qu'une durée d'occupation assez courte. Le mobilier, abondant, ne comporte que très peu d'objets en fer. Les fossés de ce site ont livré une quantité non négligeable de scories de forge (environ 4 kg).

Les sites de Grisy-sur-Seine

Le site complexe des « Terres du Bois Mortier »⁵⁰ est l'une des rares implantations datées de La Tène B et C1 reconnues dans cette partie de la vallée de la Seine. Il se situe dans la continuité d'occupations antérieures inaugurées au Hallstatt D2/3. Les structures de La Tène ancienne et moyenne sont constituées de greniers, de fosses et de puits formant une grappe disposée en couronne sur le pourtour d'une cour; la relation de cet ensemble avec un enclos réputé défi-

.....
46. Responsable d'opération: J.-M. Séguier, Inrap, 1990.

47. Responsable d'opération: R. Peake, Inrap, 1995.

48. Responsables d'opération: P. Gouge et J.-J. Grizeaud 1991.

49. Responsable d'opération: P. Gouge, 1990.

50. Responsable d'opération: P. Gouge, SDASM, 1987-1989.

nir un ensemble aristocratique du Hallstatt final est assez confuse en l'absence d'arguments chronologiques concernant ce dernier complexe. Des scories proviendraient de fosses de La Tène ancienne⁵¹, dont la quantité et la nature restent à déterminer.

Le diagnostic des « Six Arpents »⁵² a mis au jour quelques structures datées de La Tène ancienne (*lato sensu*) et un vaste établissement de La Tène finale délimité par un enclos. Une scorie lourde (plus de 2 kg) provient de l'une des fosses de La Tène ancienne; d'autres scories sont issues de fosses et des fossés de La Tène finale, mais leur quantité et leur nature restent à préciser.

« Les Vallées » à Villiers-sur-Seine

Il s'agit d'un site à occupation diachronique localisé dans la partie la plus orientale de la vallée de la Seine en Seine-et-Marne⁵³. Outre une sépulture isolée de l'âge du Bronze ancien, l'occupation comporte des structures domestiques du Hallstatt ancien, un petit habitat rural de La Tène A, un établissement ouvert de La Tène finale et une ferme gallo-romaine. L'occupation de La Tène finale, seule à nous intéresser ici, se compose d'un vaste bâtiment sur poteaux, d'annexes et d'un tronçon de fossé. Les rejets domestiques sont très peu nombreux. Une forge est localisée à l'écart de l'habitat (fig. 48), sous la forme d'un hangar dont l'ossature est composée de six poteaux et qui abrite deux foyers et une fosse. Les structures de combustion sont à coup sûr des foyers de forge, alors que la fosse a accueilli une grande quantité de déchets du travail du fer : un échantillon prélevé a livré quelques scories et une grande quantité de battitures. Cet ensemble est attribué à La Tène D1b ou à La Tène D2.

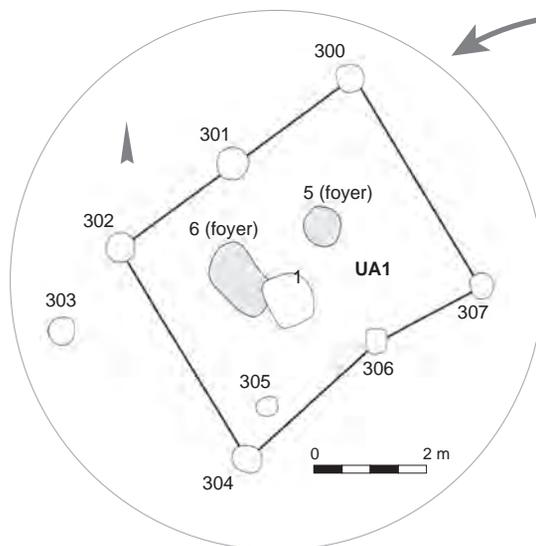
.....

51. Information P. Gouge.

52. Responsable d'opération: J. Blanchard, Inrap, 2009.

53. Responsable d'opération: J.-M. Séguier, Inrap, 1992.

Fig. 48 : Plan des « Vallées » à Villiers-sur-Seine et du bâtiment pouvant abriter un atelier de forge.
© P. Pihuit, Inrap.



Le Sénonais et le pays d'Othe

« Les Fouetteries » aux Clérimois

Le site des « Fouetteries » aux Clérimois demeure le seul complexe de production de fer fouillé dans le pays d'Othe (Dunikowski, Cabboi, 1995)⁵⁴. Il a livré les vestiges d'une dizaine d'ateliers qui ont produit du fer depuis les ^v^e-^{iv}^e siècles av. J.-C. jusqu'au ^v^e siècle de notre ère. Trois phases chronologiques s'y succèdent, durant lesquelles les types de fourneaux utilisés et l'organisation des ateliers diffèrent. Seule la réduction d'un minerai de fer local est pratiquée. Les déchets produits durant toute la durée de fonctionnement sont évalués à 14 000 tonnes. La première phase de fonctionnement débute à la fin du premier âge du Fer ou au début du second, dans un atelier comportant trois bas fourneaux et une fosse (Dunikowski, Cabboi, 1995, p. 39-41). Il ne reste de ces structures de combustion que la partie enterrée, une fosse réceptacle de 0,40 à 0,60 m de diamètre, dans laquelle se sont écoulées, à la verticale, les scories produites lors d'une seule opération de réduction. Ce type de fourneaux dit à scories piégées se caractérise par l'absence de système d'évacuation de la scorie à l'extérieur de la cuve et n'est destiné qu'à une unique utilisation. La masse des scories de fond de four récoltées dans chacune des structures ne dépasse pas 30 kg.

À partir de la fin du ⁱⁱ^e siècle av. J.-C., se mettent en place des ateliers avec un nouveau type de fourneau de réduction. De grande envergure, munis de ventilations multiples, ces fourneaux sont pourvus d'un système d'évacuation des scories à l'extérieur de la cuve. Ils fonctionnent en batterie de deux et montrent des capacités de production de l'ordre d'une centaine de kg par opération. Ces bas fourneaux ont la particularité d'avoir été utilisés chacun plusieurs dizaines à plusieurs centaines de fois. Les quatre ateliers fouillés (9 bas fourneaux) correspondent à des installations pérennes, conçues pour une production intensive de fer. Le métal produit n'est pas épuré sur place : il semble expédié à l'état brut vers des ateliers de forge qui n'ont pas été identifiés. Ce type d'organisation de la production se maintient sans modification notable jusqu'au début du ⁱⁱ^e siècle apr. J.-C.

« La Voie Minante » à Saint-Pouange

Cet habitat situé dans la plaine de Troyes et daté du Ha D2-D3 est uniquement connu par un diagnostic⁵⁵. Il a livré, outre un lot de céramique et une perle d'ambre, 4 kg de rebuts de forge (scories en culot, chute de métal, parois de foyer de forge), ainsi que deux fragments de scories denses (1,054 kg), qui sont peut-être des déchets de réduction du minerai de fer.

« Le Bois Bruneau » à Villeroy

Le site se compose de quatre foyers et d'une fosse⁵⁶. Cette dernière a fourni un ensemble céramique (quatre formes et trois bords) que l'on peut attribuer à La Tène ancienne ou au début de La Tène moyenne. Associé à ce matériel, un important lot de nodules de minerai de fer a été découvert. Parmi les structures de combustion, deux foyers sont rectangulaires (2 x 1,70 m), les deux autres sont de forme ovale (1,40 x 1,10 m). La première étude des couches carbonneuses découvertes à la base des remplissages n'a pas fourni d'éléments définitifs sur la fonction des structures de combustion. L'absence de structures à caractère

.....
54. Responsable d'opération : C. Dunikowski, Inrap, 1990-1991.

55. Responsable d'opération : C. Dunikowski, Inrap, 1991.

56. Responsable d'opération : C. Dunikowski, Inrap, 1995.

domestique semble indiquer qu'il s'agit d'un site spécialisé uniquement tourné vers une production artisanale qui comprend l'extraction, le traitement et la transformation du minerai de fer et peut-être la production de charbon de bois. La production primaire du fer par transformation du minerai en fer métallique est clairement attestée, d'une part, par de nombreux blocs de minerai de fer, de taille pluricentimétrique, dont les surfaces révèlent des traces d'impact thermique caractéristique d'une calcination préalable à leur utilisation dans un processus de réduction. Il s'agit d'une phase de préparation du minerai (fig. 49). D'autre part, quelques fragments pluricentimétriques de scories grises denses, à faciès cordé, évoquent nettement des déchets de la réduction du minerai. En outre, il est vraisemblable qu'une partie non négligeable des nombreux éléments recouverts d'une couche de concrétions oxydées, et qui paraissent être des débris métalliques informes, soient en fait des fragments de minerai en cours de transformation métallique. Ces éléments se forment à l'intérieur du fourneau de réduction, mais ne se sont pas agglomérés à la masse de fer principale, et, perdus parmi les scories, n'ont pas été récupérés.

Il est également très vraisemblable que des activités de travail du fer aient été pratiquées dans la mesure où des battitures ont été observées à l'intérieur des gangues de concrétions oxydées enrobant les déchets qualifiés de rognons oxydés. Ces battitures étaient donc présentes dans les sédiments dans lesquels ont séjourné ces pièces, ce qui signifie que du métal a été martelé et donc forgé. Les éléments métalliques identifiés après dégagement des gangues de concrétions recouvrant les rognons dont les surfaces présentaient des fissures, et dont le faciès évoque du métal ramolli par un début d'état de fusion, pourraient être des résidus de ces activités (fig. 50). Il pourrait s'agir soit de chutes de compactage et d'épuration du fer brut, soit de rebuts provenant d'accidents de chauffe. Dans la mesure où le contexte archéologique n'a pas livré de déchets scorifiés caractéristiques de travaux de forgeage *stricto sensu*, la première hypothèse pourrait être prioritairement retenue, ce qui cadrerait avec les témoins de la production primaire: le fer brut produit par la réduction du minerai de fer subirait ensuite au moins un premier traitement d'épuration et de compactage.



Fig. 49: Minerais de fer du « Bois Bruneau » à Villeroy. © L. Cabboi, Inrap.



Fig. 50: Débris métalliques informes du « Bois Bruneau » pouvant être issus des travaux de compactage du métal brut. © C. Dunikowski, Inrap, et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

« Les Boulins » à Saint-Julien-du-Sault

Sur ce site⁵⁷ de la vallée de l'Yonne, des structures fossoyées attribuables à La Tène B ont livré 4 kg de déchets métallurgiques, dans un contexte d'occupation domestique. Un nodule de minerai chauffé, des scories de fond de four, des scories en coulure attestent d'une activité de réduction du minerai de fer et une scorie en culot d'un travail de forge, pratiqués sur ou à proximité de l'habitat. Malgré leur fragmentation, la morphologie des scories indique qu'elles sont issues de fourneau dépourvu de système d'évacuation de la scorie. Comme pour les autres ateliers de production primaire du secteur géographique étudié, le type de fourneau de réduction employé, au cours du Hallstatt final et de La Tène ancienne, est à scories piégées.

« Les Groues » à Larchant

La fouille préventive des « Groues »⁵⁸ a mis en évidence une cinquantaine de structures dans les deux zones ouvertes : 31 dans la zone nord et 22 dans la zone sud. Trois périodes chronologiques bien distinctes ont été identifiées. Si deux tessons néolithiques témoignant de la fréquentation du site ont été découverts dans des structures protohistoriques, les traces les plus anciennes d'une implantation humaine stable correspondent à une, voire deux structures de l'âge du Bronze final. La période la plus représentée est celle de La Tène ancienne (silos et fosses de nature indéterminée). Les vestiges mobiliers renvoient l'image d'occupations domestiques à vocation agro-pastorale. La troisième et dernière période est la période moderne, matérialisée par trois fosses et un fossé rectiligne avares en mobilier. L'expertise de la céramique protohistorique⁵⁹ a permis d'identifier deux ensembles distincts attribués à La Tène ancienne, l'un dans le secteur nord, l'autre dans le secteur sud. La fouille de la zone sud a mis au jour une occupation de La Tène B1. Dans le secteur nord, le silo dans lequel ont été découverts les vestiges métallurgiques a été daté de La Tène B2.

Le comblement d'abandon du silo très érodé (diamètre à l'ouverture de 3,50 m) a livré un mobilier diversifié, dont sept scories de forge (445 g). Le travail du fer est aussi attesté par la présence de microdéchets magnétiques (battitures) dans les sédiments. À proximité de ce silo, une structure de combustion très érodée est comblée par un limon rubéfié, signe d'une intense activité de combustion. Cette proximité permet de formuler l'hypothèse, fondée sur ces maigres arguments compte tenu de la forte érosion, qu'il s'agit du fond d'une structure liée à l'activité métallurgique (foyer de forge?). Il est probable que ce travail se soit déroulé à proximité de la structure qui a servi de dépotoir. La faible quantité de déchets témoigne d'un travail à petite échelle, qui apparaît peut-être ponctuel.

.....
 57. Responsable d'opération : A. Poyeton, Inrap, 1999.
 58. Responsable d'opération : R. Issenmann, Inrap, 2007.
 59. Étude J.-M. Séguier.

Observations sur la nature et sur le contexte socio-économique de la production du fer

Les sites retenus dans l'état actuel de la documentation et les déchets métallurgiques qui en proviennent sont de natures diverses et s'ordonnent en deux séries assez nettement distinctes (Dunikowski, Séguier, Cabboi, 2007). Ceux attribués à la phase finale du premier âge du Fer et à la phase ancienne du second âge du Fer (Ha D3, LT A à la charnière LT B2/C1) livrent à la fois des déchets liés au traitement primaire du minerai et d'autres à la post-réduction. En revanche, ceux datés de la phase récente (de LT C2 à LT D2) livrent surtout des déchets de post-réduction (épuration, forgeage, finition).

Hallstatt final, La Tène ancienne et début de La Tène moyenne

Le corpus des habitats qui livrent des vestiges d'activités sidérurgiques est relativement limité au regard du nombre de sites fouillés dans cet espace géographique. Pour cette période, les structures de travail restent rares, les activités de travail du fer n'étant documentées que par la présence de déchets.

Les ensembles dont le matériel a été étudié correspondent soit à la transformation du minerai par grillage et réduction (« Charmoy », « le Marais du Colombier », « Beauchamp » ; « les Sécherons » ; « les Six Arpents », « les Boulins »), soit au forgeage du fer (« Volstin » ; « le Grand Canton », « les Groues », « la Voie Minante »). Les deux activités semblent être associées au « Marais du Colombier » dans la vallée de la Seine, sur le site des « Boulins » dans la vallée de l'Yonne, ainsi que sur celui de « Charmoy » sur le plateau du Gâtinais, où toutes les phases de la production primaire du fer à sa transformation sont présentes. Sur ces sites, il n'y a donc pas séparation des différentes séquences de la chaîne de production. Qu'il s'agisse des activités de réduction du minerai ou des activités de travail du fer, la production paraît de faible ampleur, ce qui peut correspondre à la satisfaction de besoins ponctuels.

Il ne paraît exister aucun site de production spécialisé dans le secteur étudié, ni dans la réduction, ni dans les étapes de post-réduction. Ce dernier constat, globalement valable, s'accorde mal avec l'importance des activités sidérurgiques que l'on peut déduire de la quantité impressionnante d'armes, de parures et d'accessoires vestimentaires en fer issus des contextes funéraires contemporains, particulièrement bien renseignés dans le secteur Seine-Yonne et, plus généralement, dans l'espace sénonais du ^v^e au ⁱⁱⁱ^e siècle av. J.-C. La qualité de la forge de nombre de fibules et bracelets, ainsi que la complexité des assemblages qui caractérisent les fourreaux des épées, montrent bien la très haute technicité et le haut degré de spécialisation des forgerons. Les données typologiques rassemblées ces dernières années sur ce matériel rendent invraisemblable l'hypothèse d'importations massives d'autres régions de la Celtique occidentale. En effet, si les armes correspondent bien aux canons en vigueur dans l'ensemble de l'Europe celtique, de nombreux détails technologiques les concernant, tout comme les spécificités observées sur les fibules et certaines parures annulaires, qui définissent un faciès régional (voire microrégional) aux caractères bien individualisés, impliquent une production sinon sur place, tout au moins dans le contexte du Sénonais. Il est paradoxal que cet artisanat, que l'on peut envisager comme itinérant en l'absence de vaste habitat groupé, ait tant produit, mais laissé si peu de traces. Les vestiges de post-réduction sont probablement très fugaces dans certains cas et leur détection, assurément difficile, nécessiterait peut-être la mise en œuvre de vastes programmes de tamisage exhaustif du remplissage de toutes

les structures en creux, ce qui n'est bien entendu pas envisageable dans le cadre de l'archéologie préventive. Il y a là une piste de recherche à explorer.

Quant à la matière première, les quantités nécessaires ne sont pas forcément importantes pour de telles productions, encore que la fabrication des lames d'épée exige des quantités non négligeables, de même que celle des agrafes d'assemblage de cercueil identifiées dans quelques sépultures, ou encore l'*instrumentum* livré par plusieurs habitats contemporains (couteaux, herminettes) et les bandages de roue de char identifiés en contexte rituel (Séguier, Delattre, 2005). Il est probable que la majorité des sites d'extraction et de réduction ne se trouvent pas en fond de vallée, mais plutôt sur les versants et les plateaux, où le fer abonde... mais où l'activité archéologique quasi nulle ne laisse aujourd'hui guère place à la détection des sites de production clairement attribuables à La Tène ancienne et au début de La Tène moyenne. Les découvertes effectuées sur le site des Clérimois, dans l'Yonne (Dunikowski, Cabboi, 1995), vont tout à fait dans ce sens. Un certain nombre d'établissements occupés à La Tène ancienne ne sont pas du tout renseignés du fait de l'ancienneté des opérations⁶⁰, ce qui peut fausser notre perception. Il importe également de ne pas se laisser leurrer par le nombre de sites composant le corpus de La Tène ancienne et du début de La Tène moyenne. En effet, rapporté au nombre d'habitats des v^e-début III^e siècles av. J.-C., cet effectif apparaît dans la vallée de la Seine comme relativement important (sept pour quatorze habitats reconnus). Il est cependant nettement plus restreint si l'on prend en considération non le nombre de sites, mais le nombre de phases d'occupation pour tenir compte des sites à séquences d'occupation multiples et discontinues (sept pour plus de vingt séquences d'occupation).

On observera en outre que, dans l'état actuel de la documentation, toutes les phases de La Tène ancienne sont renseignées : aussi bien La Tène A (« les Sécherons »), que La Tène B1 (« Beauchamp ») et La Tène B2 (« Volstin », « le Marais du Colombier » ; « le Grand Canton »), les incertitudes chronologiques attachées à la phase La Tène B2 obligeant à faire déborder cette dernière sur le deuxième quart du III^e siècle av. J.-C., soit le début de La Tène C1. En revanche, aucun des sites attribués à la seconde moitié du III^e siècle av. J.-C., équivalant à la période de plein développement de La Tène C1, n'a, à ce jour, livré de vestige attaché à la paléoméallurgie du fer. Il est vrai, cependant, que la datation de certains ensembles est encore incertaine (« les Six Arpents ») et que celle des ensembles des « Terres du Bois Mortier » qui ont livré des scories est à revoir. La Tène C1 est donc une période mal connue dans le secteur Seine-Yonne, alors que les ensembles funéraires font ressortir, à son sujet, une documentation non négligeable au sein de laquelle le fer joue un rôle important, dans le droit chemin des séries de La Tène ancienne. Notons également que la fin de La Tène C1, dont la distinction avec le début de La Tène C2 n'est pas aisée, livre, de son côté, des déchets sidérurgiques, mais que la nature des sites conduit à rattacher cette étape au bloc chronologique constitué de la fin de La Tène moyenne et de La Tène finale (*infra*).

Enfin, on remarquera qu'à ce jour, l'habitat du tout début de La Tène A des « Sécherons » est le seul de la série à avoir livré un déchet de production d'objets en alliage cuivreux, ce qui est bien peu⁶¹. Là encore, la légèreté des installations et l'érosion des vestiges, augmentées de la possibilité que certains déchets aient été récupérés (comme les jets de coulée à la cire perdue), ne suffisent pas à expliquer une telle carence. Si le Sénonais est réputé avoir produit des parures spécifiques (notamment certains torques à arceaux ou à décor ternaire), les alliages cuivreux sont beaucoup plus rares dans les sépultures que le fer, même pour ce qui est des fibules.

60. Sites fouillés dans le secteur de La Grande-Paroisse et Varennes-sur-Seine par le service régional de l'Archéologie d'Île-de-France dans les années 1970 et 1980.

61. Paradoxalement, le Hallstatt moyen et final est un peu mieux fourni en la matière.

La fin de La Tène moyenne et La Tène finale

Le corpus est, en nombre de sites renseignés, un peu plus important que celui de la période précédente puisqu'il est constitué de dix occurrences pour une durée à peu près équivalente: « le Marais du Pont » et « la Justice » à Varennes-sur-Seine; « le Petit Noyer » à Cannes-Écluse; « le Grand Canton Sud », « le Chemin de Sens » et « Saint-Donain » à Marolles-sur-Seine; « la Voie Neuve » et « Près le Tureau aux Chèvres » à Bazoches-lès-Bray; « les Six Arpents » à Grisy-sur-Seine; « les Vallées » à Villiers-sur-Seine. Il convient de remarquer que si, à la différence de La Tène ancienne et du début de La Tène moyenne, la phase de post-réduction est représentée sur tous les sites, les étapes antérieures (grillage, réduction) sont également représentées sur quatre de ces habitats: « le Marais du Pont », « la Justice », « le Grand Canton Sud » et « Saint-Donain ». Si l'on se place du point de vue des déchets et des activités qu'ils impliquent, ces sept établissements peuvent être scindés en trois sous-groupes.

Le premier est composé des établissements ruraux où les vestiges paléométallurgiques sont peu à moyennement abondants, apparaissent mêlés à des déchets domestiques dans des dépotoirs domestiques, et témoignent d'activités qui ne semblent pas différentes, aussi bien du point de vue qualitatif que sur le plan quantitatif, de celles que livrent les habitats de La Tène ancienne. L'activité de réduction attestée à « Saint-Donain » est identifiée par une faible quantité de restes. La mise en évidence d'activités de post-réduction au « Petit Noyer », au « Grand Canton Sud », au « Chemin de Sens », à « Saint-Donain », à « la Voie Neuve », « Près le Tureau aux Chèvres » et aux « Six Arpents » est fondée, là aussi, sur de faibles quantités de déchets découverts parmi de bien plus nombreux détritiques domestiques (quelques battitures seulement au « Chemin de Sens »).

Deux sites diffèrent assez nettement des précédents. Celui des « Vallées » à Villiers-sur-Seine, où ne sont attestées que les activités de post-réduction (datées de La Tène finale *lato sensu*), se singularise par une localisation bien différenciée de l'atelier de forge, ce qui constitue un cas unique dans le secteur Seine-Yonne et, plus généralement, une situation plutôt exceptionnelle en contexte rural pour la fin de l'âge du Fer. Cette individualisation pourrait traduire une activité permanente et donc, éventuellement, l'existence d'un véritable atelier spécialisé. « La Justice » offre une configuration peut-être comparable, même si l'on y a pratiqué à la fois la réduction, à assez petite échelle semble-t-il, et la forge (culots, scories, battitures...). Les déchets y sont nettement plus nombreux et variés que dans le premier sous-groupe. Leur répartition topographique n'est pas aléatoire: à côté de scories dispersées dans les fossés et diverses fosses, on observe une concentration de déchets de réduction et de post-réduction dans le fossé qui définit la limite orientale de la cour agricole, dans un secteur situé au droit d'un bâtiment à pans coupés sans doute daté de La Tène moyenne, auquel se superposent un ou deux autres bâtiments dans lesquels pourrait être localisé l'atelier métallurgique. Ce dernier, dont le mobilier est en cours d'étude, semble être daté de La Tène D1b-D2a. L'autre singularité de ce site est la présence d'un grand nombre de polissoirs en grès dont l'étude en cours devra s'attacher à confirmer la relation avec la finition des objets métalliques produits sur place. Il pourrait donc y avoir, là aussi, un atelier topographiquement bien localisé et spécialisé, même si les déchets sont mêlés à des détritiques domestiques. Il est probable que, dans ce cas précis, la métallurgie du fer ne soit pas une simple activité d'appoint occasionnelle (entretien de l'outillage), mais constitue l'une des activités économiques de l'établissement; certes secondaire par rapport à la production agricole, elle ne peut pas, pour autant, être considérée comme mineure en raison du nombre d'artefacts qui lui sont liés.

Enfin, l'habitat groupé du « Marais du Pont » regroupe à la fois les activités de réduction, de post-réduction, de très nombreux déchets et un outillage abondant (polissoirs...). L'activité de réduction semble être anecdotique. En revanche, les déchets liés à la post-réduction sont si abondants, par rapport aux deux précédents sous-groupes, que la production est très clairement le fruit d'un artisanat hautement spécialisé et traduit une échelle de production tout autre. De fait, cet habitat groupé concentre, parmi divers corps de métiers, une « corporation » de forgerons dont l'activité constitue l'un des principaux pôles économiques du site (avec le commerce). De ce point de vue, ce site présente donc des caractères exactement comparables à ceux que livrent les *oppida*.

Il ressort de ce classement sommaire des sites producteurs de fer du secteur Seine-Yonne une forme de hiérarchie à mettre en relation avec la localisation des élites sociales : ces dernières, implantées dans des résidences de très haut rang (« la Justice »), contrôlent probablement l'activité métallurgique (parmi d'autres artisanats et d'autres activités dont le commerce des animaux, des produits de l'agriculture, des biens de prestige...) exercée au sein de l'habitat groupé qui joue le rôle de marché et, peut-être, de « chef-lieu » d'une entité territoriale centrée sur le confluent Seine-Yonne⁶². On note en outre que les étapes primaires de la chaîne opératoire (extraction, réduction) ne sont représentées que par des quantités de déchets très modestes au regard de la masse de déchets liés à la forge (« le Marais du Pont »). On peut même dire que, sur le plan quantitatif, la première est sans aucun rapport avec les besoins en matière première de la seconde. Il faut donc en conclure que les forgerons du secteur de confluence ne traitaient que des semi-produits fabriqués ailleurs et, selon toute vraisemblance, sur les plateaux. Le Gâtinais tout proche, de même que la Brie, regorge de minerai. Le site des Clérimois constitue, pour cette même période, un des exemples de gros centre de production primaire. On observera que les trois sites où exercent des artisans spécialisés comptent parmi les plus tardifs : La Tène D1b au plus tard (« la Justice ») et surtout La Tène D2 (« le Marais du Pont »). Cette donnée est loin d'être indifférente. En effet, si, à la fin de La Tène moyenne et au début de La Tène finale, le mobilier métallique dans les habitats n'est pas beaucoup plus abondant qu'au cours de l'étape précédente, La Tène D1b coïncide avec une augmentation significative dans l'utilisation du fer. Outre un outillage agricole de plus en plus abondant et parfois de grandes dimensions (faux et merlin de « la Voie Neuve » par exemple), celui-ci fait son apparition dans l'architecture, comme en témoignent les fiches en fer utilisées dans l'un des bâtiments à pans coupés de « la Voie Neuve ». Cependant, cette augmentation est sans commune mesure avec le saut quantitatif considérable que l'on enregistre à La Tène D2. À cette époque, l'utilisation du fer concerne tous les aspects de l'*instrumentum* : assemblage de pièces d'architecture, huisserie, meubles, outillage agricole et artisanal, attirail domestique, équipement personnel. Cette observation, qui rejoint celles que livrent les *oppida* de La Tène D, marque l'apparition d'un artisanat spécialisé et donc l'émergence tant de nouvelles conditions sociales que de nouvelles normes économiques, allant de pair avec une activité commerciale sans précédent. En corollaire, la production de fer atteint une telle échelle que les battitures sont utilisées comme dégraissant dans la pâte de certaines céramiques non tournées. Constante locale : ce recyclage d'un sous-produit, marginal à la fin de l'âge du Fer, devient relativement important à l'époque gallo-romaine puisque, de la fin du I^{er} siècle apr. J.-C. à la fin du III^e siècle apr. J.-C., un atelier installé dans ou à proximité de l'agglomération de « la Terre aux Moines » à Montereau-Fault-Yonne, se spécialise dans la production de pots, marmites et couvercles modelés et systématiquement dégraissés à l'aide de battitures, billes et scories broyées (Séguier, Huet, 1995).

.....
62. Un rôle comparable est dévolu à l'agglomération de Montereau-Fault-Yonne, « la Terre aux Moines » du II^e au V^e siècle apr. J.-C., voire à l'époque mérovingienne ; sur ce site, localisé de l'autre côté du confluent et créé à la fin du I^{er} siècle apr. J.-C., l'activité sidérurgique est largement développée (mais la documentation à son sujet est déficiente).

Un autre changement notable est à observer : il concerne la réapparition, après une éclipse constatée dès la fin du Hallstatt D2/D3, de témoins directs liés au travail des alliages cuivreux. Bien que discrète, cette activité est attestée dans deux établissements à caractère aristocratique situés aux abords du confluent : « la Justice » (fabricat de fibule) et « le Petit Noyer » (jet de coulée à la cire perdue). Elle l'est plus encore dans l'un des îlots du « Marais du Pont » qui a livré des fragments fondus, des scories, une probable lingotière et une ébauche de fibule, et dont l'une des fosses concentrait de nombreuses scories, au moins deux creusets et un lot de moules en terre cuite destinés à produire des barreaux à section circulaire (Séguier, 2002 ; Dunikowski, Séguier, Cabboi, 2007). Il s'agit là d'un secteur spécialisé de l'agglomération. Et si ce site a également livré des indices d'une activité d'orfèvrerie (balance de précision, tige dorée), aucun document ne vient, à ce jour tout au moins, étayer l'hypothèse d'une production monétaire. On doit également signaler la découverte d'un creuset dans une fosse du « Bois de Roselle » à Balloy, mais ce site très particulier ne peut être un habitat alors que les indices en faveur d'un centre cultuel sont peu contestables (Poyeton, Séguier, 2002) : cet objet a donc une signification tout autre (dépôt symbolique ?) que celle de ses homologues de Varennes-sur-Seine, d'ailleurs typologiquement très différents.

Le secteur Seine-Yonne se révèle intéressant à plus d'un titre. Le nombre d'installations domestiques du second âge du Fer y est très important et les habitats, variés, obéissent à des normes précises qu'un cadre chronologique bien maîtrisé permet d'ordonner. Par ailleurs, la superficie cumulée des emprises ayant fait l'objet d'une étude archéologique est très importante, ce qui autorise à comparer les données paléométallurgiques aussi bien d'un point de vue qualitatif que sur le plan quantitatif et ce, de manière diachronique. Ce secteur constitue ainsi une source documentaire de premier choix pour appréhender l'insertion des activités paléométallurgiques dans le contexte de l'économie des établissements ruraux du territoire sénon, même s'il faut bien admettre que, seul le fond alluvial ayant été pris en compte, la représentativité du secteur Seine-Yonne vis-à-vis de l'ensemble du territoire doit être considérée avec prudence⁶³. Bien que ne constituant pas un bassin d'exploitation de minerai de fer, la vallée est bordée par des plateaux où le fer, abondant, a dû être extrait et faire l'objet du traitement primaire. Occasionnellement, du minerai a été transporté sur certains habitats pour y être réduit. Mais ce sont, bien entendu, les activités de post-réduction, dont la forge, qui livrent les témoins les plus nombreux. Ceux-ci connaissent une certaine stabilité au cours du second âge du Fer pour n'atteindre un accroissement significatif qu'à partir de La Tène D1 et un point culminant correspondant au 1^{er} siècle av. J.-C. L'agglomération du « Marais du Pont » se fait même, à cette période, une spécialité de la production d'objets en fer. Ces tendances, brossées ici à grands traits, ne prendront tout leur sens que dès lors qu'un nombre significatif de séries aura fait l'objet d'analyses archéométriques.

.....
63. Néanmoins, la plaine de l'Yonne située en amont du confluent jusque dans la région de Sens est nettement moins bien renseignée ; par ailleurs, la documentation sur les versants et les plateaux, des plus lacunaires, n'est en rien représentative de l'exploitation du fer au second âge du Fer même si les données dont on dispose dans le pays d'Othe et sur le Gâtinais montrent l'importance de ces secteurs dans la chaîne opératoire.

Chapitre 3

L'Antiquité dans le bassin médian de la Moselle

Marc Leroy

avec la collaboration de Paul Merluzzo, Maria Bienfait, Karine Boulanger,
Jean-Marie Blaising, Gaël Brkojewitsch, Murielle Georges-Leroy,
Francesca Schembri

Sur l'ensemble de la zone d'étude, soit le plateau des Côtes de Moselle avec à son pied la vallée de la Moselle, entre la frontière luxembourgeoise au nord et le sud de la région nancéienne, 76 sites d'époque gallo-romaine ayant livré des indices ou des vestiges d'activité de métallurgie du fer sont actuellement recensés (fig. 51 et tabl. 11). La moitié d'entre eux, situés sur le plateau, ne sont connus que par des prospections de surface. Un tiers de l'autre moitié correspond à des découvertes effectuées lors d'opérations d'archéologie préventive depuis le milieu des années 1980, principalement dans la vallée de la Moselle (fig. 52). L'écrasante majorité de ces 76 sites correspondent à des contextes d'habitat, soit en milieu urbain (10, dont 6 pour la seule ville de Metz), soit en milieu rural (56). Les 10 autres sites sont considérés comme de potentiels ateliers de réduction implantés hors habitat, mais leur attribution à l'Antiquité est loin d'être assurée. Les sites répertoriés se répartissent sur l'ensemble de la période gallo-romaine, mais les datations précises ne sont pas les plus nombreuses, et seuls les sites qui ont fait l'objet de fouilles archéologiques récentes ont fourni des contextes plus ou moins bien calés dans le temps : on en connaît autant du début du Haut-Empire (I^{er} siècle apr. J.-C., par exemple dans la ville de Metz, ou dans la vallée de la Moselle), que des II^e et III^e siècles ou du Bas-Empire (IV^e et V^e siècle, à Metz encore ou dans le pays messin).

Cet inventaire couvre un panel de catégories de sites allant de la ville au petit habitat rural, en passant par les petites agglomérations et les *villae* agricoles (fig. 52). Du fait de l'ampleur des opérations archéologiques qui y ont eu lieu, la ville antique de Metz/*Divodurum*, capitale de la cité des Médiomatriques, est représentée par six sites. Deux d'entre eux ne correspondent peut-être qu'à des matériaux réutilisés dans des phases d'aménagement urbain (« Îlot Turmel » et « Chambre des métiers »), mais de véritables zones d'ateliers sont répertoriées et ont été particulièrement bien étudiées à « l'Arsenal Ney », ainsi que dans une moindre mesure au « Pontiffroy » et « Place du Général de Gaulle ». Deux petites agglomérations établies le long d'une des voies conduisant de Metz à Trèves/*Augusta Treverorum* ont été fouillées déjà anciennement (« Daspich-Ebange » à Florange et Hettange-Grande/*Caranusca* ?), mais le matériel conservé a pu être réétudié récemment. Une troisième (Dieulouard/*Scarponna*), qui n'a livré que

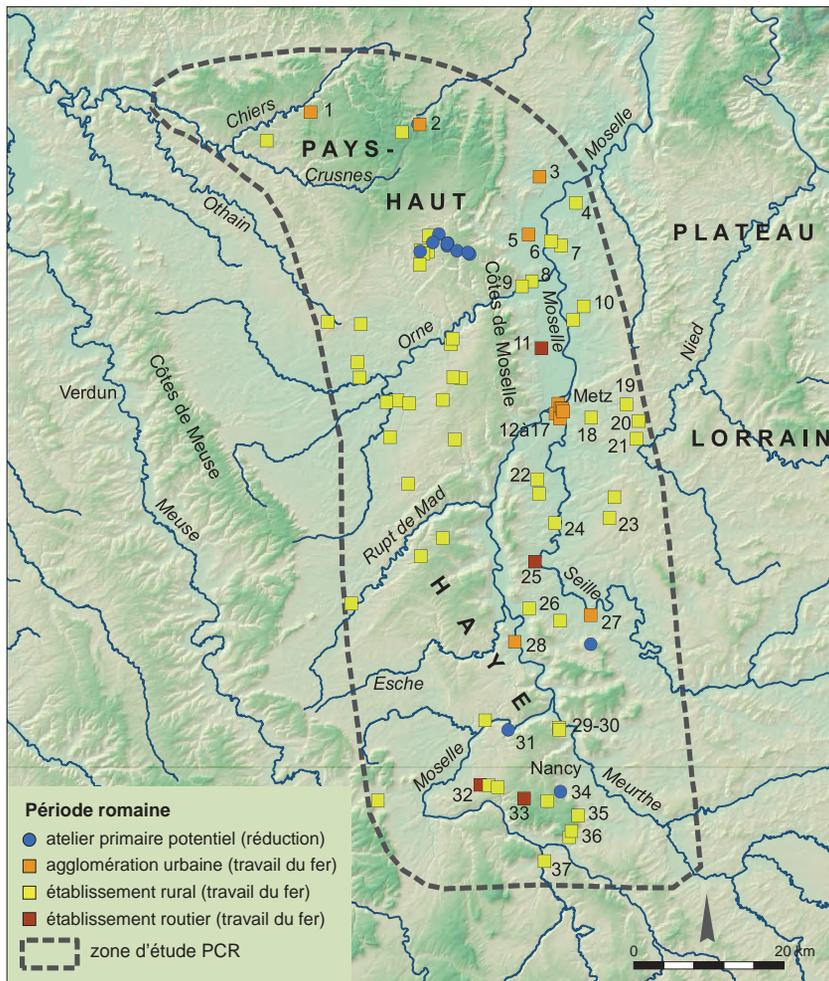
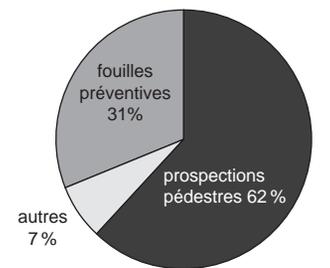
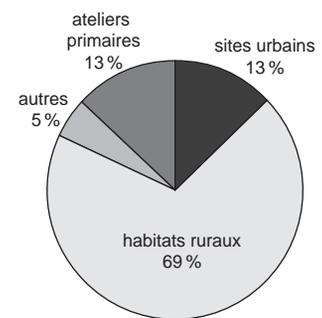


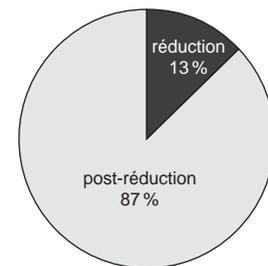
Fig. 51 : Carte de localisation des sites ayant livré des vestiges de métallurgie du fer de l'Antiquité romaine dans le bassin de la Moselle et sur ses marges. Les sites numérotés ont fait l'objet de fouilles archéologiques et pour certains d'entre eux d'une étude paléométallurgique. Les numéros renvoient à la liste figurant dans le tableau 11. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.



niveau de connaissance



catégories de sites



séquences métallurgiques

des informations ponctuelles, est située le long de la voie reliant Toul/Tullum à Metz. Deux autres agglomérations supposées sont situées dans le nord du Pays-Haut, près de la frontière avec le Luxembourg et la Belgique: Cutry et Audun-le-Tiche/Aquaeductus (?).

La majorité des sites recensés sont des habitats ruraux (une cinquantaine), qui ne peuvent être caractérisés plus précisément, puisqu'ils ne sont connus que par des informations de surface (prospections). Toutefois, quelques villae (« Pain de Pâque » à Atton, « Entre Deux Cours » à Laquenexy, « Larry » à Liéhon, « ZAC de la Plaine » à Vitry-sur-Orne) et des petites fermes (« la Croix Milliant » à Frouard, « la Goutte » à Houdemont, « en Zoque » à Montoy-Flanville, « les Crouyottes » à Sillegny) ont fait l'objet de fouilles plus ou moins étendues. Quatre indices assez solides d'atelier métallurgique dans des établissements de bord de voie (« forêt communale » à Gondreville, « le Chêne Brûlé » à Lesménils, « forêt domaniale » à Maron, « Grignon Pré » à Semécourt) ont également été révélés par des opérations archéologiques. Ces derniers contextes interrogent directement quant à la nature de l'activité de travail du fer, qui pourrait être mise en relation avec les déplacements et le transport routier.

Les niveaux de connaissance des sites sont assez variables. Dans la plupart des cas, il ne s'agit que de fenêtres d'observation restreintes, ne correspondant

Fig. 52 : Niveau de connaissance, catégories et séquences métallurgiques représentées pour les sites antiques du bassin de la Moselle. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Tabl. 11 : Liste des sites du bassin de la Moselle en Lorraine centrale ayant livré des vestiges de métallurgie du fer et datés de l'Antiquité romaine, et ayant fait l'objet de fouilles archéologiques. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Sites	Type de site	Datation	Réduction	Forge	n° carte
Cutry (54) <i>La Hache</i>	Agglomération	Bas-Empire		X	1
Audun-le-Tiche (57)	Agglomération	Gallo-romain		X	2
Hettange-Grande (57) <i>Auf Khem, Gehren</i>	Agglomération	Gallo-romain		X	3
Yutz (57) <i>Val Joyeux</i>	Habitat rural	Gallo-romain		X	4
Florange (57) <i>Daspich-Ebange</i>	Agglomération	Haut- et Bas-Empire		X	5
Illange (57) <i>Grunerwasen</i>	Habitat rural	Gallo-romain		X	6
Bertrange-Immeldange (57) <i>Lotissement Saint-Rémy</i>	Habitat rural	Gallo-romain		X	7
Gandrange (57) <i>les Brequettes</i>	Habitat rural	Gallo-romain		X	8
Vitry-sur-Orne (57) <i>ZAC de la Plaine</i>	Villa	Gallo-romain		X	9
Trémery (57) <i>ZAC Fontaine des Saints</i>	Habitat rural	Haut-Empire		X	10
Semécourt (57) <i>Grignon Pré</i>	Habitat en bordure de route	Bas-Empire		X	11
Metz (57) <i>Pontiffroy / Hôtel de Police</i>	Ville	Haut-Empire		X	12
Metz (57) <i>Arsenal Ney</i>	Ville	Bas-Empire		X	13
Metz (57) <i>Chambre des Métiers</i>	Ville	Gallo-romain		X	14
Metz (57) <i>Ilot Turmel</i>	Ville	Bas-Empire et haut Moyen Âge		X	15
Metz (57) <i>Place de la Gare / Parking souterrain</i>	Ville	Haut-Empire		X	16
Metz (57) <i>rue Vieille Boucherie Saint-Georges</i>	Ville	Haut-Empire		X	17
Metz (57) <i>ZAC Sébastopol</i>	Habitat rural	Fin I ^{er} av.-début I ^{er} s.		X	18
Montoy-Flanville (57) <i>En Zoque</i>	Habitat rural	III ^e -IV ^e s.		X	19
Marsilly (57) <i>RD4-RD67</i>	Habitat rural	Gallo-romain		(X)	20
Laquenexy (57) <i>Entre Deux Cours</i>	Villa	I ^{er} -V ^e s.		X	21
Augny (57) <i>rocade sud</i>	Habitat rural	Gallo-romain		(X)	22
Liéhon (57) <i>Larry</i>	Villa	I ^{er} -V ^e s.		(X)	23
Sillégnny (57) <i>les Crouyottes</i>	Habitat rural	IV ^e s.		X	24
Lesménils (54) <i>Le Chêne Brûlé</i>	Habitat en bordure de route	Haut- et Bas-Empire		X	25
Atton (54) <i>Le Pain de Pâques</i>	Villa	I ^{er} -III ^e s.		X	26
Nomény (54) <i>Malnoy</i>	Agglomération	Gallo-romain		X	27
Dieulouard (54) <i>Scarponne</i>	Agglomération	Gallo-romain		(X)	28
Frouard (54) <i>la Vieille Pierre</i>	Habitat rural	Bas-Empire		X	29
Frouard (54) <i>Croix Milliant</i>	Habitat rural	III ^e – IV ^e s.		X	30
Gondreville (54) <i>Forêt Communale, parcelle 14</i>	Habitat en bordure de route	Haut-Empire		X	32
Maron (54) <i>Forêt Domaniale de Haye 412</i>	Habitat en bordure de route	Haut-Empire		X	33
Villers-les-Nancy (54) <i>Place de l'Église</i>	Atelier hors habitat	Gallo-romain	(X)		34
Houdemont (54) <i>la Goutte ZAC Egrez</i>	Habitat rural	IV ^e -V ^e s.		X	35
Ludres (54) <i>Rue de l'Église</i>	Villa?	I ^{er} -IV ^e s.		X	36
Méréville (54) <i>Les Montants</i>	Habitat rural	Gallo-romain		(X)	37

pas à la totalité de l'emprise du site. Toutefois certaines opérations ont dégagé des surfaces importantes (Metz, Atton, Laquenexy, Hettange-Grande), ce qui a permis d'identifier des ateliers ou d'avoir une vision large du contexte archéologique global. Des ateliers ont été dégagés à « l'Arsenal Ney » à Metz, ainsi qu'à Semécourt, et ont pu faire l'objet d'une étude détaillée en vue de la compréhension de leur organisation et de leur fonctionnement internes.

En dehors des dix ateliers de réduction du minerai de fer qui pourraient être datés de la période romaine, tous les déchets étudiés sur les sites d'habitat correspondent à des séquences de production postérieures à la réduction (fig. 52).

Aucun déchet de réduction du minerai de fer n'y a été recueilli. Si, initialement, l'hypothèse avait été envisagée pour « l'Arsenal Ney » à Metz (Leroy, 1990), cette interprétation a été très vite démentie par une étude plus détaillée du matériel (Leroy, 1997 : chapitre 4 ; Bienfait, 2002). C'est aussi clairement le cas pour Hettange-Grande. L'exemple de « Daspich-Ebange » à Florange montre aussi qu'une étude paléométallurgique précise permet de distinguer les déchets qui peuvent relever de périodes différentes et de réexaminer les interprétations d'une fouille ancienne (Leroy *et al.*, 2004).

Des indices ambigus et peu nombreux de production primaire

Si l'espace géographique lorrain n'est pas dépourvu de gisements métallifères, en revanche les traces de leur exploitation antique sont très peu nombreuses. L'inscription lapidaire *Aemiliani officina* découverte au XIX^e siècle dans la mine *Santa Barbara* à Wallerfangen, en Sarre (Allemagne, probablement cité des Trévires) est le seul témoignage direct connu d'une exploitation de cuivre antique. Mais en l'absence d'autre découverte formellement datée, il n'est pas possible de conclure que cette exploitation s'étend à l'ensemble de la *cuesta* du Warndt, dont la bordure méridionale serait située en territoire médiomatrique. Les données concernant l'utilisation des minerais de fer ont souvent paru, à tort, plus fournies. Jusqu'à il y a peu, on considérait que la découverte du moindre fragment de scorie dans les niveaux d'occupation d'un habitat antique était la preuve de la transformation du minerai en métal brut par la technique du bas fourneau (voir notamment Lutz, 1982 et Burnand, 1990). Ainsi, il paraissait évident que chaque petit gisement local de minerai de fer avait été exploité dès la période romaine, voire au cours des siècles précédents. Or, la seule présence d'un gisement de minerai de fer n'engendre pas nécessairement son exploitation, de même que la présence d'activités de forge (auxquelles se rattachent le plus souvent les scories découvertes) n'implique nullement le développement des opérations préalables de réduction du minerai. La manière dont s'organise la production primaire du fer dans les cités du nord-est des Gaules, au cours de la période romaine, est encore difficile à saisir (Leroy *et al.*, 2000). Malgré les mentions fréquentes, dans le dernier quart du XIX^e siècle, de « vieux travaux des Romains » pour qualifier la découverte d'anciens vestiges miniers lors du percement du réseau moderne de galeries d'exploitation, aucune exploitation minière n'est formellement reconnue ni dans la *civitas* des Leuques, ni dans celles des Médiomatrices ou des Trévires.

Une dizaine d'amas de scories métallurgiques anciennes, repérés dans la zone d'étude au cours de prospections pédestres en milieu forestier ou en surface de champs labourés, pourrait signaler l'existence d'ateliers de réduction du minerai de fer, dans la mesure où ils ont révélé la présence de fragments de céramiques ou de *tegulae* gallo-romaines¹ (fig. 51). Toutefois, une certaine prudence s'impose quant à une attribution chronologique formelle dans la mesure où d'autres ateliers, dont la fouille a livré des artefacts similaires, ont été datés par radiocarbone du haut Moyen Âge, indiquant la réutilisation de matériaux (notamment des *tegulae*), prélevés probablement sur des sites antiques abandonnés, dans la construction des installations de production (Leroy, 1997 ; Leroy *et al.*, 2015). Ces ateliers potentiels sont situés sur le plateau qu'encadrent les vallées de l'Orne et de la Fensch, et dans les vallons qui l'entaillent, dans la partie sud

.....
1. Programme de recherches sur la sidérurgie ancienne en Lorraine, M. Leroy, B. Hamon, J.-Th. Casarotto, 1989-2005.

du Pays-Haut, ainsi que, plus au sud, dans la région de Nancy (plateau de Haye et Grand Couronné) et, plus au nord, sur la frange septentrionale des Côtes de Moselle (« Bois de Butte »). Il s'agit toujours d'ateliers de petite dimension pour autant qu'on puisse en juger par les observations de surface, puisqu'aucun d'entre eux n'a encore été fouillé. Toutefois, les deux sites du plateau de Haye pourraient correspondre à des ateliers de plus grande taille, d'épaisses couches de scories ayant été observées, de manière ponctuelle, à l'occasion de travaux de terrassement, à la fin du ^{xix}^e siècle à Liverdun dans le « vallon de la Flie », et dans les années 1980 « place de l'Église » à Villers-lès-Nancy (Meurthe-et-Moselle). L'utilisation des affleurements de minette est clairement attestée pour la majorité d'entre eux, mais le minerai de fer fort est employé dans au moins trois cas, dans le nord (« Bois de Butte ») et le sud du Pays-Haut (secteur de Lommerange).

S'agissant de simples repérages de surface, l'attribution chronologique reste donc à préciser. Mais si l'attribution à l'Antiquité était confirmée, ces petites zones de production primaire pourraient alimenter les ateliers de post-réduction connus dans les agglomérations et les habitats ruraux de la vallée de la Moselle et de la bordure occidentale du Plateau lorrain. Ces ateliers de production primaire semblent distribués de façon lâche sur le plateau ou dans les fonds de vallons. Leur proximité avec les indices d'habitat répertoriés (entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres) permet tout au plus, faute de données archéologiques suffisamment précises (notamment en matière de chronologie de l'occupation), de poser la question d'une éventuelle relation. Même si elle n'a encore jamais été formellement démontrée en Gaule, l'intégration de la production primaire du fer aux productions domaniales est tout à fait plausible. Mais d'autres statuts juridiques existent, à commencer par le contrôle direct par la cité, comme cela est proposé pour certaines régions productrices de Gaule (Leroy, 2001).

Les ateliers de travail du fer dans l'espace urbain et dans les petites agglomérations

Dans la région étudiée, le nombre d'agglomérations urbaines reconnues sur les plans historique et archéologique reste peu élevé. Outre les deux capitales de cité, Metz/*Divodurum* pour les Médiomatrices et Toul/*Tullum* pour les Leuques, toutes deux localisées dans la vallée de la Moselle, seules peuvent être assurément mentionnées les bourgades de Dieulouard/*Scarponna* et d'Hettange-Grande/*Caranusca*. Des groupements d'habitats liés à des installations potières sont supposés à Florange-Daspich, à Yutz, dans la vallée de la Moselle, ainsi qu'à « la Madeleine » à Laneuveville-devant-Nancy dans la vallée de la Meurthe. D'autres lieux sont plus hypothétiques comme Audun-le-Tiche et Cutry (en territoire trévire), Corny et Saint-Ruffine dans la vallée de la Moselle ou Nomeny dans la vallée de la Seille (Petit, 2004). Alors que des ateliers métallurgiques sont clairement attestés dans la capitale des Médiomatrices (*infra*), celle des Leuques n'a livré aucun vestige pour le moment. Dans les autres niveaux d'agglomérations, des déchets d'activité de travail du fer sont reconnus à Scarponne, Florange et Hettange-Grande, ainsi qu'à Nomeny. À Audun-le-Tiche, les mentions sont plus anciennes et non vérifiées. Au total, une capitale de cité sur deux et quatre agglomérations intermédiaires sur huit à dix ont livré des déchets de métallurgie du fer.

Metz/Divodurum: des types d'activités diversifiés

Plusieurs secteurs d'ateliers de travail du fer sont attestés au sein de l'espace occupé par la ville antique de Metz au cours de la période gallo-romaine (fig. 53). Les plus anciens remontent aux premières phases du développement urbain et sont installés dans des secteurs périphériques au noyau urbanisé principal: au sud, l'actuelle place du Général de Gaulle, au niveau du parvis de la gare ferroviaire, à la fin du 1^{er} siècle av. J.-C.²; au nord, dans l'actuel quartier du Pontiffroy, dans la seconde moitié du 1^{er} siècle apr. J.-C. (Waton, 1986). Correspondant soit à des fouilles de sauvetage urgent menées précipitamment aux débuts des années 1980 (« Pontiffroy »), soit à des horizons fortement perturbés par des occupations postérieures (« Place du Général de Gaulle »), ces secteurs n'ont pas livré de vestige de structure d'atelier.

C'est en revanche le cas des deux phases successives de l'atelier mis au jour sous l'ancienne rue de la Citadelle (« Arsenal Ney »), dans un secteur sud-ouest de la ville, datées de la seconde moitié du 3^e siècle (Leroy, 1990). Ces ateliers sont implantés dans un espace urbanisé au 1^{er} siècle et qui est encore inclus à l'intérieur de l'enceinte du Bas-Empire, dont la date de construction est incertaine. À la fin de l'Antiquité (5^e siècle), des activités métallurgiques ont lieu au sein d'un secteur à vocation artisanale en bordure de l'amphithéâtre, dans un quartier périphérique au sud de la ville³. Par ailleurs, la présence récurrente de résidus métallurgiques – en particulier des scories en forme de culots (mais aussi des scories informes, des chutes de fer et des parois de foyers) –, dans plusieurs secteurs de la ville, à l'intérieur de couches de remblai ou de construction datées entre le 1^{er} et le 5^e siècle, suggère l'existence d'autres zones d'activité, encore non localisées (« Îlot Turmel » et « Chambre des métiers », par exemple). Au « Pontiffroy » et « Place du Général de Gaulle », les scories en forme de culot résultent d'opérations de forgeage du fer, au sens strict du terme dans la mesure où aucun critère pétrographique et chimique ne permet de classer les échantillons étudiés dans la catégorie des scories issues des phases d'épuration (notamment absence d'héritage chimique du minerai et faible présence de métal), et seules des chutes de fer provenant de travaux de mise en forme par forgeage ont été recueillies (fig. 54). Le métal utilisé correspond au moins pour partie à de petites barres de section quadrangulaire, bien épurées, dont nous sont parvenues les extrémités chutées. Des activités de métallurgie des alliages cuivreux semblent pratiquées concomitamment, mais il peut aussi s'agir de l'utilisation d'alliages à base cuivre par les forgerons eux-mêmes dans le cadre de travaux de brasure ou d'assemblage d'éléments de décoration. Malheureusement, la nature de ces productions nous est inconnue (Bienfait, 2002).

Au 3^e siècle, dans les ateliers de « l'Arsenal Ney », des travaux de compactage de fer brut ou semi-brut, dont proviennent la majorité des déchets métallurgiques recueillis, sont réalisés parallèlement à des travaux d'élaboration de produits finis (fig. 54; Leroy, 1990; Bienfait, 2002). La forme et les nombreuses cavités

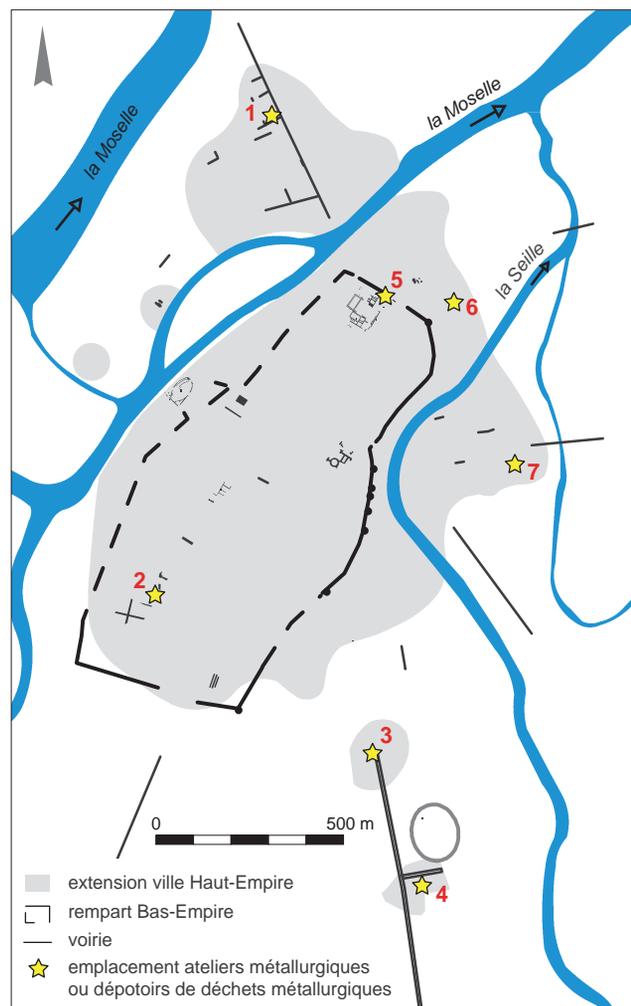


Fig. 53 : Localisation des ateliers de métallurgie du fer dans la ville antique de Metz-Divodurum: 1. « Pontiffroy »/ Hôtel de Police, 2. « Arsenal Ney »/rue de la Citadelle, 3. Place du Général de Gaulle, 4. « ZAC de l'Amphithéâtre », 5. Rue Vieille Boucherie Saint-Georges, 6. Ancienne Chambre des métiers, 7. « Îlot Turmel ». © plan de Metz antique, F. Gama, Inrap 2013.

2. Responsable d'opération: L. Gébus, Afan, 1994.

3. Les opérations menées entre 2006 et 2008 sous la direction de Franck Gama (Inrap) ont mis au jour des quantités importantes de déchets de travail du fer (plus d'1,5 tonne : scories en culot, scories diverses, chutes et débris métallurgiques, parois de foyers). Leur étude reste à faire.

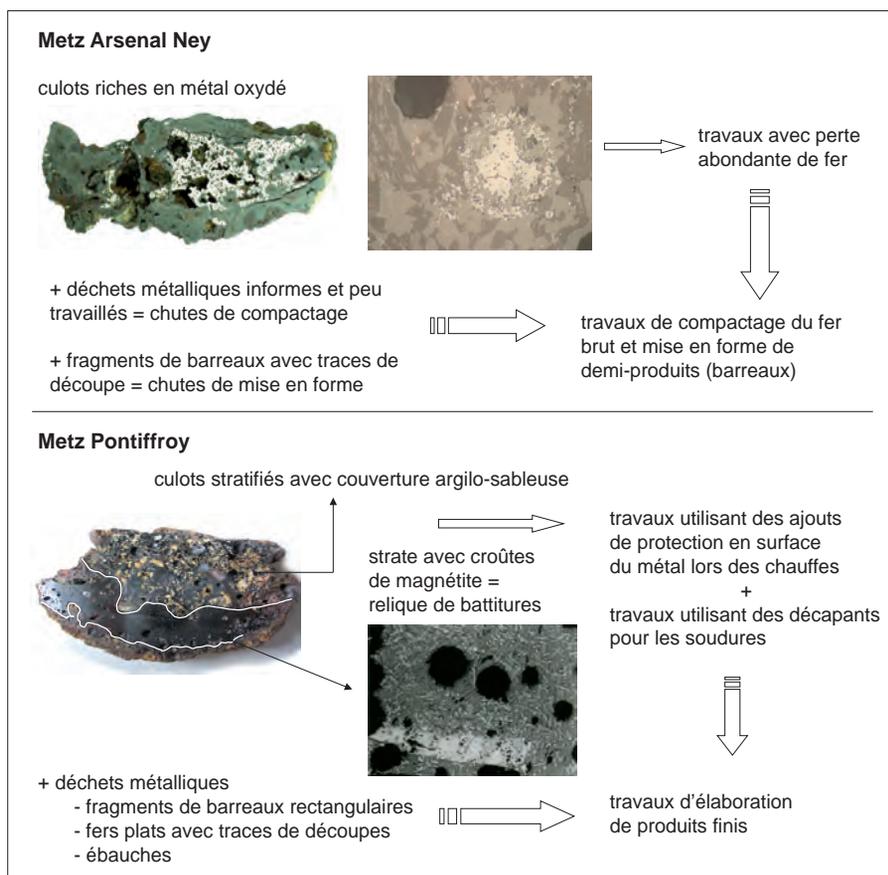


Fig. 54: Les deux principales associations de déchets de travail du fer dans les ateliers de « Pontiffroy » et de l'« Arsenal Ney » et leur signification quant aux types d'activités présentes. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

et inclusions de scories et de charbons de bois que contient le bloc d'acier découvert indiquent qu'il s'agit d'un morceau de masse métallique peu élaborée, non encore compactée, nécessitant un traitement d'épuration. Ce bloc représenterait ainsi une relique d'un type de matière première, relativement brute, servant à la mise en forme de demi-produits épurés peut-être sous l'aspect de petits barreaux, dont le façonnage a pu produire les chutes de compactage informes retrouvées. Ces barreaux ont servi ensuite pour le façonnage de produits finis dont les reliques de travail sont des soies de préhension, également identifiées. Mais de ces produits finis nous n'avons aucune trace. On peut donc restituer, dans l'atelier même, une chaîne opératoire partant d'une matière encore relativement brute, transformée en demi-produits bien épurés et compactés, à partir desquels sont élaborés des produits finis. La matière brute n'est quant à elle pas produite sur place, puisque n'existe aucun déchet de production primaire. Les lieux d'approvisionnement pourraient correspondre aux zones d'ateliers potentiels identifiés à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest, dans le sud du Pays-Haut.

Des travaux de finition, peut-être aussi de réparation, ont été mis en évidence par la présence de traces de sels de cuivre dans certaines scories de fer, ainsi que par des morceaux de petits creusets en terre cuite contenant des résidus d'oxydes de cuivre: de petites quantités de métal en alliage cuivreux sont très probablement utilisées dans des opérations de brasure, c'est-à-dire de soudure par assemblage de différentes parties composant un objet. Elles peuvent aussi être utilisées dans des travaux de décoration des produits manufacturés.

Les deux phases de l'atelier de « l'Arsenal Ney » ont livré des vestiges dont l'état de conservation permet une lecture encore satisfaisante (fig. 55 et 56). La première est caractérisée par la présence d'au moins 26 foyers excavés étroits et allongés (0,80 à 2,60 m de longueur, pour 0,35 à 0,40 m de largeur, et 0,10 à 0,15 m de profondeur), organisés en deux ensembles perpendiculaires, à l'intérieur desquels de nombreux recoupements traduisent plusieurs phases d'aménagement. Ces foyers n'ont pas tous fonctionné concomitamment. Ils sont creusés dans un sédiment limono-sableux et leur forme est assez peu régulière, se terminant par des extrémités aux angles arrondis. Les parois sont subverticales et les fonds relativement plats. La rubéfaction rouge vif des parois ne se développe pas de façon homogène. Le remplissage est constitué de cendres de charbon de bois et de lentilles de sable rubéfié. Des fragments de tuiles plates dans la partie supérieure du remplissage pourraient indiquer la présence d'un petit muret latéral. Deux foyers circulaires (0,25 m de diamètre), fortement rubéfiés (centre gris sombre et auréoles orangée et rouge), leur sont associés, ainsi qu'une fosse dépotoir. La seconde phase est caractérisée par un soubassement de foyer construit en *tegulae* et argile, fortement arasé, associé à une pierre cubique, située dans un environnement riche en battitures et qui pourrait être interprétée comme un soubassement d'enclume. D'autres fosses, dont une contenant des petits rondins de bois carbonisés, ainsi qu'un caniveau, complètent l'équipement de l'atelier. Cette deuxième phase a livré 14,7 kg de déchets sidérurgiques, dont au moins 5,5 kg de culots de forge entiers ou fragmentés, ainsi qu'environ 3 kg de fragments magnétiques et métalliques et d'encroûtements de battitures. L'association entre les foyers circulaires et la série de foyers allongés qui caractérisent la phase 1 paraît correspondre à un travail spécifique. Les mêmes structures ont été observées sur le site d'une petite agglomération routière sur la route Bavay-Cologne à Baudécet en Belgique (Matthieu *et al.*, 1994)⁴. Manifestement, la nette différence d'impact thermique enregistrée par les deux types de structures (allongées et circulaires) est relative à des travaux de nature différente,

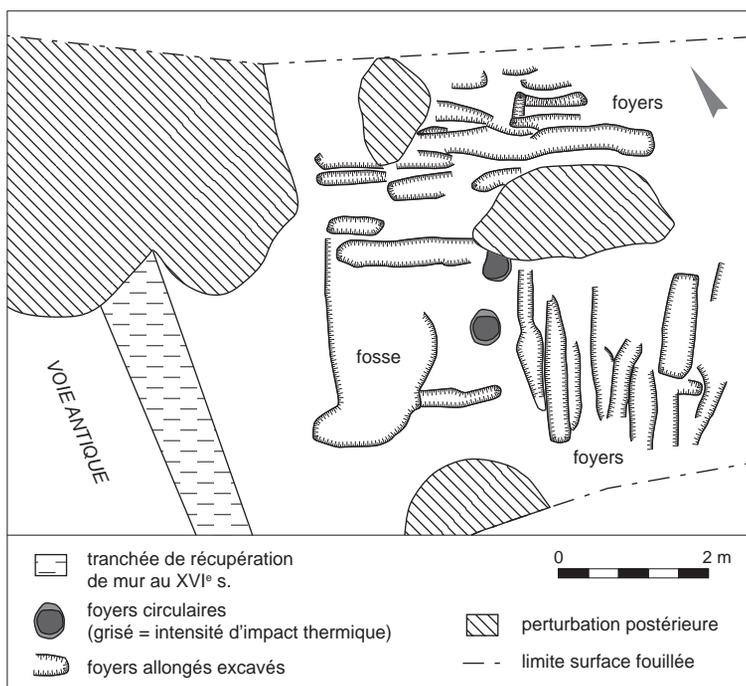
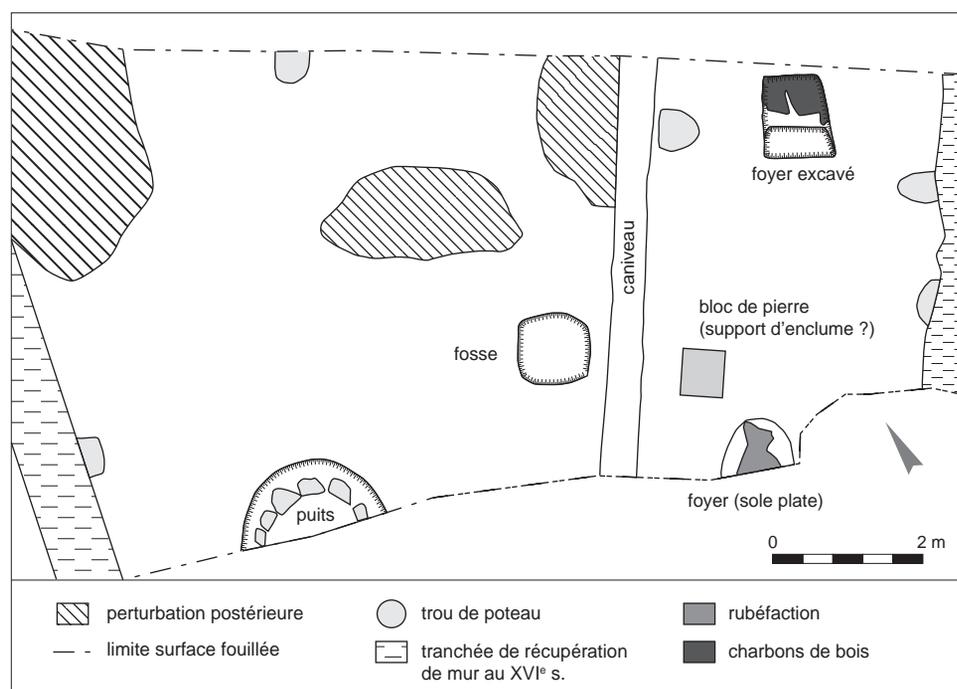


Fig. 55 : Phase 1 de l'atelier métallurgique de l'« Arsenal Ney » (seconde moitié III^e s.) : structures de combustion allongées et circulaires.
© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
4. Une trentaine de foyers étroits et allongés similaires et une dizaine de foyers subcirculaires, avec de nombreuses scories en calottes (III^e siècle apr. J.-C.).



mais probablement associés. À la « Cité Judiciaire » à Bordeaux, 40 foyers identiques, disposés par groupes de deux ou trois, sont répartis à l'intérieur des cinq phases d'un atelier du 1^{er} siècle apr. J.-C. Certains, assez fortement rubéfiés, sont interprétés comme des foyers de chauffe; d'autres, contenant des résidus organiques partiellement consommés (tourbe, poudre d'os, lignite), pourraient être des fosses à cémenter⁵. Sur ce dernier site, une production de bandage de roue est supposée.

De modestes activités de forgeage dans les petites agglomérations ?

Si l'on s'arrête aux ouvrages de synthèses sur la Lorraine antique (par exemple Burnand, 1990) ou sur les agglomérations dites secondaires (Petit et Mangin, 1994; Massy, 1997a), on y verra développé un tableau dans lequel les petites agglomérations abritent des chaînes opératoires complètes, depuis la transformation du minerai en fer métallique jusqu'à l'élaboration de produits finis. Cette vision des choses était tirée directement des interprétations faites au moment des fouilles et se nourrissait aussi de la croyance longtemps ancrée chez les archéologues que toutes les scories relevaient de la « fusion » du minerai, oubliant que toute la chaîne opératoire produisait des déchets. Le réexamen, à l'aune de nos connaissances et des méthodes d'études actuelles, des données et du matériel collectés dément le plus souvent ces affirmations. La présentation des sites d'Hettange-Grande et de « Daspich-Ebange » à Florange illustre la différence d'échelle constatée dans l'importance des activités sidérurgiques entre les affirmations tirées des fouilles anciennes et les constatations basées sur les études archéométriques. L'analyse du statut et des fonctions de ce type d'habitat en est considérablement modifiée. D'une implantation à fonction de production massive, on en revient à un modèle plus classique d'ateliers de forgeage, où parfois même l'activité de travail du fer n'est peut-être que marginale.

Fig. 56: Phase 2 de l'atelier métallurgique de l'« Arsenal Ney » (seconde moitié III^e s.): foyer construit, foyer excavé, support en pierre, fosses et trous de poteaux. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
5. La cémentation est la carburation superficielle du fer pour conférer aux surfaces, notamment aux tranchants, les propriétés de l'acier.

« Auf Kehm / Gehren » à Hettange-Grande

L'agglomération gallo-romaine, implantée le long de la voie Metz-Trèves, se situe à quelques dizaines de kilomètres au nord de Metz, à l'emplacement supposé de la frontière entre les cités des Médiomatriques et des Trévires (fig. 51). Elle correspond peut-être au site de *Caranusca* mentionné sur un itinéraire antique. Des témoins d'activité sidérurgique ont été mis en évidence dans un quartier considéré comme étant à vocation artisanale, exploré au cours de fouilles de sauvetage (1986-1990), dans les secteurs appelés « Gehren » et « Auf Kehm », situés en vis-à-vis, de part et d'autre de la voie qui structure l'agglomération (fig. 57; Stachowski, 1997). Ce quartier, occupé du 1^{er} au 5^e siècle apr. J.-C., a livré les vestiges de plusieurs ensembles d'habitations contigus, composés en apparence d'une partie habitat chauffé par hypocauste, d'une cour centrale et d'une cave, alignés perpendiculairement le long de la voie et bordés d'un portique précédé d'un caniveau. Une vingtaine de foyers, dont la fonction est inconnue, ont été dégagés dans la cour des habitations au lieu-dit « Gehren » et pour d'autres au voisinage de deux caves (n° 3 et 4) au lieu-dit « Auf Kehm » : ils ont été considérés comme des restes d'installations artisanales en raison de la présence de vestiges mobiliers attestant ou suggérant diverses activités (tabletterie, cordonnerie, tissage, boucherie, boulangerie et métallurgie du bronze).

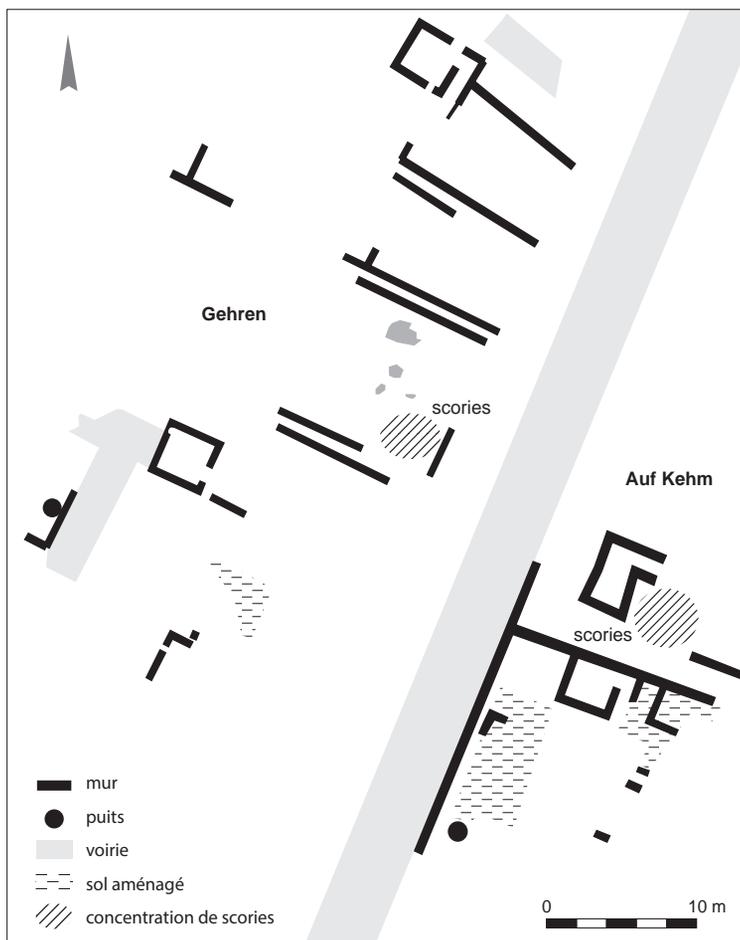


Fig. 57 : Plan des vestiges de « Gehren » et « Auf Kehm » à Hettange-Grande, où ont été découverts des déchets de travail du fer (scories et fragments métalliques). © M. Leroy d'après Stachowski, 1997.

L'activité sidérurgique est attestée par des concentrations de scories et d'objets en fer, mises en évidence sur le côté est de la voie (« Auf Kehm » : une cinquantaine de kilogrammes de scories sont mentionnés), et par des résidus métallurgiques (scories et fragments de fer) en moindre quantité sur le côté opposé (« Gehren »). Ces vestiges ont été mis en évidence dans des couches datées de la fin du III^e au milieu du IV^e siècle apr. J.-C. Seuls 5 kg de ces déchets sont conservés au musée municipal de Thionville. Leur étude met exclusivement en évidence une activité de travail du fer dans la mesure où tous les déchets scorifiés correspondent à des rebuts de post-réduction (scories en culot, scories argilo-sableuses) et où la plupart des déchets métalliques évoquent des chutes ou des rebuts du travail du fer (Bienfait, 2002). Aucun indice ne permet de démontrer la pratique de la réduction du minerai (absence de scories écoulées et de morceaux de minerai), alors que cette séquence de la chaîne opératoire avait initialement été évoquée. Plusieurs déchets se rattachent à l'élaboration du métal (chutes-barres ou chutes-bandes, chutes-tiges, chutes-tôles provenant du façonnage du métal). D'autres indices métallographiques révèlent un travail de recyclage de fragments d'objets mis au rebut (bloc de fer constitué de plusieurs petites masses agglomérées et fond d'amphore rempli de fragments d'objets cassés : fig. 58).

La plupart des scories et produits associés se trouvaient dans les couches de remblai de comblement de deux caves, situées à « Auf Kehm », ce qui indique que le matériel métallurgique n'est probablement pas en position primaire dans des rejets d'atelier, mais a sans doute été déplacé pour servir de matériau tout-venant dans des opérations de réaménagement urbain. Toutefois, d'autres déchets ont été trouvés au voisinage des caves n° 3 et n° 4, sur un niveau de sol, près de vestiges de foyers. Ceci pourrait suggérer la présence, à cet endroit ou à proximité, d'un ou plusieurs ateliers, installés aux alentours des caves où ont été évacués les résidus, et donc probablement aménagés dans la cour des habitats du quartier. Le type de vestiges découverts (constructions avec plusieurs pièces associées à une cour) s'apparenterait ainsi à celui mis en évidence dans l'agglomération de Bliesbruck, ou dans celles d'Alésia ou d'Entrains (Petit et Mangin, 1994). L'état de la documentation à Hettange-Grande limite l'interprétation des données ; si des foyers et des scories sont signalées sur un sol en place, on ne trouve aucune description précise ni de leur contexte de découverte, ni des structures archéologiques associées. Notamment, aucune caractéristique particulière (par exemple, couches de cendres et de battitures) n'est mentionnée.

La nature des résidus métallurgiques indique qu'une activité mixte (travail du fer et du bronze) pouvait se pratiquer dans le même atelier ou à proximité puisque des résidus de bronze ont été trouvés mêlés aux scories de fer. Elle suggère aussi que les activités de forgeage étaient probablement réalisées à partir de demi-produits de fer provenant de l'extérieur de l'agglomération et que des vieux fers (objets cassés) étaient récupérés et stockés en vue d'un recyclage, pour refabriquer des masses de fer brut.



Fig. 58 : Fond d'amphore rempli d'objets cassés en fer destinés au recyclage, découvert lors des fouilles des années 1980 au lieu-dit « Gehren ». On observe des petits clous, usagés ou ébauchés, agglomérés entre eux par l'oxydation, quelques clous usagés de plus grande taille, une petite barre de fer et des fragments d'objets en bronze. Ces éléments sont des fragments d'objets probablement stockés en attente de leur recyclage. © conservation musée de la Tour aux Puces, Thionville; coupe et cliché P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

« *Daspich-Ebange* » à *Florange*

La nature de l'occupation antique à l'emplacement des actuels quartiers de Daspich et d'Ébange à Florange a été révélée par plusieurs interventions archéologiques au début et à la fin des années 1960⁶ et au milieu des années 1980⁷. Localisée le long de la voie romaine de Metz à Trèves par la rive gauche de la Moselle – que reprendrait le tracé de l'actuelle route reliant Uckange à Terville –, l'occupation est surtout caractérisée par la présence d'ateliers de potiers produisant au cours des I^{er} et II^e siècles (Legendre, 1994, 1997). L'activité métallurgique, essentiellement la production du fer, a aussi paru bien développée au regard des découvertes des années 1960. On a donc pu écrire qu'il s'agissait d'une agglomération à vocation artisanale, principalement potière et sidérurgique, sans hésiter parfois à parler d'« important *vicus* industriel » (Burnand, 1990, p. 41 et 108). La production du fer est alors considérée comme relevant du stade de la réduction du minerai et de la transformation des produits bruts. Du reste, la découverte plus ancienne d'un petit bas-relief en calcaire, pouvant représenter Vulcain avec des outils de forgeron (marteau et pince) dans les mains, accréditait l'idée d'une population d'artisans forgerons⁸. Un réexamen des scories et autres déchets sidérurgiques, heureusement conservés au dépôt municipal de Thionville, a permis de réinterpréter ces données (Leroy *et al.*, 2004). Ainsi, se dégage une image de l'activité métallurgique non seulement plus précise et mieux documentée, mais aussi assez différente de celle issue des fouilles des années 1960.

Des forgerons sont bien présents, au moins à certains moments, au cours des quatre ou cinq siècles d'existence du site. En témoignent les quelques résidus d'activités de forge découverts dans la partie centrale, au cœur de la zone de production potière, datés pour une partie d'entre eux du II^e siècle (fouilles J.-J. Hatt 1962), pour une autre part du IV^e siècle (fouilles Legendre 1984)⁹. Peut-être aussi ont-ils fréquenté la partie nord en bordure de la Fensch, si on veut bien relier les affirmations de J.-J. Hatt avec l'unique fragment de scorie en culot conservé. Il s'agit bien là, si l'on tient compte avant tout des arguments décisifs apportés par l'étude archéométrique, exclusivement de déchets d'activité de forgeage. En revanche, nos travaux apportent un démenti catégorique à l'existence de « petites unités sidérurgiques de transformation du minerai » dont la production serait tournée vers « la vente à l'extérieur » (Burnand, 1990, p. 108). La totalité des scories coulées massives et des laitiers vitreux, découverts lors des fouilles de 1968, ne se rapportent pas à l'Antiquité, mais à des périodes plus récentes¹⁰. Aucune découverte de scories de bas fourneau n'est donc à signaler. Quant au prétendu fourneau en cuve mis au jour, inséré dans un massif de pierres, ce n'en est pas un.

Ainsi, même si une incertitude persiste sur la quantité d'artefacts découverts (et la représentativité des éléments conservés) et bien que nous ne disposions pas d'information sur ceux qui étaient inclus dans les remblais constituant les assises de la chaussée romaine (fouilles de 1962), il en ressort surtout l'image d'une activité modeste et peut-être très limitée dans le temps. La localisation des vestiges en bordure de la voie pourrait faire penser que le ou les ateliers correspondant sont en relation avec l'activité routière. Mais d'autres hypothèses sont envisageables. Les scories datées du I^{er} ou du II^e siècle sont peut-être à associer aux ateliers de potiers voisins : on peut ainsi imaginer une ou plusieurs petites forges dont l'activité est centrée sur la préparation et la réparation d'outils en fer nécessaires à la production céramique. Ces deux types d'orientation ne sont, du reste, pas nécessairement exclusifs. Au IV^e siècle, en l'absence de production potière attestée, l'activité de forge peut être limitée à la sphère domestique ou agricole, ou liée au trafic routier.

.....
6. Fouilles menées sous les directions de J.-J. Hatt de 1960 à 1962 et de G. Stiller en 1967 et 1968.

7. Fouilles menées sous la direction de J.-P. Legendre en 1984.

8. Référence Espérandieu 4433. Y. Burnand (1990, p. 6) parle d'une stèle de forgeron, mais J.-M. Demarolle penche pour une figuration de Vulcain, avec une incertitude quant à la destination funéraire ou votive du monument (Demarolle, 2001, p. 36).

9. La fouille de 1984 a touché un vaste secteur situé dans le prolongement de la zone étudiée en 1962. Outre le complexe potier, elle a mis au jour deux fosses dépotoirs pouvant être rattachées à une occupation mal définie du IV^e siècle contenant chacune quelques centaines de grammes de scories fragmentées de petites dimensions (Legendre, 1997).

10. Scories denses riches en dendrites de magnétite et laitiers vitreux avec inclusions de charbon de terre, tessons de céramiques vernissées réutilisés dans des remblaiements probablement récents.

Deux ateliers de l'Antiquité tardive à Cutry

Le village actuel de Cutry, situé à 3 km au sud de Longwy, sur le revers du plateau des Côtes de Moselle (fig. 51), est supposé construit à l'emplacement d'une agglomération antique. De cette dernière, seuls sont reconnus les emplacements de deux vastes nécropoles situées aux extrémités orientale et occidentale, ainsi qu'un tronçon de voie qui traverse cette dernière (Massy, 1997b). Ces nécropoles, qui ont été en partie fouillées, abritaient plusieurs centaines de sépultures et des monuments funéraires ou cultuels. Leur chronologie couvre toute la période gallo-romaine du I^{er} au IV^e siècle. Leur utilisation perdure au cours de la période mérovingienne avec près de 300 sépultures des V^e, VI^e et VII^e siècles (Liéger, 1997; Legoux, 2005).

L'opération archéologique la plus récente, au lieu-dit « la Hache »¹¹, correspond à l'extrémité occidentale de l'agglomération. Le site s'organise autour d'une voie qui le traverse d'est en ouest. Dans la partie basse du terrain (à l'ouest), la chaussée empierrée est bordée de chaque côté par une piste cavalière ensablée. Dans la partie haute du site (à l'est), la voie, aménagée en chemin creux dans le but d'adoucir la pente naturelle du terrain, est encadrée par des vestiges de monuments funéraires. Les différentes coupes pratiquées en travers de la chaussée ont permis de détecter l'existence de systèmes de drainage et d'adduction d'eau de source. La partie basse du terrain (à l'ouest) est occupée par deux bâtiments antiques construits sur fondation de pierre et comportant chacun une cave (fig. 59). Ces bâtiments rectangulaires sont implantés de part et d'autre de la voie selon un schéma d'urbanisme très lâche; ils semblent occupés au II^e ou III^e siècle. Au cours de l'Antiquité tardive (IV^e-début du V^e siècle), l'emplacement du bâtiment 1 (au nord de la voie) abrite un atelier de forge, alors qu'un autre atelier de forge est installé du côté sud de la voie à l'ouest du bâtiment 2. Les deux foyers qui constituent le cœur de chacun des deux ateliers sont remarquablement conservés. Ils sont entourés d'autres structures rubéfiées ou excavées moins bien définies et d'importantes zones dépotoirs. Si plus de 100 kg de déchets métallurgiques ont été collectés lors de la fouille, ils constituent très certainement moins du dixième de la masse de déchets effectivement présente.

Les structures archéologiques

Le bâtiment 1, implanté dans l'angle nord-ouest du site, est une construction sur solins maçonnés, de plan rectangulaire, qui mesure 10,40 m de longueur par 8,80 m de largeur. L'entrée s'effectue du côté de la voirie, dans l'angle sud-ouest du bâtiment. Le quart sud-ouest de la pièce est occupé par une cave, comblée dans le dernier état d'occupation. Un ensemble de structures construites ou excavées, associées à des déchets d'activité métallurgique, est regroupé dans la moitié nord de l'espace intérieur. Elles paraissent correspondre au dernier état d'occupation du bâtiment, alors que la cave est déjà abandonnée et comblée, entre la fin du III^e et le début du V^e siècle. Cet ensemble comprend un foyer aménagé, ainsi que plusieurs aires rubéfiées et des structures excavées (fosses et trous de poteaux, fig. 59). Outre la couche archéologique associée à ces structures à l'intérieur du bâtiment, un épais niveau d'épandage de déchets de travail borde les côtés nord et est du bâtiment. D'autres zones de rejets sont disséminées au-delà de la façade ouest; l'extension de l'une d'elles recouvre la piste cavalière latérale de la voie de circulation. Compte-tenu des types de déchets découverts, cet ensemble de structures compose un atelier de forge du fer.

.....
11. Responsable d'opération: K. Boulanger, Inrap, 2005.

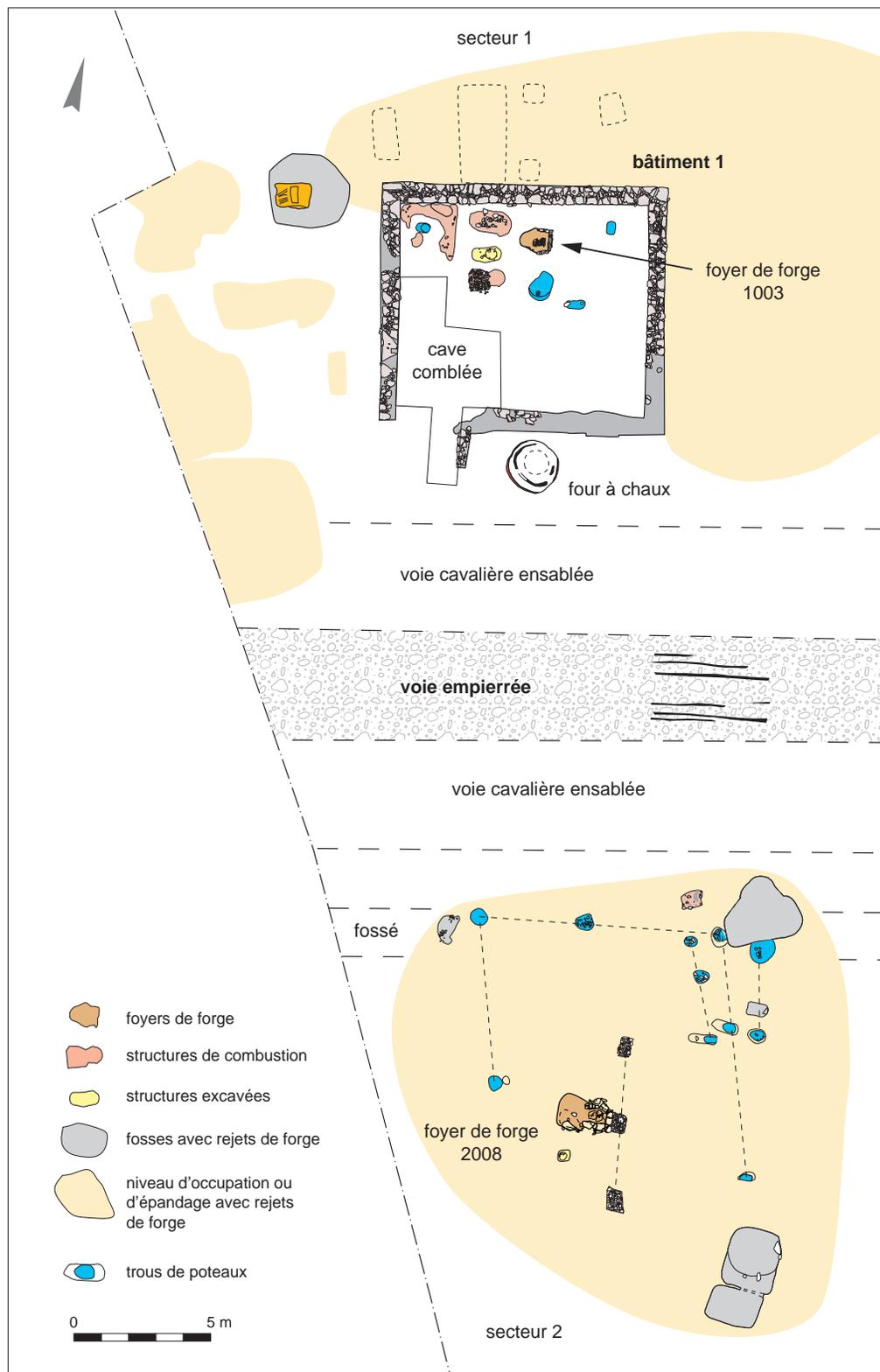


Fig. 59 : Plan des vestiges des ateliers de forge dans la partie occidentale de l'espace fouillé de « la Hache » à Cutry, de part et d'autre de la voie antique conduisant au centre de l'agglomération.
© K. Boulanger, Inrap.



Fig. 60 : Foyer de forge de l'atelier 1 de « la Hache ».
Vue face à l'est. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.



Fig. 61 : Foyer de forge de l'atelier 2 de « la Hache ».
Vue vers le sud. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Le foyer (ST 1003) est aménagé au niveau du sol de circulation, à 1 m du mur septentrional et à peu près à mi-distance des limites est et ouest de la pièce. Il mesure au moins 1,20 m de longueur pour 0,95 m de largeur (fig. 60). L'emplacement de la surface de chauffe est matérialisé par la rubéfaction et l'induration thermique du sédiment limono-argileux en place qui lui sert de sole, formant des auréoles de cuisson concentriques, d'intensité décroissante. La moitié est de cette surface est fermée par une bordure de pierres calcaires conservée sur une assise, formant un quadrilatère non fermé: le foyer paraît donc ouvert du côté ouest. Le centre de l'espace encadré par cette bordure est occupé par une *tegula* posée à l'envers sur le sol et retrouvée très fragmentée, mais dont les morceaux étaient en connexion. Deux aires légèrement excavées et marquées au sol par la rubéfaction sont positionnées à l'avant et de part et d'autre du foyer. L'une paraît être un foyer construit sur radier de pierres. Entre ces deux structures, une fosse oblongue pourrait correspondre au trou d'implantation de l'enclume. Tout l'angle nord-ouest du bâtiment est marqué par une aire rubéfiée au centre de laquelle figure un trou de poteau. À l'arrière du foyer 1003, trois structures ont été interprétées comme des trous de poteau, mais leur fonction n'est pas encore clairement définie.

Sur le côté sud de la voie, à environ 10 m du bord de la piste cavalière latérale, a été mis au jour un autre atelier, situé au centre de l'aire d'extension d'un niveau archéologique riche en rejets métallurgiques (fig. 59 et 61). Le foyer de forge (ST 2008: 2 m de longueur par 1,25 m de largeur et 0,25 m de hauteur conservée) s'installe dans une légère excavation du sol, profonde de 0,15 m environ. La sole, constituée de pierres calcaires plates fortement brûlées, est protégée à l'est, au nord et au sud par un muret en pierre sèche en forme de U, conservé sur une à deux assises maximum; l'ouverture du foyer paraît située du côté ouest. Le comblement de la structure est constitué d'un limon brun riche en tessons de céramique, faune, scories, fragments de paroi en terre cuite scorifiée et objets en fer. Une concentration de scories et de fragments de paroi scorifiée était amoncelée en limite sud du comblement. Ces types de déchets caractérisent des activités de forgeage du fer. À moins de 1 m au sud du foyer 2008 a été

mise au jour une structure excavée (0,45 m de diamètre et 0,20 m de profondeur) dont le comblement comporte des pierres de calage. Située à main droite du foyer, elle pourrait correspondre au trou d'implantation et de calage d'une enclume. Le foyer semble également associé à un alignement de trois fosses remplies de pierres interprétées comme le soubassement de pilier. La fosse centrale est adossée à la paroi orientale du foyer (bordure arrière). Les deux autres structures se répartissent symétriquement de part et d'autre, à 2 m de distance. Ces trois structures pourraient correspondre au soubassement d'un appentis en matériaux légers protégeant le foyer de forge des intempéries.

Dans un rayon de 10 m autour du foyer, le niveau de sol est jonché de scories. Ce secteur est également marqué par la présence de deux grandes fosses comblées par des rejets de forge, deux petites fosses de même nature et un petit foyer, situé très à l'écart du foyer 2008 (à 8 m au nord). Les onze trous de poteaux mis au jour dans ce secteur, dont six paraissent former trois alignements dessinant un U encadrant partiellement au nord, à l'est et à l'ouest le foyer 2008, pourraient appartenir à une construction en structure légère surmontant l'atelier de forge. Les structures situées le plus au nord sont implantées dans le comblement du fossé de la voirie ; il semble donc que l'atelier du secteur 2 ait été en activité dans l'une des dernières phases d'utilisation de la voie antique.

Produits finis et recyclages

Tous les déchets de production collectés sur l'espace fouillé en 2005 se rapportent à la métallurgie du fer. Les catégories typomorphologiques représentées au sein des déchets, qu'ils soient scorifiés ou métalliques, correspondent exclusivement à des rebuts de forgeage du fer et d'élaboration de produits manufacturés (tabl. 12 et 13). Au vu du panel des catégories de déchets, les activités, probablement assez variées, semblent concerner principalement des travaux de forgeage par déformation à chaud, ainsi que de mise en forme par découpe et martelage, correspondant à l'élaboration de produits finis. Il n'y a pas de signe d'une activité quantitativement importante d'épuration et de compactage de masses de fer brutes ou semi-brutes. Mais l'étude métallurgique révèle qu'une partie de la matière première servant à ces travaux d'élaboration provient du recyclage de morceaux de fers usagés (*infra*).

Les deux tiers des scories en culot et la plupart des scories informes (85 % des restes) correspondent à des travaux pendant lesquels les pertes en fer ne proviennent que des oxydes formés en surface du métal, travaux qui utilisent abondamment des ajouts de protection pour en limiter la formation ou des « décapants » pour éliminer la pellicule d'oxydes. Ils sont donc effectués sur du métal forgeable, déjà épuré et compacté. Il s'agit probablement de travaux de mise en forme par déformation plastique et d'assemblage par soudures.

Les chutes métalliques, quant à elles, révèlent que les pièces de métal travaillées – et par conséquent les produits finis élaborés – sont en grande majorité de petites dimensions, de quelques dizaines de millimètres carrés de section, ne nécessitant pas de grosses quantités de matière (fig. 62). Cette constatation va de pair avec le fait que les scories en culot sont de dimensions relativement modestes (les trois quarts mesurent moins de 80 x 80 mm et plus de la moitié pèsent moins de 150 g). La fabrication de clous est avérée. Les différentes étapes de leur mise en forme peuvent être restituées. L'étape 1 correspond à la mise à dimension d'une barre ou d'une tige ; l'étape 2, au façonnage en pointe d'une extrémité pour former le corps du clou ; l'étape 3 à la coupe de cette extrémité avec une réserve de matière ; l'étape 4 à la réserve de matière à partir de laquelle

Tabl. 12 : Quantification des déchets métallurgiques de « la Hache » (post-réduction). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Cutry « la Hache »	Scories en culot (entier)	Scories en culot (fragments)	Scories denses informes	Scories ferreuses rouillées	Scories en coulures	Scories argilo-sableuses	Scories avec charbons	Chutes fer	Parois de foyer
Nombre 4 908	209	132	1 024	187	50	2 140	5	376	785
% nombre	4,25 %	2,7 %	20,8 %	3,8 %	1 %	43,6 %	0,1 %	7,7 %	16 %
Poids 96 110 g	38 934 g	11 531 g	15 401 g	2 378 g	800 g	16 291 g	161 g	2 534 g	8 080 g
% poids	40,5 %	12 %	16 %	2,47 %	0,83 %	16,95 %	0,17 %	2,6 %	8,4 %

Tabl. 13 : Inventaire en nombre de restes et en poids des différentes catégories de chutes métalliques de forge identifiées à « la Hache ». © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Cutry « la Hache » chutes métalliques de forge		Forge 1 et Bat. 1		Forge 2		Autres secteurs		Total	
		NMI	poids	NMI	poids	NMI	poids	NMI	poids
Débris	Éclats	6	37,2 g	2	5,9 g	5	40,1 g	13 3,4%	83,2 g 3,3%
	Informes	27	430,3 g	31	258,1 g	9	103 g	67 18%	791,4 g 31,1%
Chutes de travail	Tiges	36	79,4 g	38	68 g	25	44,5 g	99 26%	191,9 g 7,5%
	Barres	30	317,3 g	15	87,9 g	12	148,7 g	57 15,4%	553,9 g 22,3%
	Tôles	22	69,9 g	21	104,2 g	13	63,2 g	56 15%	237,3 g 9,3%
	Tôles épaisses	5	61,5 g	0	0	0	0	5 1%	61,5 g 2,4%
	Bandes	5	19,2 g	3	7,5 g	3	19,3 g	11 3%	46 g 1,8%
	Pastilles	1	0,8 g	2	3,6 g	4	6,9 g	7 2%	11,3 g 0,4%
Recyclage	Morceaux d'objets	10	73,5 g	4	9,1 g	4	8,8 g	18 5%	91,4 g 3,6%
	Agglomérations à chaud	12	185,3 g	14	123,2 g	5	84 g	31 8%	392,5 g 15,4%
Ratés/ébauches	Ébauches	4	18,1 g	1	1,5 g	7	54,5 g	12 3,2%	74,1 g 2,9%
	Total	158	1292,5 g	131	669 g	87	573 g	376	2534,5 g

sera formée la tête du clou. Les nombreux segments de tiges et de barres dont la section est inférieure à 100 mm² peuvent correspondre au produit de l'étape 1. Dans ce cas, la production de clous pourrait être une activité importante des ateliers. D'autres fabrications peuvent aussi être envisagées, comme des boucles de ceinture (une ébauche d'ardillon) ou des objets en tôles de fer, dont certains pourvus de trous (peut-être destinés à l'emplacement de rivets?). Mais, si certaines chutes peuvent suggérer des négatifs de mise en forme par découpe d'une tôle, elles ne sont pas suffisamment parlantes pour savoir ce qui était fabriqué.



La matière première utilisée pour ces travaux d'élaboration se présentait probablement sous la forme de barres de petites sections (fig. 62). Ainsi, trois pièces courtes, mais de section de grande dimension ($> 200 \text{ mm}^2$), se démarquent de l'ensemble du corpus de chutes-barres et font penser à des extrémités chutées de demi-produit (chutes en bout). Certains segments de barre peuvent témoigner d'une mise en forme intermédiaire transitoire intervenant dans le processus de fabrication. Dans ce cas, les demi-produits utilisés, quelle que soit leur forme, subiraient une étape de transformation les amenant à une forme et à une section la plus proche et la plus adaptée à la fabrication du produit final, les dimensions et la forme de leur section fixant en partie celles des produits finis qui vont en dériver : tôles, bandes, tiges.

De nombreux restes témoignent d'une pratique de recyclage de morceaux de fer mis au rebut. Cette pratique concerne tout aussi bien un recyclage par façonnage direct en réassemblant par forgeage des éléments métalliques de même nature, provenant de pièces déjà travaillées (tôles, tiges, petites bandes et barres), qu'un recyclage par fusion à hautes températures de fragments de natures diverses (encadré p. 111). Dans le premier cas, une succession de soudures, de replis et d'allongements par martelage, à chaud, permet d'obtenir une nouvelle préforme destinée à l'élaboration d'un nouveau produit fini. Dans le second, il s'agit de produire une nouvelle masse de fer brut, qui subira un nouveau cycle de transformation et de mise en forme aboutissant à la fabrication de demi-produits finaux, bien épurés et compactés, servant à l'élaboration des produits finis. Tous types de fragments métalliques sont alors réutilisés : des chutes de travail (tiges, bandes, tôles, barres), mais aussi des morceaux d'objets (crochets, soies de couteaux, sonnailles bronzées, clous...). En fonction de la quantité d'éléments introduits, les culots métalliques qui en résultent, en s'agglomérant dans le fond du foyer, atteignent quelques dizaines à quelques centaines de grammes (entre 40 et 60 g pour les plus petits retrouvés, et jusqu'à 200 ou 400 g pour les plus gros).

Fig. 62 : Exemples de chutes de fer de forgeage de « la Hache ». © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Exemple de recyclage et de fabrication d'objets : les clous

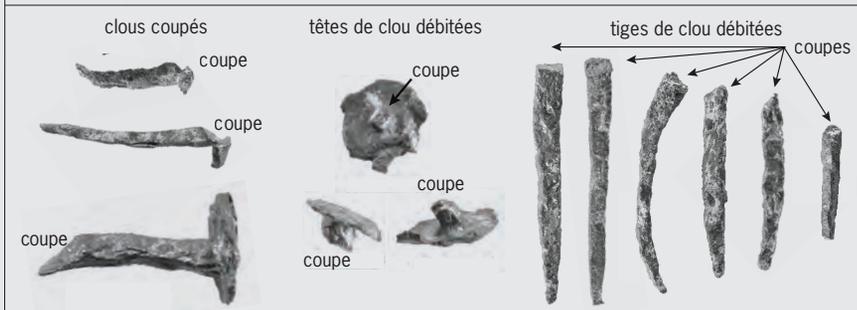
Les déchets métallurgiques collectés sur le site de «La Hache» ont permis de mettre en évidence une fabrication liée au recyclage. Par la technique de l'agglomération à chaud dans le foyer de forge, des fragments de clous sont transformés en masse brute. Ce matériau est retravaillé pour obtenir de petites barres de section quadrangulaires, premières ébauches de nouveaux clous.

Clous entiers récupérés



Préparation de la charge pour l'agglomération à chaud

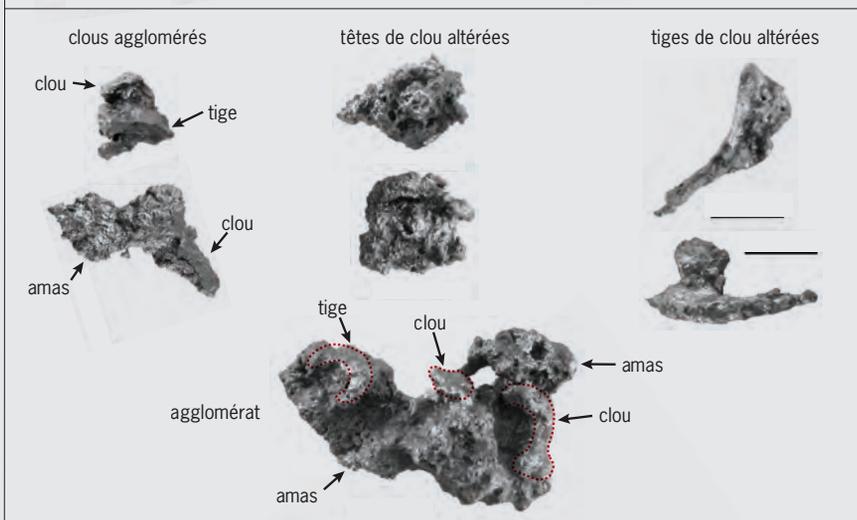
Clous débités en plus petits morceaux



Agglomération à chaud

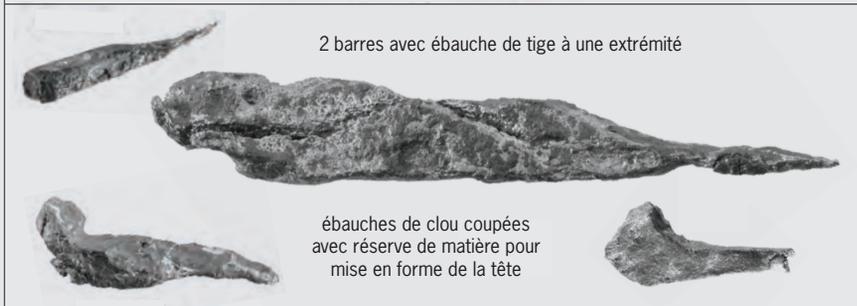
Charge (clous, tiges, têtes, autres) en cours de transformation par altération au feu et agglomération par soudure.

Le produit final est une masse brute d'agglomération : la structure et la forme des objets constituant la charge a totalement disparu.



Fabrication d'objets

La masse brute d'agglomération (après compactage) est réintroduite dans le circuit de fabrication. Elle sert de matière première pour la fabrication d'objets.



Il n'est pas aberrant d'associer à cette pratique une bonne partie des déchets scorifiés riches en inclusions de parcelles ferreuses. Ce métal, tombé dans le foyer de forge au cours des chauffes, pourrait provenir des masses agglomérées à partir des fers recyclés. Ces culots seraient donc aussi des résidus d'opérations d'agglomération à chaud.

La pratique du recyclage par fusion apparaît comme omniprésente dans l'activité des deux ateliers identifiés au vu de la proportion des déchets associés à ces opérations : plus de 10 % du nombre des déchets métalliques et 20 % du poids, peut-être jusqu'à 30 % des restes si on inclut tous les débris métalliques informes (fig. 63). Or, dans un contexte de recyclage, ces déchets ou ratés des opérations d'agglomération à chaud n'ont pas vocation à être jetés, mais plutôt à être réintroduits dans le processus de recyclage. Leur présence dans les dépotoirs indique donc probablement une activité importante. Comme il n'y a pas de témoins de demi-produits en cours d'élaboration (très peu de chutes de compactage, pas de demi-produits intermédiaires), rien n'exclut qu'une grande partie du fer utilisé soit produit de cette manière. Pratiques de recyclage et activité d'élaboration paraissent se succéder dans le même foyer au cours d'un même cycle de travail aboutissant à la formation d'un culot stratifié associant les deux types de faciès. S'agit-il d'un processus de recyclage courant des ratés et rebuts du travail de forge dans l'atelier, s'appuyant aussi sur la collecte des objets cassés et usagés au sein d'une agglomération urbaine, ou bien d'une activité en relation avec un contexte particulier ? Les deux ateliers semblent appartenir à des phases récentes de l'occupation antique de ce secteur, l'atelier de forge 1 étant clairement installé dans un bâtiment « en ruines ». Ces phases d'occupation (III^e ou IV^e siècle) semblent correspondre au démantèlement de certaines structures antiques, notamment des mausolées funéraires. Par ailleurs, l'atelier de forge 1 est associé spatialement (et peut-être chronologiquement) à un four à chaud. On pourrait donc imaginer, à titre d'hypothèse, qu'une partie de la pratique constatée est connectée avec le démantèlement de constructions dont on recycle aussi bien la pierre, que le fer (crampons de scellement, comme pièces de fixation ou ustensiles divers). Ces usages ne seraient pas incongrus dans le contexte de l'Antiquité tardive.

Les deux activités, recyclage et élaboration de produits finis, semblent représentées en proportions identiques dans les deux ateliers mis au jour, au sein desquels ont été collectés une quantité et un panel équivalents de déchets métallurgiques : 2 109 restes pour un poids de 38 790 g dans l'atelier 1 et 2 093 restes pour un poids de 39 588 g dans l'atelier 2. Dans les deux cas, les scories issues des travaux d'élaboration (illustrant des pertes sous forme d'oxydes de fer et l'utilisation d'ajouts argilo-sableux à la différence de celles illustrant des pertes de fer métallique) sont dominantes en poids et en nombre de restes : 73 % des culots pour l'atelier 1 et 86 % pour l'atelier 2. En revanche, pour les chutes métalliques, cette différence est moins accentuée, surtout si on comptabilise les débris informes comme des témoins du recyclage : 47 % de chutes de travail, 20 % de rebuts de recyclage et 33 % de débris informes dans l'atelier 1 ; 42 % de chutes de travail, 20 % de rebuts de recyclage et 38 % de débris informes dans l'atelier 2. Toutes les catégories de déchets issus du recyclage et des travaux d'élaboration sont représentées dans les deux ateliers (à l'exception des chutes-tôles épaisses, absentes de l'atelier 2). Rien ne caractérise donc l'un des deux ateliers par rapport à l'autre. Pourtant, les structures découvertes se distinguent notablement, en particulier la morphologie du foyer principal. Si ces deux foyers de forge présentent un plan en U et une orientation similaires (avec le soufflet

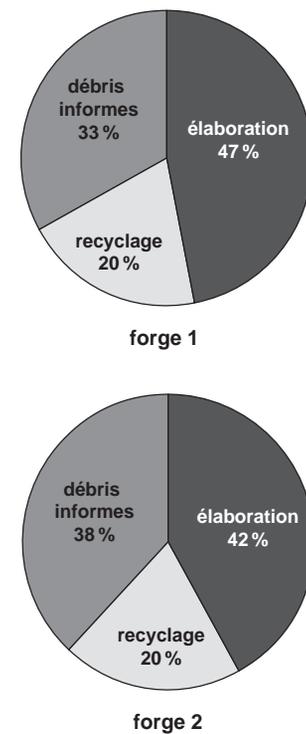


Fig. 63 : Proportions en poids de déchets collectés des deux principales activités de travail du fer dans les deux ateliers de forge de « la Hache » : les travaux d'élaboration-fabrication de produits finis et les pratiques de recyclage de fers mis au rebut (qui incluent probablement une grande partie des débris informes). © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

installé côté est et une ouverture à l'ouest), le foyer de forge de l'atelier 2 est semi-excavé sous forme d'une cuvette encastrée d'une dizaine de centimètres, alors que celui de l'atelier 1 est aménagé à plat à même le sol de travail. On pourrait alors s'attendre à ce qu'y soient réalisés des travaux différents; il n'en est rien.

Ces différences morphologiques peuvent-elles alors s'expliquer par la non-contemporanéité des deux ateliers? C'est possible, mais les deux ateliers sont mal calés sur le plan chronologique. Si l'atelier 1 est clairement postérieur à l'abandon et à la destruction au moins partielle du bâtiment 1, la relation chronologique entre l'atelier 2 et le bâtiment 2, séparés de quelques mètres, n'est pas connue. Les éléments datant collectés dans les unités stratigraphiques du bâtiment 2 et de l'atelier 2 se rapportent à une période similaire, couvrant les II^e et III^e siècles, qui situe au moins la construction et le fonctionnement du premier. La construction et l'utilisation du bâtiment 1 sont à placer au cours de la même période. En revanche, les niveaux de démolition sur lesquels sont installés les vestiges de l'atelier 1 ont livré des tessons de céramiques utilisées au moins jusqu'au milieu du IV^e siècle: l'atelier paraît donc bien daté de l'Antiquité tardive. Ces constatations ne sauraient trancher en faveur d'une succession chronologique entre les deux ateliers. En effet, tous les deux sont clairement inscrits à l'intérieur d'aménagements construits sur poteaux (bâtiments? appentis? clôtures?). Par ailleurs, outre le fait que les foyers présentent des orientations similaires, les déchets sont rejetés dans des couches d'épandage ou dans des fosses dépotoirs qui empiètent largement sur les bords de la voirie (pistes cavalières et fossés latéraux), qui ne sont donc plus utilisés comme tels au moment où fonctionnent les ateliers. Ces éléments vont dans le sens d'une contemporanéité des deux ateliers. De plus, le démantèlement des mausolées, qui s'inscrit aussi dans une phase de rétraction et de restructuration de l'espace de circulation, pourrait avoir généré les activités de recyclage mises en évidence dans les deux forges. Celles-ci pourraient si ce n'est être strictement contemporaines, du moins se succéder dans un laps de temps assez court dans l'Antiquité tardive. Peut-être un lien est-il à rechercher avec la phase d'occupation pendant laquelle se développent de nouveaux espaces funéraires, notamment au nord du secteur occupé par le bâtiment 1, datés du IV^e ou du début du V^e siècle.

Près de 100 kg de déchets métallurgiques ont été prélevés, dont 80 kg au sein des deux ateliers. Cette collecte, systématique au niveau des foyers et de leur environnement immédiat, n'a été que partielle pour les niveaux d'épandage et les fosses-dépotoirs (probablement moins de 10 %, peut-être seulement 5 %). La quantité de déchets réellement présente sur le site était donc beaucoup plus élevée, dépassant très certainement la tonne. Si l'on se fonde sur les bilans-matières établis à partir des déchets prélevés, qui évaluent à plus de 30 kg la quantité de fer qui y est enfermé, c'est certainement plusieurs centaines de kilogrammes de fer qui ont été perdu au cours de l'activité de ces ateliers. Comme ces travaux consistent surtout en l'élaboration de produits manufacturés à partir de métal avec une bonne propreté inclusionnaire, l'ordre de grandeur de la quantité de métal travaillé est probablement de plusieurs tonnes¹². Cet ordre d'idées permet d'envisager la fabrication de plusieurs dizaines de milliers d'objets de petits gabarits comme des clous, des boucles de ceinture, des couteaux ou autres ustensiles.

.....

12. 35 kg de fer perdu dans les 100 kg de déchets collectés, ce qui équivaut sur la base théorique de 20 % de perte de métal au cours des travaux d'élaboration-fabrication à 140 kg de métal transformé ($[35 \times 5 = 175] - 35$). Si la quantité de déchets est entre 10 et 20 fois plus importante, la quantité de fer travaillée atteint plus de 2,5 tonnes et celle de métal transformé à environ 2 tonnes.

Les ateliers dans les campagnes

Des forges sur la voie impériale Lyon-Trèves

Les vestiges de deux ateliers de forge, associés à des établissements installés en bordure de la voie impériale reliant Lyon à Trèves et interprétés comme de possibles relais routiers, ont été mis au jour, l'un au sud de Metz et l'autre au nord (fig. 51). Le premier (« le Chêne Brûlé » à Lesménils) est situé à une vingtaine de kilomètres au sud de la capitale des Médiomatrices et à une douzaine de kilomètres au nord-est du franchissement de la Moselle à Scarponne (Dieulouard). Le second (« Grignon Pré » à Semécourt) est localisé à une quinzaine de kilomètres au nord de Metz sur la voie qui longe la rive gauche de la Moselle. Dans le premier cas, la présence de l'atelier métallurgique n'est suggérée que par les nombreux déchets réutilisés comme matériaux dans les remblais d'installation de niveaux de circulation. En revanche, dans le second cas, différents types de foyers excavés paraissent bien correspondre aux vestiges d'un atelier, dont les déchets ont été aussi réutilisés dans des phases de réaménagement ultérieures.

« Le Chêne Brûlé » à Lesménils

Ce site est localisé dans la moyenne vallée de la Seille, au pied du front des Côtes de Moselle¹³ (Schembri, 2016). Deux bâtiments sur soubassements maçonnés ont été reconnus du côté ouest de la voie, tandis qu'un autre se situe du côté est. Le plan rectangulaire tripartite de ce dernier (23,40 sur 9,80 m) évoque une construction de type grange. Du côté ouest, le bâtiment principal est orienté est-ouest, perpendiculairement à la voie. De plan rectangulaire (environ 40 m de longueur sur 15 à 20 m de largeur), il est ouvert sur celle-ci par deux pavillons d'angle encadrant un niveau de circulation constitué de galets et de graviers, long d'une quinzaine de mètres. L'extrémité occidentale est divisée en deux pièces symétriques ouvrant sur l'espace central, quadrilatère de 22 m sur 11 pouvant correspondre à une cour. Une pièce avec hypocauste accolée sur la façade sud pourrait signaler la présence d'une petite installation de bains. Les pièces des deux extrémités comportent chacune un ou plusieurs foyers et de nombreuses structures de combustion sont réparties dans l'espace central. D'autres structures de combustion, dont un petit four de potier très arasé, sont implantées au sud du bâtiment principal, entre celui-ci et le second bâtiment (uniquement reconnu par son mur nord et deux retours d'angle). Dans ce même espace, ont également été reconnus des vestiges incomplets de bâtiments à poteaux, de nombreuses fosses, un puits et des fossés. En outre, des niveaux de circulation permettant l'accès entre les édifices et la voie principale ont été mis en évidence. Un de ces aménagements empierrés comportait de nombreuses scories mêlées à des blocs calcaires.

L'implantation de la voie remonte au 1^{er} siècle. À cette époque, il ne paraît exister aucune construction dans ce secteur. Le four de production potière est installé dans la seconde moitié du 1^{er} siècle. Les éléments céramiques recueillis à l'est de la voie indiquent que le bâtiment à plan tripartite est édifié postérieurement au 1^{er} siècle. Les fossés bordiers de la voie sont scellés par l'implantation du bâtiment principal au cours du 3^e siècle. Ce dernier a également livré des indices d'occupation du 4^e voire du début du 5^e siècle. La construction sur poteaux et l'empierrement associé paraissent aussi dater du 3^e siècle. Le mobilier recueilli n'évoque pas un établissement à caractère agricole (absence d'outillage), mais plutôt un faciès plus proche de celui rencontré en milieu urbain. Une partie du mobilier est, en outre, en relation avec la fréquentation de la voie (éléments

.....
13. Responsable d'opération: F. Schembri, Inrap, 2002.

de véhicule et de harnachement)¹⁴. Le site pourrait donc correspondre à un établissement en relation directe avec la voie.

Une douzaine de kilogrammes de déchets métallurgiques ont été collectés lors de la fouille. Il est très probable que la totalité du mobilier n'a pas été prélevé; faute d'évaluation de la représentativité de cet échantillonnage, la quantité de déchets conservés sur le site est inconnue. Tous ces déchets se rapportent à des activités de forgeage du fer. Il s'agit d'environ 6 kg de scories en forme de culots, entiers ou fragmentés, et d'un peu plus de 5 kg de scories informes, denses ou argilo-sableuses, auxquels s'ajoutent 200 g de fragments de parois de foyer à surface vitrifiée et quelques dizaines de grammes de chutes de fer. Aucun déchet n'est associé à un contexte d'atelier; tous proviennent de couches de remblais constituant des espaces de circulation. Toutefois, la quantité significative de scories en culot et la présence d'éléments de parois de foyer et de morceaux de métal en cours de travail indiquent qu'ils proviennent vraisemblablement du nettoyage ou du démantèlement d'un atelier de forge, probablement situé en dehors de l'espace fouillé et antérieur aux remblais. L'interprétation du site comme un établissement routier rend plausible l'existence d'un atelier de forge. Cependant, aucune chute métallique ne permet de supposer un travail de forge en lien avec la réparation de matériel de transport par exemple.

« Grignon Pré » à Semécourt

Installé au bord de la voie Metz-Trèves par la rive gauche de la Moselle, au pied du front de Côtes, ce site a connu deux phases d'occupation¹⁵. La première est datée de la fin du I^{er} ou du début du II^e siècle. Elle s'étend sur 2 000 m² et a livré un ensemble d'une demi-douzaine de fosses rectangulaires, à fond et parois rubéfiés (dimensions moyennes: 1 m sur 0,50 m, l'une d'entre elles ayant des dimensions doubles; profondeurs conservées entre 5 et 20 cm), associées à deux petits foyers circulaires (20 à 25 cm de diamètre), très peu rubéfiés, en forme de cuvette peu profonde (quelques centimètres) creusée dans le sol (fig. 64). Le remplissage est composé de nodules de terre cuite provenant de la désagrégation progressive des parois, disposés principalement contre les bords, et d'un sédiment argileux gris. Les fonds sont toujours tapissés d'une couche peu épaisse de fines particules de charbons de bois. La plus grosse des fosses rectangulaires était remplie au tiers de sa contenance par plusieurs litres de ce matériau. Le tamisage des remplissages charbonneux a livré des petits nodules scorifiés de moins de 1,5 cm de long aux contours irréguliers et parfois magnétiques. Les foyers sont dispersés, sans organisation particulière.



Fig. 64 : Plan des vestiges de l'établissement d'époque gallo-romaine de « Grignon Pré » à Semécourt (I^{er}-III^e siècle). Le bâtiment principal construit sur sablières basses et sur poteaux possède deux ailes disposées à angle droit, dont l'une s'aligne sur le bord de la voie romaine. Le remblai de construction de la cour contient de nombreuses scories métallurgiques. Un ensemble de petits foyers circulaires et allongés sont situés à l'écart du bâtiment 1 (en couleur sur le plan). Au sud, en bordure de la voie, un plus grand foyer rectangulaire est encadré par une construction sur poteaux.

© M. Leroy, LMC-IRAMAT et M. Milutinovic, Afan.

14. Par exemple, une applique rectangulaire de ceinturon militaire du Haut-Empire, ainsi que des fibules cruciformes.

15. Responsable d'opération: M. Leroy, Afan, 1990.

Seul le plus grand des foyers rectangulaires est installé sous un petit bâtiment, ou appentis, sur poteaux¹⁶.

Des scories ont été retrouvées en nombre autour des foyers, généralement réemployées dans les remblais de sol d'un bâtiment sur poteaux et sablières construit au III^e siècle (seconde phase d'occupation). On y retrouve des culots plano-convexes simples ou doubles à surface vitreuse boursouflée, des scories hétérogènes, très friables, aux surfaces oxydées contenant de nombreuses particules de charbon de bois, et des scories légères et bulleuses aux surfaces vitreuses et boursouflées. Tous ces déchets sont caractéristiques du forgeage du fer. Des fragments de parois argilo-sableuses fondues en surface proviennent sans doute de la destruction de certains foyers.

La nature du site est difficile à déterminer, des vestiges contemporains s'étendant peut-être de l'autre côté de la voie, hors de l'emprise de fouille. Leur position en bordure immédiate de la voie Metz-Trèves pourrait indiquer qu'ils appartiennent à un établissement routier. Comme dans le cas précédent néanmoins, aucune chute métallique ne permet de supposer un travail de forge en lien avec la réparation de matériel de transport.

Les ateliers dans les exploitations agricoles

Malgré le dénombrement d'une cinquantaine de sites en milieu rural ayant livré des indices d'activités métallurgiques (fig. 51 et tabl. 11), l'espace étudié n'a délivré que peu d'informations concrètes sur le travail du fer dans le cadre des exploitations agricoles. Seule la présence de déchets de production (principalement des scories, parfois associées à des fragments de parois de foyer, plus rarement des battitures et des chutes métalliques) témoigne d'une telle activité. Aucun vestige formel d'atelier ou d'installation de production n'a en effet été mis au jour, alors même que le nombre d'opérations archéologiques réalisées au cours des vingt dernières années est assez important dans certaines portions de ce territoire (particulièrement dans la région messine). Si on ne retient que les sites connus par des fouilles (au nombre de 18, soit un tiers seulement du corpus, les autres n'étant identifiés que par des prospections de surface), la presque totalité des déchets collectés sont en position secondaire dans le comblement de structures excavées ou, comme au « Pain de Pâques » à Atton¹⁷ et à « En Zoque » à Montoy-Flanville¹⁸, dans des couches de remblais où ils ont servi de matériau tout venant.

Sur les sites des *villae* du « Pain de Pâques » à Atton, à 25 km au sud de Metz, sur la rive droite de la Moselle, et d'« Entre Deux Cours » à Laquenexy¹⁹, à 11 km au sud-est de Metz, sur le plateau d'interfluve entre Seille et Nied, les déchets métallurgiques ont été retrouvés dans ce qui est considéré comme la *pars rustica*. À Atton, de nombreuses scories étaient insérées dans une couche d'épandage aux abords immédiats d'un bâtiment à substructions en pierre, situé à plus de 100 m de la partie résidentielle, ainsi que dans le comblement de deux structures de combustion rectangulaires ouvertes, implantées parmi une quinzaine d'autres de formes similaires, immédiatement au sud de ce même bâtiment. Même si les comptes rendus de fouille ne permettent pas d'être absolument certain que d'autres scories n'étaient pas présentes ailleurs sur le site, la concentration des déchets de travail du fer (scories en culot notamment) à cet endroit laisse supposer l'existence, peut-être au sein de ce bâtiment, d'un atelier de forge²⁰. Quant à la destination des foyers (ou fours) rectangulaires et leur connexion éventuelle avec l'activité métallurgique, elles restent hypothétiques. Outre leur forme et les marqueurs d'impacts thermiques sur les parois et sur

.....

16. Il est difficile d'associer précisément les foyers découverts avec un travail du fer, dans la mesure où les impacts thermiques dans le sédiment sont de faible ampleur (presque inexistant pour les deux petits foyers circulaires). Des foyers rectangulaires similaires, qui ne sont pas associés à des déchets métallurgiques, ont été retrouvés sur de nombreux sites d'habitats ruraux antiques ou du haut Moyen Âge. Toutefois, sur plusieurs autres sites ayant livré des scories, de tels foyers ont aussi été mis au jour (voir *infra*, la *villa* du « Pain de Pâques » à Atton).

17. Responsable d'opération: M. Milutinovic, Afan 1993-1994.

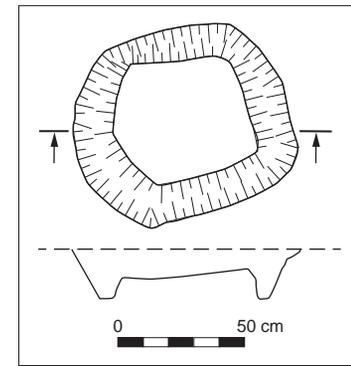
18. Responsable d'opération: R. Lansival, Afan, 1998.

19. Responsable d'opération: G. Brkojewitsch, Metz-Métropole, 2008.

20. Les déchets métallurgiques de ce site n'ont pu être étudiés dans le cadre du PCR, faute d'avoir pu être localisés au sein du dépôt archéologique régional. Il n'est pas sûr du reste qu'ils aient été conservés.

le fond, leur caractéristique commune est la présence de résidus de charbon de bois, en quantité souvent importante, avec parfois la trace bien conservée de petits rondins de bois, à la base du comblement au-dessus du fond, reliquat probable de leur fonctionnement²¹.

Une structure de combustion similaire est aussi associée à des rejets scorifiés sur le site d'habitat des « Crouyottes » à Sillégnny²², au cours d'une phase d'occupation datée du IV^e siècle. De forme quadrangulaire et d'assez grande dimension (2,10 sur 1,80 m, pour 0,35 m de profondeur), avec des parois verticales et un fond légèrement concave, elle portait des traces de rubéfaction pénétrant de plusieurs centimètres dans l'épaisseur du sédiment encaissant. Parmi les résidus charbonneux tapissant le fond de la structure figuraient des scories et quelques fragments métalliques. D'autres scories se trouvaient dans le comblement d'abandon supérieur (scories argilo-sableuses et charbonneuses et fragments appartenant à un culot de petite dimension), ainsi que plusieurs morceaux d'un bloc-tuyère en terre cuite rouge à grise, portant une vitrification sur l'extrémité insérée dans le foyer et la trace d'un conduit central de petit diamètre. Ces éléments suggèrent clairement l'existence d'un foyer de forge, mais il est difficile d'imaginer qu'il s'agisse de cette structure, sauf à penser qu'elle corres-



pond à un travail spécifique sur des objets de grande dimension. Le foyer de forge se situait dans l'environnement immédiat de cette structure qui lui serait alors probablement associée. Mais aucun autre vestige pouvant s'y rattacher ne semble avoir été retrouvé.

Au « Val Joyeux » à Yutz²³, plusieurs kilogrammes de scories en culots plano-convexes proviennent du remplissage de deux fosses circulaires ayant servi de dépotoirs, qui ont aussi livré des fragments de parois de foyer en terre cuite et un fragment de tuyère. Une curieuse fosse circulaire en cuvette (diamètre 0,80 m, profondeur conservée d'une quinzaine de centimètres), dont le fond était surcreusé par une rigole périphérique laissant la partie centrale en surplomb, a livré un remplissage très charbonneux contenant de très nombreuses battitures de forge (fig. 65)²⁴. L'ensemble de ces déchets permet d'identifier clairement un travail de forge. Au vu du remplissage, la fosse à rigole est probablement située dans l'environnement immédiat d'une zone de martelage : peut-être même s'agit-il de l'emplacement du support d'une enclume ? La structure trouve en tout cas des similitudes avec une fosse à la morphologie comparable, découverte sur le site du haut Moyen Âge de « la Plaine d'Herbier » à Villeroy, dans l'Yonne, interprétée de cette manière au vu d'un contexte beaucoup mieux caractérisé (Cabboi, 1994). Une petite fosse quadrangulaire fouillée sur l'habitat d'époque augustéenne de la « ZAC Fontaine des Saints » à Trémery²⁵, dont le comblement était également très riche en battitures et contenait quelques chutes métalliques de forge, pourrait se prêter à une interprétation similaire.

Les caractéristiques morphologiques de tous les types de déchets de métallurgie du fer recueillis sur ces sites renvoient à des activités de post-réduction, c'est-à-dire de forgeage du fer. Il n'y a aucun indice de réduction du minerai de fer. Les déchets scorifiés les plus massifs, principalement les scories en culot, sont issus de travaux de déformation plastique du fer métallique à hautes températures.

Fig. 65 : Fosse subcirculaire (diamètre 0,80 m) à rigole périphérique et dont le comblement contenait de très abondantes battitures de forge au « Val Joyeux » à Yutz : il pourrait s'agir d'une fosse de calage d'un support (en bois ?) d'enclume. © d'après Klag et Blaising, Inrap, 2002.

.....

21. Ce type de structures foyères, qui pourraient être interprétées comme des fosses à charbonnage, est assez fréquemment découvert, non seulement sur les sites d'ateliers (notamment métallurgiques), mais aussi en contexte d'habitat, particulièrement pour la période romaine, mais aussi à l'âge du Fer et au haut Moyen Âge. Ces structures sont souvent rassemblées en groupe comme à Atton. Elles pourraient alimenter en combustible les foyers culinaires et de chauffage (braseros notamment). D'autres fonctions (liées par exemple à l'activité agricole) peuvent être envisagées.

22. Responsable d'opération : É. Peytremann, Inrap, 2002.

23. Responsable d'opération : Th. Klag, Afan, 1994.

24. La datation de ces structures, incertaine, pourrait se rattacher au I^{er} siècle de notre ère.

25. Responsable d'opération : V. Canard, Afan, 1999.

Les deux principales catégories de faciès pétrographiques de culots, l'un riche en inclusions métalliques (SFR); l'autre riche en produits argilo-sableux (SAS), sont toujours représentées, en proportions respectives plus ou moins importantes. Ces scories sont relatives à des travaux de natures différentes et assez variés (cf. chapitre 1). L'absence de chutes métalliques spécifiques ne permet pas de préciser davantage la nature des opérations réalisées sur chacun des sites, dont on peut conjecturer qu'ils concernent plutôt l'entretien et la réparation, ou de petites productions utilitaires, que des activités spécifiques de fabrication d'objets.

Les forges du plateau de Haye

Le massif forestier de Haye, localisé dans une boucle de la Moselle entre Nancy et Toul, recèle de nombreux établissements ruraux antiques associés à des structures agraires et parcellaires (fig. 66). D'une surface d'environ 12 000 ha, il est implanté sur un plateau aux sols calcaires peu épais et très pierreux, limité au nord, à l'est et au sud par de fortes pentes correspondant à la *cuesta* des Côtes de Moselle. Les vestiges archéologiques, conservés sous forme de microreliefs, sont étudiés depuis 1999²⁶ par télédétection lidar, prospection au sol, sondages et analyses paléoenvironnementales (dosage de phosphore, études de sol, etc.) (Georges-Leroy *et al.*, 2011 et 2012). Les nombreux chablis de la tempête du 26 décembre 1999, qui a durement touché ce massif forestier, ont été systématiquement fouillés à l'emplacement des établissements ruraux, ce qui a permis de récolter du mobilier sur plus de la moitié d'entre eux. Ces recherches ont révélé un véritable paysage « fossilisé », avec ses ensembles de champs et pâtures, matérialisés par des murets et des talus, qui sont irrigués par un réseau de petites voies, elles-mêmes connectées à trois voies plus importantes les reliant aux agglomérations du secteur. Au moins 83 établissements attribuables à l'Antiquité ont été identifiés. Certains sont établis le long d'une des trois grandes voies, d'autres à l'intérieur même des ensembles parcellaires, souvent desservis par une voie secondaire. Leur répartition spatiale au sein du terroir cultivé ou pâturé est très inégale. Ainsi, on trouve des zones de plusieurs dizaines d'hectares vides d'établissement, tandis que d'autres, au contraire, s'illustrent par une forte concentration d'établissements égrainés en chapelets, sans que l'on puisse vraiment parler d'habitat groupé.

Ces établissements se présentent sous plusieurs formes : les plus nombreux sont composés de bâtiments entourés d'un ou plusieurs enclos ; les autres se matérialisent sous la forme d'édifices isolés de petite ou moyenne taille et, dans trois cas seulement, d'un groupement de bâtiments. Ils ont été occupés du début du 1^{er} au début du 5^e siècle, même si les plus nombreux datent du milieu du 1^{er} au 3^e siècle. Le mobilier recueilli atteste une occupation domestique, mais aussi des activités agro-pastorales ; les taux de phosphore élevés confirment la présence d'animaux. Une grande partie de ces établissements correspondent donc à des fermes ou à des petits habitats groupés, quelques-uns pourraient être des *villae* de petite ou moyenne taille. Ceux installés le long des grandes voies ont aussi pu avoir une fonction liée au trafic routier.

Des déchets paléosidéurgiques ont été recueillis sur six sites (cinq établissements ruraux et un site indéterminé). Pour quatre d'entre eux, cette présence est anecdotique, un à trois éléments seulement ayant été trouvés. En revanche, sur deux autres établissements (GOND6 et MARO6), installés chacun en bordure d'une grande voie, la fouille des chablis a livré de nombreux déchets (plusieurs dizaines de pièces pour respectivement des poids de 1,4 et 7,1 kg). Ces résidus

.....
26. Par une équipe d'archéologues, d'écologues et de forestiers (Drac de Lorraine – Inra de Nancy – ONF), dans le cadre d'un programme de recherche portant sur les plateaux calcaires de la Côte bajocienne entre Pont-à-Mousson et Neufchâteau (Meurthe-et-Moselle et Vosges).

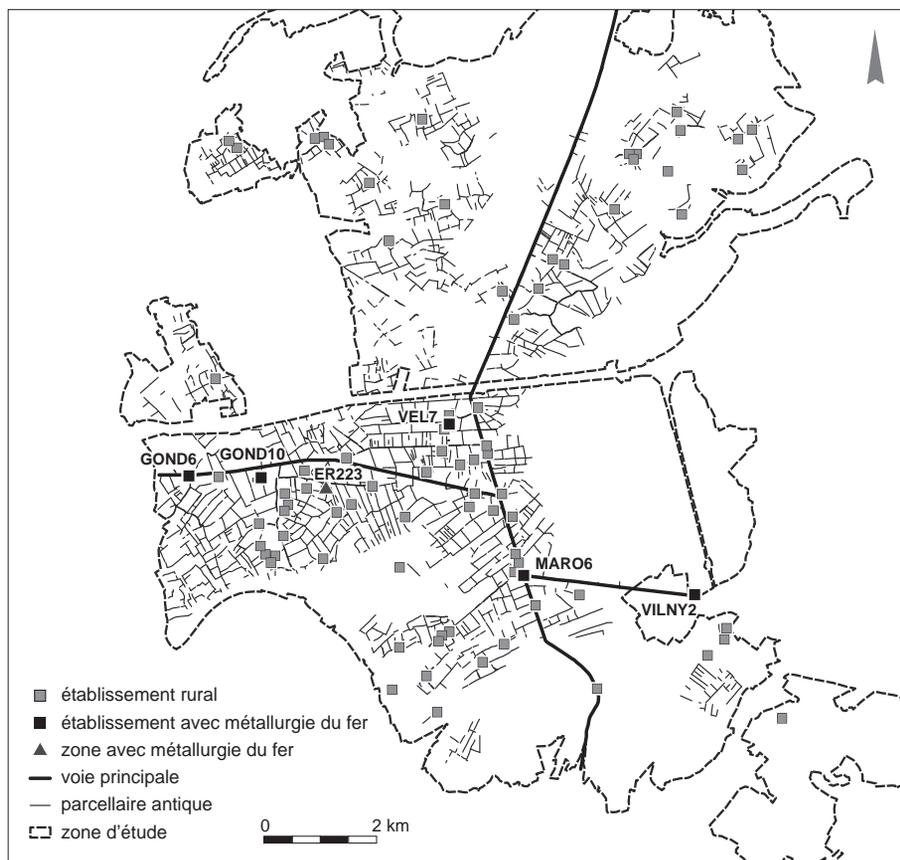


Fig. 66 : Structures agraires et parcellaires de l'Antiquité gallo-romaine conservées dans le massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle).
© M. Georges-Leroy, SRA Lorraine.

(scories de forge, chutes métalliques, battitures, parois de foyer) se rapportent tous au travail du fer à la forge. Sur l'établissement GOND6, les chutes de fer (plus d'une vingtaine pour un poids moyen inférieur à 9 g) révèlent qu'une partie du travail est effectuée à partir de modules d'assez petites sections, d'ordre centimétrique, avec probablement pour finalité la mise en forme d'objets de petites dimensions. Les petits modules de ces chutes indiquent aussi que ce façonnage s'opère sur du métal probablement déjà très travaillé. Toutefois, deux éléments possédant plusieurs faces planes et d'autres beaucoup plus irrégulières correspondent probablement à des chutes de compactage. Leur module, plus grand que celui des déchets de façonnage, indique que des fers de plus grande dimension sont aussi travaillés. Sur l'établissement MARO6, plusieurs scories en culot sont d'assez grandes dimensions (plus de 100 mm de diamètre, pour des poids dépassant 300 g et atteignant pour la plus grosse pièce presque 1,5 kg), ce qui suggère que certaines activités ont utilisé de grandes quantités de fer.

Dans les deux sites, la répartition spatiale des déchets suggère une localisation de l'atelier de forge en bordure de la voie. Or il s'agit de deux voies principales qui innervent l'ensemble de cet espace agraire et le mettent en relation avec les espaces environnants. Cette localisation pourrait indiquer, soit que ces forges sont en lien avec l'approvisionnement ou le service des établissements agricoles, soit qu'elles ont un lien avec le trafic routier (relais?). Toutefois, ni les déchets scorifiés, ni les chutes métalliques n'ont révélé d'indices sur la nature précise des activités.

La circulation du fer et l'approvisionnement des ateliers

La production primaire

Certains aspects de l'organisation de la production primaire du fer en Gaule durant la période de l'Empire romain ont été mis en lumière (Leroy, 2001). Il apparaît clairement qu'une très grande part du fer brut est produite dans des ateliers spécialisés au sein de ce qui pourrait être de véritables districts de production (fig. 67). Au vu des inventaires réalisés, il semble en exister de différentes ampleurs. Quelques-uns paraissent d'extension considérable (plusieurs centaines de kilomètres carrés) et regrouper des centaines, voire des milliers de sites. Ce pourrait être le cas de la Puisaye (Yonne), de la région d'*Argentomagus* dans l'Indre, de la forêt d'Allogny au nord de Bourges (Cher), du Morvan du nord (Côte-d'Or et Nièvre) et de la Montagne Noire (Aude) en Narbonnaise. Ces secteurs seraient le siège d'une production de fer de gros volume si tant est que la plupart des sites répertoriés appartiennent bien à la période romaine (les datations ne sont globalement pas assez nombreuses pour l'assurer²⁷).

Ces zones alimenteraient de larges espaces géographiques. C'est pourquoi un statut public de ces districts est envisagé : la Montagne Noire pourrait être un domaine impérial (Decombeix *et al.*, 2000), le Morvan du nord et la région d'*Argentomagus* pourraient être contrôlés par des cités (Éduens et Bituriges Cubi : Mangin *et al.*, 1992 ; Dumasy, 1994 ; Dumasy *et al.*, 2010). Le pays d'Othe, où l'importance de la production d'époque romaine reste à démontrer, pourrait appartenir à cette catégorie. D'autres zones moins étendues ne regroupent que quelques dizaines d'ateliers dans l'ouest et le centre-ouest de la Gaule, peut-être aussi en Gaule Belgique ou dans les Pyrénées. Le contrôle par des sociétés privées (affermage) ou par des personnes privées n'est pas à exclure. Des exemples de ce type existent pour les Gaules et notamment pour le fer (Domergue *et al.*, 2006, p. 152). Différents niveaux d'organisation coexistent sûrement, mais les arguments manquent (Leroy *et al.*, 2000).

En l'état actuel des données, il ne semble pas exister de telles zones de production dans l'est des Gaules. L'espace lorrain dans son ensemble – et les plateaux des Côtes de Moselle en particulier, malgré leurs abondantes ressources en minerai de fer – n'apparaît pas comme un secteur de production primaire d'importance, bien au contraire. Quelques ateliers de réduction pourraient exister au nord-ouest du chef-lieu de la cité des Médiomatrices (sud du Pays-Haut) et dans celle des Leuques (Plateau de Haye), formant deux petites concentrations de sites (*supra*). Mais leur datation n'est pas assurée. S'ils s'avéraient antiques, on pourrait en conclure qu'ils alimentaient probablement un marché spatialement restreint, centré sur la vallée de la Moselle où existaient des ateliers de travail du métal. Dans le cas contraire, il faudrait bien considérer que ces ateliers de production secondaire étaient alimentés en demi-produits plus ou moins épurés depuis des zones assez éloignées. D'une certaine façon, l'espace lorrain ne paraît pas présenter un caractère différent du reste du territoire des Gaules, où n'existe pas de centre de production sidérurgique primaire. En effet, la plus grande partie du territoire des Gaules dépend pour son approvisionnement en fer de la circulation des demi-produits depuis des zones de production bien délimitées et en nombre restreint, qui alimentent donc de vastes espaces géographiques.

Depuis qu'il n'est plus question d'interpréter toute découverte de scories métallurgiques comme révélant des activités de réduction, les ateliers de production

.....
27. La production du seul site des Martys dans la Montagne Noire est estimée à plus de 35 000 tonnes de fer et 80 000 tonnes pour l'ensemble du secteur de quelques dizaines de km² dans lequel il s'inscrit (Decombeix *et al.*, 2000).

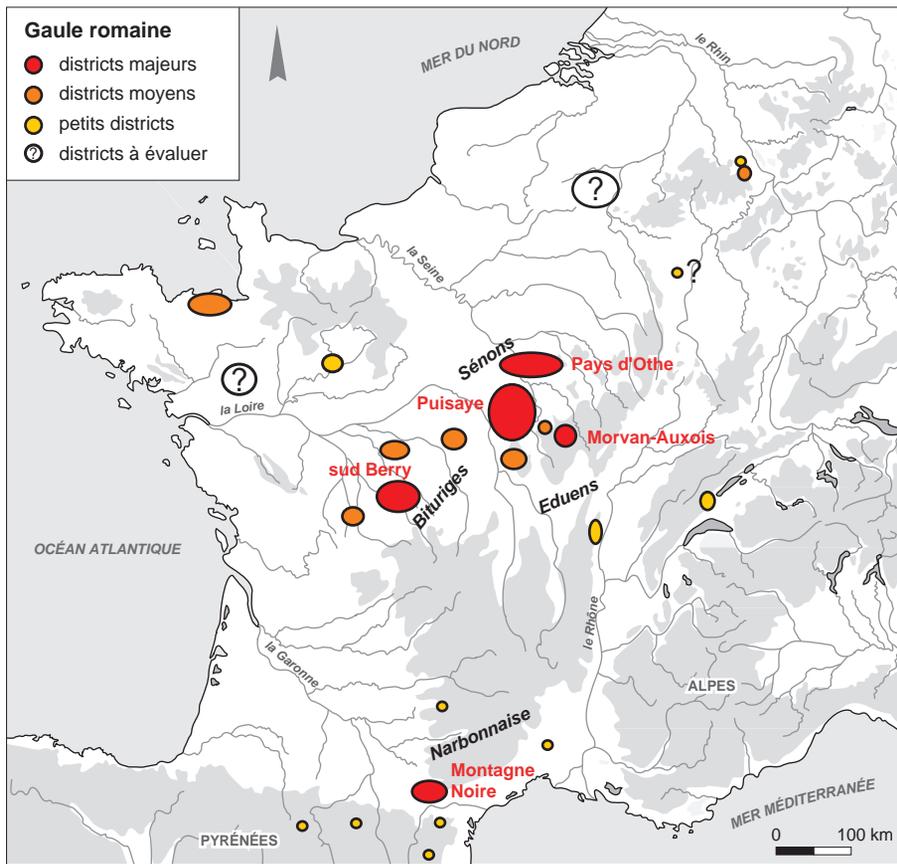


Fig. 67: Les zones de production de fer durant la période romaine actuellement identifiées entre Rhin et Pyrénées.
© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

primaire s'avèrent peu nombreux dans les agglomérations urbaines²⁸. Il n'existe d'ailleurs aucun en Lorraine. Dans les régions où des recherches ont été développées au cours des trois dernières décennies, la connaissance accrue des déchets de production, alliée aux avancées des méthodes d'investigation, a permis de réétudier un certain nombre de contextes urbains ou semi-urbains. Ainsi, dans le centre-est de la France (Bourgogne, Franche-Comté, Lorraine), le matériel d'une quinzaine d'agglomérations de tous niveaux (capitales de cité, chefs-lieux de *pagus*, agglomérations secondaires plus ou moins importantes) a pu être réexaminé (Leroy *et al.*, 2000; Bienfait, 2002). La grande majorité de ces agglomérations (les trois quarts) n'ont livré que des déchets de post-réduction, même lorsque l'activité de réduction y avait été fortement postulée, comme par exemple à Alésia (Mangin et Fluzin, 2006) ou Bliesbruck (Petit, 2005, p. 120-126), ou, dans notre zone d'étude, à Florange-Daspich et Hettange-Grande. À Alésia toutefois, la présence de résidus de minerai de fer grillé dans certains ateliers pourrait révéler des opérations de réduction conjoncturelles et limitées; mais l'absence d'autres déchets caractéristiques (notamment de scorie de réduction) incite à penser que ces résidus servaient peut-être aux opérations d'épuration du fer brut.

Des déchets d'activités de réduction ont bien été découverts dans plusieurs agglomérations: à Autun (Saône-et-Loire, capitale des Éduens), Entrains-sur-Nohain et Champallement (Nièvre), Seveux-Savoie (Doubs). Il s'agit essentiellement de scories à faciès d'écoulement et, parfois, de restes de minerais cuits ou partiellement transformés, ou de fragments de paroi de four. La morphologie des

.....
28. Dans l'Atlas des agglomérations secondaires de Gaule Belgique et des Germanies (Petit, Mangin, 1994), les mentions d'activités de réduction sont très nombreuses (dans 64 des 107 agglomérations recensées), mais l'identification est rarement basée sur une étude précise. Dans la plupart des cas qui ont fait l'objet d'une révision critique, l'interprétation a dû être modifiée.

blocs de scories découverts à Entrains et à Champallement (en forme d'épaisses accumulations d'écoulements cordés), ainsi que la composition chimique des coulures individualisées et très fragmentées d'Autun et de Seveux-Savoie, assurent qu'il s'agit bien de déchets de réduction. Cependant, dans les cas étudiés, les quantités de déchets découverts paraissent trop faibles (quelques centaines de grammes à quelques kilogrammes) pour signaler, sans équivoque, la présence sur place d'un atelier de réduction. De plus, aucun de ces ensembles de scories n'est associé à des structures pouvant être identifiées comme des fourneaux de réduction. Surtout, l'analyse des contextes de découverte montre que l'on a affaire, soit à des dépotoirs hors de tout indice de structure d'atelier (« Faubourg d'Arroux » à Autun : Chardron-Picault, 1993-1994 ; « les Chenières » à Seveux-Savoie : Bonvalot, 1994), soit à des réutilisations de matériaux dans des remblais de voirie (Champallement : Bonneau et Aussaresses-Bonneau, 1994), de sols (Champallement ; Entrains : Mangin, 1994), ou dans des fondations de bâtiments (Champallement). Les déchets de réduction y sont en outre toujours mélangés à des déchets de forge.

Il n'y a donc pas véritablement d'élément permettant de conclure à la présence d'une activité de réduction dans les agglomérations réétudiées. Un constat similaire peut être dressé pour l'ensemble de la Gaule Belgique (Polfer, 2005). C'est aussi le cas dans le Berry (Batardy *et al.*, 2001) et sur le Plateau suisse (Serneels, 2005)²⁹. À notre connaissance, dans l'ensemble des Gaules, il n'existe pas de cas suffisamment documenté pour démontrer la pratique de la réduction du minerai de fer au sein d'une agglomération. Les déchets utilisés comme remblais peuvent avoir été apportés depuis des ateliers situés dans la périphérie de ces agglomérations. Les agglomérations d'Entrains-sur-Nohain et de Champallement sont situées au cœur de secteurs géographiques où existent des concentrations de ferriers en grande partie antiques, indiquant le développement d'une forte activité de production primaire de fer brut (Leroy, 2001)³⁰. La réutilisation de scories « comme matériaux de fondation de murs – par exemple à la *villa* de La Férolles, à Nozière (Cher) – ou comme remblais pour exhausser des sols – ainsi à Jublains, Mayenne –, recharger des voies, par exemple entre Argentomagus et La Châtre (Indre), ou encore empierrer des rues, comme à Lattes (Hérault) » semble fréquente au cours de l'Antiquité (Mangin, 2004, p. 188-189).

La métallurgie de transformation

Dans les agglomérations et dans les habitats ruraux, les ateliers de travail du fer identifiés se rapportent le plus généralement à des activités de forgeage (tabl. 14). Mais on ignore généralement tout de la nature de leur production. Il paraît logique de penser que ceux installés dans les agglomérations sont tournés vers la production d'objets manufacturés destinés à un marché local, comme pourrait l'illustrer l'exemple de Bliesbruck chez les Médiomatriques, avec son quartier d'artisans et de commerçants organisé le long de la voie principale qui traverse l'agglomération (c'est peut-être aussi le cas d'Hettange-Grande). Le plus souvent, les témoins de la production sont absents, soit parce que les chutes métalliques ont été recyclées, soit parce que les déchets ont été régulièrement évacués hors de l'atelier (cf. l'exemple d'Hettange-Grande), peut-être dans des dépotoirs spécifiques non encore retrouvés (y compris les réutilisations des matériaux à l'intérieur de remblais, qui commencent à être bien documentés : par exemple encore à Bliesbruck, mais aussi probablement à Metz dans plusieurs secteurs de la ville antique). Certains ateliers peuvent tout simplement être associés à des chantiers de construction : la présence de forgerons y est sans doute nécessaire

.....
29. À *Aventicum*-Avenches, la capitale de la cité des Helvètes, « tout ce qui est conservé se rattache aux travaux de post-réduction » (Serneels, 1993, p. 163). À *Lousonna-Vidy* (Lausanne), « aucun élément ne laisse entrevoir la possibilité du traitement du minerai sur place. (...) En revanche, les déchets typiques du travail de forge du fer sont abondants » (Serneels, 2005, p. 291-292).

30. C'est aussi le cas, par exemple, pour *Argentomagus* (Dumas, 1994) et pour Jublains (Carte archéologique de la Gaule et recherches en cours M. Hubert et F. Sarreste).

Tabl. 14: Tableau synthétique résumant les caractères principaux des activités de travail du fer dans les différents niveaux d'habitats de la période romaine en Gaule, d'après les données fournies par la zone d'étude du bassin médian de la Moselle en Lorraine. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Déchets métallurgiques	Villes	Agglomérations	Villae	Habitats ruraux
Fréquences	Présence systématique	Présence très fréquente	Présence variable	Présence variable, peu abondante
Types d'activités	<ul style="list-style-type: none"> - Quartiers artisanaux - Marché local et élargi - Productions spécialisées - Chantiers de construction - Activités liées au transport 	<ul style="list-style-type: none"> - Quartiers artisanaux - Marché local et élargi - Productions spécialisées - Activités liés au transport 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien du stock d'outillage du domaine - Fabrications spécifiques - Chantiers de construction 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien et réparation du stock d'outillage
Quantités fréquemment retrouvées	Quelques dizaines à quelques centaines de kg	Quelques dizaines, parfois centaines, de kg	Quelques kg à quelques dizaines de kg	Quelques kg
Matière première	<ul style="list-style-type: none"> - Blocs de fer brut non épurés - Blocs de fer semi-brut partiellement épurés - Demi-produits très épurés, mis en forme, avec ou sans caractères spécifiques - Recyclage fréquemment pratiqué 	<ul style="list-style-type: none"> - Blocs de fer brut non épurés? - Blocs de fer semi-brut partiellement épurés - Demi-produits très épurés, mis en forme, avec ou sans caractères spécifiques - Recyclage fréquemment pratiqué 	<ul style="list-style-type: none"> - Blocs de fer semi-brut partiellement épurés? - Demi-produits très épurés, mis en forme, avec ou sans caractères spécifiques - Recyclage fréquemment pratiqué 	<ul style="list-style-type: none"> - Demi-produits très épurés, mis en forme, avec ou sans caractères spécifiques - Recyclage fréquemment pratiqué

pour l'entretien et la réparation de l'outillage, voire pour la fabrication de pièces métalliques spécifiques. Cette activité, dont la mise en évidence est extrêmement difficile, peut aussi bien concerner les programmes d'aménagement urbain que l'édification des bâtiments dans les grandes *villae* rurales.

Il est commun d'identifier les ateliers présents dans les habitats ruraux comme de simples forges d'entretien et de réparation du matériel agricole et domestique. S'il est fort probable que de telles forges sont utiles, leur présence n'est pas nécessairement systématique et leur utilisation n'est peut-être qu'occasionnelle. Dans les grands domaines agricoles, des bâtiments dans la *pars rustica* sont parfois réservés à ce type d'activité (par exemple sur le domaine de la *villa* de Saint-Ulrich en Moselle et probablement dans la *pars rustica* de celles de « Entre Deux Cours » à Laquenexy ou du « Pain de Pâques » à Atton). En l'état, il n'y a pas d'évidence d'une production métallurgique spécialisée dans les habitats ruraux recensés. Toutefois, les indices pour saisir concrètement la nature de la production font généralement défaut. Quant aux ateliers situés dans des bâtiments installés en bordure de voie, ils pourraient être interprétés comme des forges équipant des relais routiers. Au moins deux exemples semblent documentés chez les Médiomatriques, le long de la voie Lyon-Trèves (« le Chêne Brûlé » à Lesménils et « Grignon Pré » à Semécourt); c'est peut-être aussi le cas des sites découverts en bordure d'un des axes de circulation qui traverse l'actuelle forêt de Haye à l'ouest de Nancy.

On ne négligera pas le fait que la plupart des découvertes de scories dans les habitats ruraux proviennent de ramassages lors de prospections de surface. Le contexte est par conséquent souvent mal documenté et rien ne prouve que les vestiges métallurgiques soient strictement contemporains de l'habitat. En Rhénanie ou en Belgique, par exemple, plusieurs cas sont avérés de réoccupation tardive des bâtiments, après leur abandon, par des installations métallurgiques. Chez les Leuques, le site de « la Vieille Pierre » à Frouard (Meurthe-et-Moselle),

où une construction sur poteaux abritant une forge s'implante à la fin du IV^e ou dans le courant du V^e siècle dans des bâtiments maçonnés, abandonnés un siècle plus tôt, en est une illustration (Geindre, 1983 ; Leroy *et al.*, 2015).

Pour ravitailler ces ateliers, le fer circule sous différentes formes. Même s'ils sont absents du territoire leuque, les « lingots » (de forme bipyramidale plus ou moins trapue ou en forme de barre plate terminée par une soie enroulée) sont bien connus en Moselle, même s'ils sont mal datés. La découverte, sur le site de « la Bure », de grosses masses de fer sans forme régulière (dont les poids s'échelonnent de 4 à 13 kg) montre que du fer brut non façonné peut également être introduit dans les circuits de distribution. Sur les deux établissements ruraux de Frouard, la matière première du forgeron se présente sous la forme de petites ébauches de forme légèrement pyramidale, de quelques centaines de grammes chacune : elles sont sans doute destinées à fabriquer des objets de dimensions modestes. Les fragments de petites barres à section rectangulaire, de 10 à 20 mm de côté, sont les résidus chutés de demi-produits très épurés en forme de barre allongée.

La quantification des déchets

Dans les ateliers réellement fouillés, les quantités de déchets métallurgiques retrouvés se chiffrent en plusieurs dizaines de kilogrammes : plus de 25 kg à « l'Arsenal Ney » à Metz, près de 30 kg au « Pontiffroy » dans la même ville. Ces chiffres sont des valeurs minimales, qui ne correspondent pas à la quantité des déchets présents sur les sites et encore bien moins à la quantité de déchets produits. Au « Pontiffroy », le caractère d'urgence des fouilles n'a permis que des observations localisées et des prélèvements très ponctuels. À « l'Arsenal Ney », les prélèvements dans les zones fouillées ont été assez systématiques, mais les occupations postérieures ont oblitéré une partie de l'atelier et les zones de rejet ne sont pas connues. À Lesménils, où une partie des déchets a été réutilisée dans divers aménagements, la quantité de déchets recueillis dépasse 10 kg. Ailleurs, là où les contextes d'atelier sont moins bien assurés et où les déchets paraissent éparpillés dans des niveaux divers, les quantités recueillies ne sont que de l'ordre de quelques kilogrammes, parfois seulement quelques centaines de grammes. On notera toutefois une différence significative d'ordre de grandeur entre les contextes urbains (plusieurs dizaines de kilogrammes) et ruraux (quelques kilogrammes) (tabl. 14). Elle peut traduire une différence de volume d'activité réelle, même si celle-ci n'est pas quantifiable.

Chapitre 4

Le premier Moyen Âge dans le bassin médian de la Moselle

.....

Marc Leroy

avec la collaboration d'Édith Peytremann, Paul Merluzzo, Marie Frauciel, Michel Gazenbeek, Marilyne Prévot, Alexandre Disser

Lorsque l'on évoque la production du fer au cours du premier Moyen Âge, deux constats à première vue contradictoires s'imposent le plus souvent à l'esprit. En premier lieu, celui d'un emploi restreint du mobilier métallique dans les différents domaines de la vie sociale et économique, qu'il s'agisse de la production d'outils (agricoles ou artisanaux), de pièces de quincaillerie (construction, transport), d'ustensiles domestiques ou vestimentaires. Toutes les études sur l'économie et les techniques du haut Moyen Âge font ressortir cette image d'un métal rare, réservé à des productions spécifiques (comme l'armement), produit par des artisans spécialisés jouissant d'un statut particulier, et celle d'une production quantitativement limitée par rapport à la période romaine (Duby, 1962; Doehaerd, 1971; Chapelot et Fossier, 1980; Le Goff, 1982)¹. La plupart des historiens ont ainsi souligné « le recul général des techniques » au haut Moyen Âge, dû en partie à une raréfaction de la production artisanale, qui n'est éclairée que par de rares sources écrites ou iconographiques. À l'opposé, on observe une relative abondance des objets en fer liés à l'équipement guerrier dans les sépultures du début du haut Moyen Âge (v^e-vii^e siècle). Cet équipement paraît révéler un haut degré de maîtrise technique, surtout déduite de l'étude de l'armement, en particulier des épées (on a beaucoup focalisé l'attention sur le damas, mais les techniques d'assemblage fer-acier existent aussi dès l'époque gauloise) et des techniques décoratives (damasquinure, objets cloisonnés)², tandis que les édits impériaux carolingiens informent sur le commerce des armes. Une vision nuancée s'est progressivement imposée, s'appuyant sur le regain d'intérêt des archéologues pour les productions mobilières (Pesez, 1998a, p. 103-106 et 1998b, p. 24); elle s'est renforcée, plus récemment, grâce aux études spécialisées concernant les vestiges d'ateliers et les chaînes de production et, surtout, aux informations renouvelées issues de l'archéologie préventive (Domergue et Leroy, 2000; Mangin, 2004).

.....

1. Duby, 1962, p. 84 « (*les textes*) le présentent comme le spécialiste de fabrications exceptionnelles et précieuses (et) le placent sur le même plan que l'orfèvre ». Le Goff, 1982, p. 179 « ... le forgeron est dès le haut Moyen Âge un personnage extraordinaire, proche du sorcier. Sans doute il doit cette auréole (...) à une tradition qui en fait, avec l'orfèvre, un être sacré légué par la tradition barbare scandinave et germanique... ».

2. Mais cette « virtuosité » supposée des artisans forgerons de la période mérovingienne est-elle réellement différente ou supérieure à celle des artisans des siècles antérieurs? On manque à ce propos d'études comparatives systématiques et les travaux d'Édouard Salin, certes de grande qualité, sont déjà assez anciens.

Les territoires de l'est de la France actuelle ont notablement contribué à ce renouvellement; plusieurs ateliers de production primaire ou de transformation du fer y ont été fouillés au cours des trente dernières années (Leroy *et al.*, 2000; Leroy, 2008; fig. 68). C'est notamment le cas, en Lorraine, du bassin de la Moselle, le long des plateaux de la *cuesta* du Bajocien (les Côtes de Moselle) qui s'étendent depuis les frontières belges et luxembourgeoise, au nord, jusqu'au sud de la région nancéienne. Les ateliers étudiés révèlent plusieurs modèles d'organisation de la production du fer, que l'on retrouve, en partie, sur l'ensemble de cet espace géographique. Leur présentation fournit l'occasion de brosser une première esquisse de ces différents modes de production et d'en proposer une interprétation. On doit toutefois garder à l'esprit qu'il ne s'agit encore que d'éclairages partiels et ponctuels, que la multiplication des découvertes viendra inmanquablement modifier et préciser.

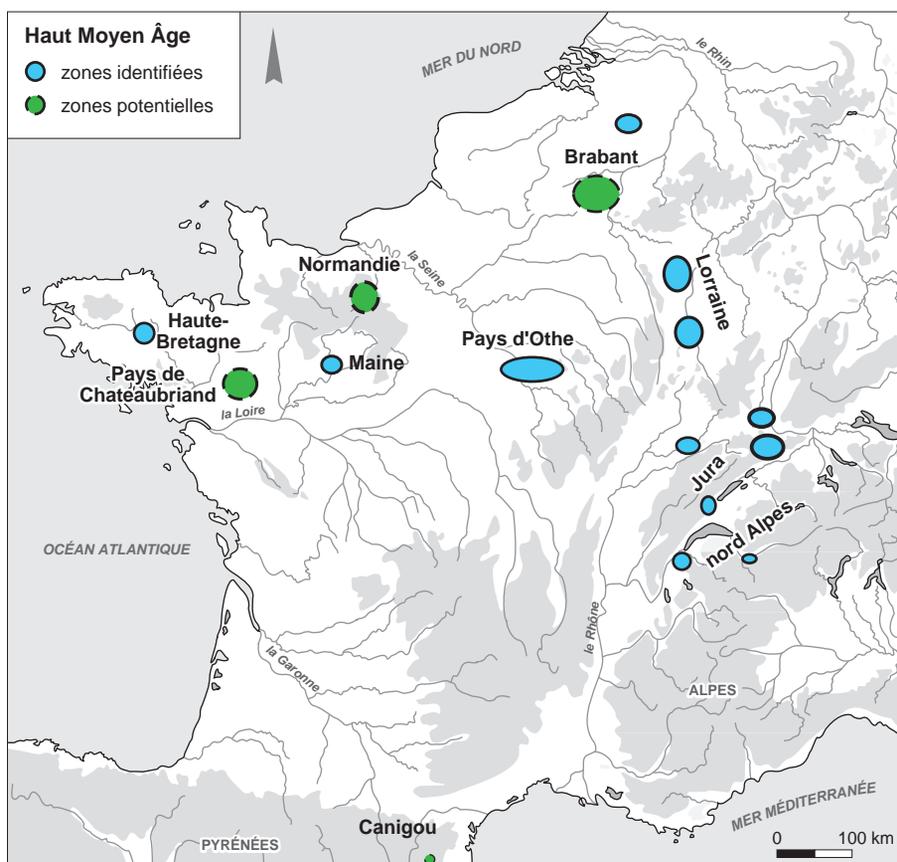


Fig. 68 : Les zones de production de fer au cours du premier Moyen Âge actuellement identifiées entre Rhin et Pyrénées. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Différents modèles d'ateliers de production primaire

Plusieurs ateliers de production primaire du fer ont été fouillés, entre 1984 et 2004, dans la région située autour de la confluence entre les vallées de la Moselle et de la Meurthe, dans l'actuel bassin d'agglomération de Nancy (fig. 69). Ils sont implantés sur le versant de coteaux qui dominent les deux vallées, en amont de leur confluence. Pour la production du fer brut, ces ateliers s'approvisionnent sur les affleurements de minerai d'origine sédimentaire qui s'étalent sous la puissante plateforme calcaire. C'est la fameuse minette, minerai de basse teneur en fer (entre 25 et 50 %), mais dont l'utilisation est aujourd'hui démontrée au moins dès le début du haut Moyen Âge (Leroy, 1997; Leroy, 2009, Leroy *et al.*, 2015).

Ces ateliers révèlent trois modèles différents d'organisation de la production primaire du fer : de petites unités de production de fer brut associée à une première étape de mise en forme du métal; des ateliers de réduction regroupés au sein d'un gros centre de production de fer brut; des ateliers qui développent l'ensemble de la chaîne de production et qui sont insérés dans la trame d'une occupation de type rural, peut-être au côté d'autres activités productives.

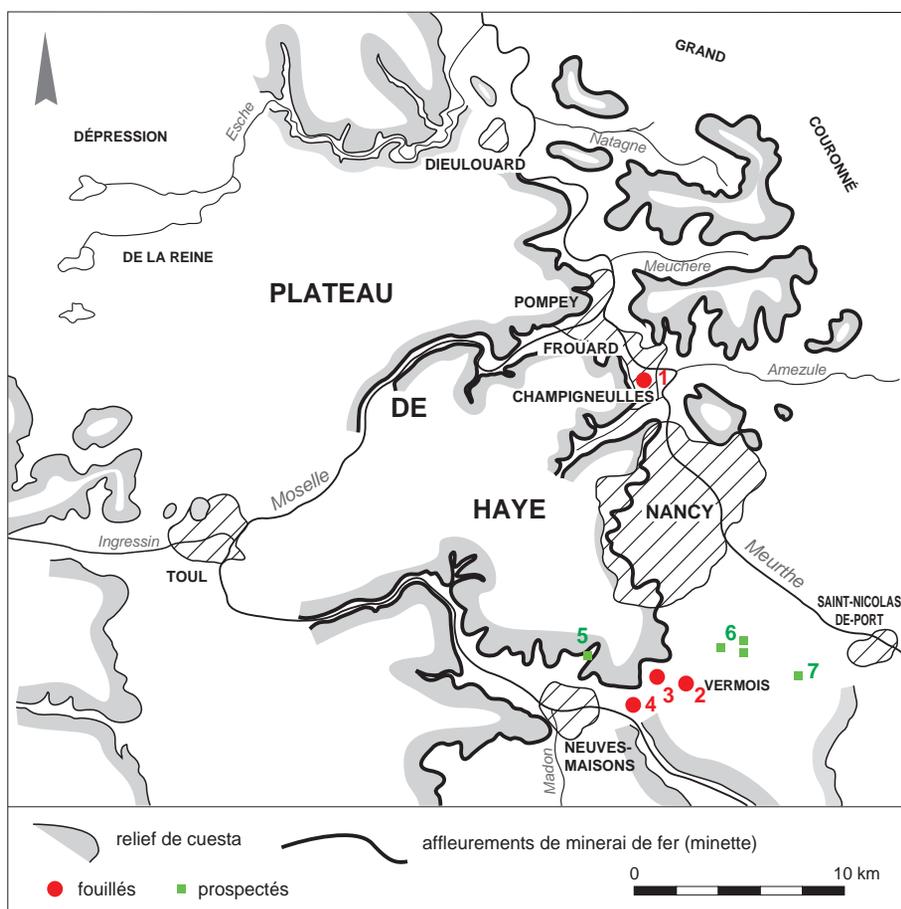


Fig. 69 : Localisation des ateliers de production primaire du fer datés du haut Moyen Âge découverts dans la partie sud du plateau de Haye (Meurthe-et-Moselle) : 1. « Nerbevaux » à Frouard, v^e-vi^e s. ; 2. « Chaudeau » à Ludres, v^e-vi^e s. ; 3. « Hôtel de Ville » à Ludres, viii^e-x^e s. ; 4. « Les Noires Terres » à Messein, vii^e-viii^e s. ; 5. « La Crassière » à Chavigny, ix^e-x^e s. ; 6. « Frocourt, Croix du Soldat, Noire Fontaine » à Fléville ; 7. « la Clavière » à Ville-en-Vermois. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Des petites unités de transformation du minerai de fer

Les sites « Nerbevaux » à Frouard³ et de « Chadeau » à Ludres⁴ (Meurthe-et-Moselle), qui illustrent le premier modèle d'atelier, sont des unités de petite dimension constituées d'une unique aire de travail organisée autour d'un groupe de deux ou trois bas fourneaux et comprenant des aires de stockage et de préparation des matières premières, ainsi qu'une zone de rejet des déchets, le crasier (fig. 70 et 71; Leroy, 1997; Gheller et Leroy, 1999, Leroy *et al.*, 2015). Ce dernier se présente sous la forme d'un amoncellement de couches détritiques mélangeant des restes de minerais non réduits, des blocs de scories fragmentés et des morceaux de parois de four en terre cuite, emballés dans un sédiment charbonneux, reliquat du combustible utilisé. Certainement plus volumineux à l'origine, ces amas de déchets formaient encore, au moment de leur découverte, un dôme aplani d'une dizaine à une vingtaine de mètres de diamètre, pour 0,30 à 0,60 m de hauteur au centre (13 x 11 m, ép. max. 0,60 m à Frouard; 22 x 18 m, ép. max. 0,35 m à Ludres). Les volumes conservés peuvent être évalués à 35 m³ à Frouard et à 45 m³ à Ludres.

Les deux ateliers sont datés de la deuxième moitié du v^e ou de la première moitié du vi^e siècle, mais il n'est pas possible d'en préciser la durée réelle de fonctionnement. Dans les deux cas, les bas fourneaux sont reconstruits totalement au moins une fois, au même emplacement. À Ludres, il est certain que les fourneaux n'ont pas fonctionné simultanément, mais successivement: l'atelier n'en comptait qu'un seul par phase d'activité. La reconstruction complète et le changement d'emplacement du fourneau d'une phase d'activité à l'autre indique peut-être, entre chacune d'elles, une courte période de non-activité (ou d'abandon) de l'atelier.

À l'emplacement de l'atelier, les opérations concernent essentiellement la réduction du minerai de fer, avec pour corollaire la préparation du minerai et du combustible. À Ludres, le replat sur lequel sont implantés les fourneaux est également occupé par des aires rubéfiées jonchées de fragments centimétriques et décimétriques de minerai de fer, portant eux-mêmes des impacts thermiques. Ces espaces correspondent probablement à des aires de calcination des blocs de minerai, opération destinée à faciliter leur concassage en des modules adéquats pour leur enfournement dans les fourneaux de réduction. Ces mêmes espaces, sommairement aménagés, servent aussi vraisemblablement de lieux de stockage de la matière première ainsi préparée, à proximité immédiate des fourneaux. Les ateliers sont approvisionnés en blocs de minerai brut depuis les affleurements situés à quelques centaines de mètres de l'atelier de Frouard et entre un et deux kilomètres de celui de Ludres; toutefois, les sites d'extraction proprement dits ne sont pas connus. Toujours à Ludres, une autre aire rubéfiée, située entre les précédentes et couverte de résidus cendreux et charbonneux, marquerait l'emplacement d'une zone de préparation du charbon de bois, sous la forme d'une ou de plusieurs petites meules, dont la stratigraphie révèle la superposition.

Les bas fourneaux découverts sur ces deux sites sont de modèle identique (fig. 72 a et b). Seule la partie basse du fourneau encastrée dans le terrain encaissant est conservée sur 30 à 50 cm de hauteur. L'emprise au sol forme un rectangle d'environ 1,50 m sur 1,20-1,30 m, prolongé sur le côté non encastré par une cuvette profonde de 15 à 20 cm. La cuve, de plan rectangulaire à angles arrondis, a des dimensions internes d'environ 0,75-0,90 m sur 0,50-0,60 m.

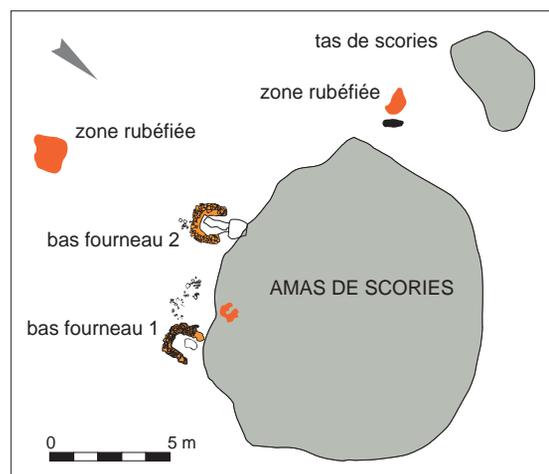


Fig. 70: Plan de l'atelier sidérurgique de « Nerbevaux » à Frouard (v^e-vi^e s.).
© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

3. Responsables d'opération: M. Feller, Afan et M. Leroy, 1990.

4. Responsable d'opération: M. Leroy, 1997.

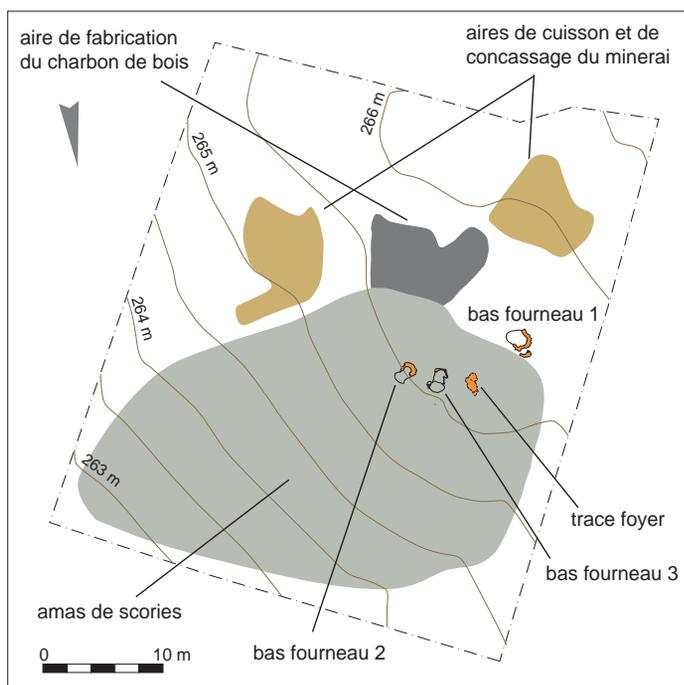


Fig. 71 : Plan de l'atelier sidérurgique de « Chaudeau » à Ludres (v^e-vi^e s.). © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

La paroi frontale, qui intégrait l'orifice d'écoulement de la scorie, a entièrement disparu. L'évaluation du volume des éléments architecturaux effondrés permet d'envisager une hauteur initiale d'environ 1,20-1,30 m. Le volume total de la cuve pourrait ainsi avoisiner le demi-mètre cube (Leroy, 1997, p. 129-130). De gros piliers de blocs calcaires édifiés à l'extrémité des parois latérales assurent la stabilité d'une structure destinée à fonctionner plus d'une fois, comme l'atteste le soin apporté à la construction des parois, épaisses de 40 cm, et les traces de rechapages et de reconstructions. La ventilation est assurée par une seule tuyère, intégrée dans une paroi latérale et débouchant à environ 40 cm au-dessus du fond de la cuve : le bloc-tuyère de forme demi-cylindrique est percé d'un conduit central de 3 à 4 cm de diamètre. Le volume sous tuyère est de l'ordre de 150 à 200 dm³.

Le poids de scories conservées sur chacun des sites est estimé entre 3 et 5 tonnes pour l'atelier de Frouard, et à au moins 10 tonnes pour celui de Ludres (Leroy, 1997; Leroy *et al.*, 2015). Chacun des bas fourneaux, entre chaque reconstruction complète, a ainsi fonctionné plus d'une dizaine de fois, en produisant plusieurs dizaines de kilogrammes de fer par opération. Le nombre total d'opérations de réduction dans chacun des ateliers est sans doute de plusieurs dizaines, peut-être d'une centaine à Ludres, selon que l'on se situe dans une fourchette basse ou haute de calcul de la quantité de fer produite par opération. En soi, ces chiffres sont déjà impressionnants, mais leur signification ne prend tout son sens qu'en évaluant le nombre d'objets qu'il est possible de fabriquer avec un tel volume de fer brut (*infra*).

On peut s'interroger sur la durée de fonctionnement de tels ateliers. Elle peut être de l'ordre de quelques mois, s'il s'agit d'une production continue et si l'on tient compte du temps nécessaire à la construction des fourneaux,



a



b

Fig. 72 : a. Bas fourneau 2 de l'atelier de « Nerbevaux », v^e-vi^e s. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT. b. Bas fourneau 2 de l'atelier de « Chaudeau » à Ludres, v^e-vi^e s. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

à l'approvisionnement et à la préparation des matières premières. Elle peut s'étaler sur quelques années si l'activité est de caractère saisonnier et est fonction des besoins en fer à un moment donné. De tels schémas sont d'ailleurs illustrés dans les pratiques africaines traditionnelles par exemple.

Des indices – comme la présence, parmi les déchets de réduction, de scories en forme de culot et de fragments de fer brut révélant des traces de martelage – suggèrent que le fer produit y est vraisemblablement mis en forme, au moins de façon grossière. Il est possible que l'activité des ateliers s'arrête à ce stade et que ce fer brut soit transformé en fer forgeable dans d'autres ateliers vers lesquels il est acheminé, qu'il s'agisse ou non d'une même chaîne de production. Il est intéressant de signaler que l'atelier de « Nerbevaux » à Frouard se situe à une centaine de mètres seulement d'un atelier de forgeage du fer, daté dans la même fourchette chronologique et réoccupant le bâtiment d'un petit établissement rural d'époque romaine, mais sur la production duquel nous n'avons malheureusement que très peu d'informations (« la Vieille Pierre » à Frouard, *infra*). Compte tenu de la marge d'incertitude des datations, ces ateliers ne sont peut-être pas contemporains.

Des centres de production massive

« Hôtel de ville » à Ludres

L'importance spatiale de l'amas de déchets sidérurgiques découvert sous l'actuel centre urbain de Ludres dépasse de loin celle des ateliers qui viennent d'être présentés (Leroy *et al.*, 1990 ; Leroy, 1997). Plusieurs observations et opérations archéologiques permettent en effet d'envisager que le site s'étend sur une bande de terrain d'au moins de 250 m de longueur et 40 m de largeur, soit au minimum un hectare. L'extension réelle reste encore à préciser. À l'endroit où a été réalisée l'opération archéologique⁵, sous l'actuel Hôtel de ville, l'épaisseur des dépôts atteint plus de 1,50 m. L'examen des stratigraphies montre l'agencement d'une succession de tas qui pouvaient culminer à plusieurs mètres. Le volume de déchets originel devait atteindre plusieurs milliers de mètres cubes et renfermer plusieurs centaines de tonnes de scories. Il s'agit donc d'un centre de grosse production où plusieurs dizaines ou centaines de tonnes de fer brut ont pu être produites.

Son fonctionnement, dont la durée n'est pas connue, est à situer entre le début du VIII^e et la fin du X^e siècle. Des vestiges d'ateliers ont été reconnus à l'intérieur des dépôts. Les ateliers successifs étaient vraisemblablement installés sur le sommet des dépôts des ateliers antérieurs et recouverts eux-mêmes par les déchets des ateliers postérieurs. C'est ce qui a permis la préservation de certains bas fourneaux, dont quatre emplacements ont été fouillés sur une surface représentant moins du dixième de la surface totale de l'atelier (fig. 73). Comme les dépôts de scories qu'ils recourent et ceux qui les recouvrent ne peuvent provenir de leur propre fonctionnement, il faut admettre que d'autres fourneaux les ont précédés et suivis. Le nombre de bas fourneaux n'est donc pas connu, certains n'ayant pas été conservés ou étant situés en dehors de l'emprise de la fouille. Deux bas fourneaux étaient conservés sur plus d'une cinquantaine de centimètres de hauteur. Ils montrent une très forte similitude, tant du point de vue morphologique que du point de vue technologique, avec ceux de « Nerbevaux » à Frouard et de « Chaudeau » à Ludres, pourtant antérieurs d'au moins trois ou quatre siècles, ce qui indique très certainement le maintien d'un même système technique pendant tout le premier Moyen Âge dans cette partie de la Lorraine⁶.

.....
5. Responsable d'opération: M. Leroy, Afan, 1984-1985.

6. Le caractère identique du système technique utilisé du V^e au X^e siècle est confirmé par la similitude des types de scories, tant du point de vue de la morphologie que des compositions chimiques et minéralogiques (Leroy, 1997).

L'ensemble des déchets métallurgiques mis au jour correspond aux résidus des étapes de stockage (blocs de minerai brut et peut-être charbon de bois), de préparation de la matière première (cuisson et concassage du minerai), et de réduction du minerai. Aucun déchet ne se rapporte à une activité postérieure à la réduction. Ce simple constat ne signifie toutefois pas que des travaux de mise en forme du métal n'ont pas été mis en œuvre. Les conditions de fouille, ainsi que l'état des connaissances sur les déchets de post-réduction, encore très partielles à l'époque de la fouille, n'ont probablement pas permis d'en reconnaître les éventuels vestiges.

Le site de l'« Hôtel de ville » à Ludres paraît représenter un modèle de gros centre de production primaire, associant de nombreuses unités de production et caractérisé par des volumes de déchets importants, probablement constitués sur un laps de temps relativement long (plusieurs décennies au moins). La production de fer se chiffre probablement en centaines de tonnes. On peut imaginer que ce centre est contrôlé par une autorité qui organise la production primaire (approvisionnement en minerai et charbon de bois), peut-être sa transformation (mais nous n'en avons pas d'indice), et sans doute son écoulement. En l'état des recherches, les cadres juridiques, politiques et économiques locaux nous sont totalement inconnus.

« La Crassière / le Haldat » à Chavigny

D'autres vestiges suggèrent que ce type de gros centre de production n'est pas un cas unique dans cette partie de l'espace lorrain. À moins de 5 km à l'ouest de Ludres, dans la partie médiane du versant de la *cuesta*, au lieu-dit « la Crassière » à Chavigny, des observations ponctuelles dans les terres des jardins de plusieurs propriétés ou lors de terrassements ont révélé l'existence d'un vaste amas de déchets sidérurgiques anciens couvrant près d'un hectare et demi (150 x 100 m). Les coupes de terrain montrent que l'épaisseur des dépôts atteint de 0,80 m à 1,20 m. Le volume du crassier est donc considérable : une évaluation de la densité des scories, réalisée en 2006 au cours de l'opération archéologique de la « ZAC du Haldat »⁷, donne une fourchette comprise entre 700 et 900 kg par m³, ce qui, rapporté à la surface reconnue, correspond à plusieurs milliers de tonnes, donc dans un ordre de grandeur comparable à celui du site de l'« Hôtel de ville » à Ludres. La couche de déchets métallurgiques a livré des tessons de céramiques attribuables aux VIII^e-X^e siècles, et deux datations radiocarbone sur des charbons de bois précisent une fourchette chronologique centrée sur les IX^e et X^e siècles⁸. Comme pour Ludres, il est vraisemblable que le fonctionnement de l'atelier couvre plusieurs décennies.

En outre, l'intérêt du site réside dans la présence très probablement synchrone⁹ d'un secteur de travail du métal, à une centaine de mètres à l'ouest sur le même replat de terrain. Au cours de l'opération de la « ZAC du Haldat », ont en effet été découvertes quatre cabanes en fosse, associées à quelques fosses et trous de poteaux, qui pourraient faire partie d'un secteur plus densément occupé s'étendant vers le nord et l'est (Gazenbeek *et al.*, 2007). Le comblement de ces structures a livré une cinquantaine de kilogrammes de déchets métallurgiques. Les déchets de réduction y sont, en nombre et en poids, de loin les plus largement

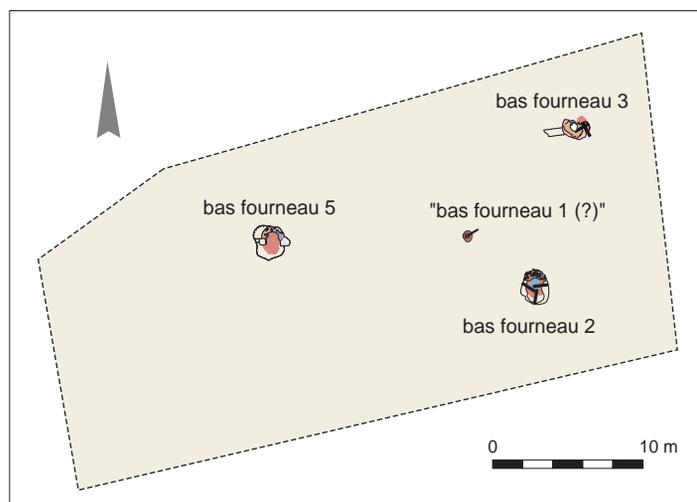


Fig. 73 : Plan de l'atelier sidérurgique de l'« Hôtel de ville » à Ludres (VIII^e-X^e s.).

© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

7. Responsable d'opération : M. Gazenbeek, Inrap.

8. Datations radiocarbone calibrées, intervalles à 2 sigma : [778-969] et [899-1032], avec probabilités à 1 sigma : [811-846], [856-898], [921-944], [986-1021].

9. Datations radiocarbone calibrées, intervalles à 2 sigma : [772-963], [783-988], [892-1153], avec probabilités à 1 sigma : [808-888], [888-904], [913-970], [965-1040].

représentés (au moins 70 % du total); mais plus de 7 kg de déchets correspondent à des activités de post-réduction. Dans les deux cas, le panel des catégories de déchets est incomplet. Comme la plupart sont des morceaux de petites dimensions, l'hypothèse la plus probable est qu'ils sont en position secondaire et ont été, soit apportés volontairement lors de la construction ou de l'utilisation de ces structures, soit incorporés lors du comblement final d'abandon. Les déchets de réduction ont pu être prélevés sur le crassier voisin, tandis que les déchets de post-réduction (qui n'ont pas été observés dans les zones fouillées du crassier) suggèrent la présence dans ce secteur d'un dépotoir de forge, aucun indice archéologique ne permettant toutefois de la situer dans ces cabanes excavées. Certains types de déchets conservés indiquent des activités de martelage/compactage du fer encore relativement brut (débris informes, écailles, fragments avec faces planes détachés de blocs plus importants : fig. 74). Il pourrait donc s'agir du traitement des produits métalliques des ateliers de réduction voisins¹⁰. Par ailleurs, des déchets d'élaboration/mise en forme (chutes de découpe de petits modules) ont également été mis en évidence, suggérant peut-être que le travail ne se limite pas à la mise en forme de semi-produits peu élaborés.



Fig. 74 : Chutes métalliques de travail du fer provenant d'une des cabanes excavées du site de la « ZAC du Haldat » à Chavigny. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

Des chaînes de production en contexte d'habitat

« Les Noires Terres » à Messein

Le site des « Noires Terres » est occupé dans le courant des VII^e-VIII^e siècles. Sur l'espace fouillé (1,5 ha)¹¹, une dizaine de constructions sur poteaux ou sur poteaux et sablières et/ou solins étaient associées à des structures de stockage enterrées ou aériennes et à des fours et foyers voués aux activités de production métallurgique (fig. 75; Prévot et Leroy, 2012). L'occupation paraît s'organiser en bordure et à l'ouest d'un talweg orienté nord-sud, qui a été utilisé comme chemin creux. Ce dernier est progressivement comblé au cours de l'occupation par des apports de déchets métallurgiques (scories, parois de four, minerais) utilisés comme niveaux de remblai et de circulation (l'épaisseur de la stratification atteint 1,50 m à l'extrémité dégagée la plus en aval). L'imbrication des différentes structures indique que l'occupation s'étale dans le temps et que les éléments qui composent le site ne fonctionnent pas de façon synchrone.

Au VII^e siècle, deux unités d'exploitation agricoles, synchrones ou successives, s'implantent dans la partie basse de l'espace fouillé. Chacune paraît composée : d'un bâtiment principal sur poteaux à deux nefs, avec un porche ou un appentis disposé sur un des longs côtés, interprété comme bâtiment d'habitation ; d'un bâtiment annexe sur poteaux à une seule nef, interprété comme un bâtiment agricole (entrepôt ?); d'au moins une fosse excavée quadrangulaire et un silo excavé; de structures de délimitation (fossés avec ou sans palissade, alignements de poteaux : barrières, clôtures ?). L'une de ces unités agricoles est flanquée d'un enclos à cellules, dont les divisions paraissent dévolues à des fonctions différentes : stockage des céréales dans des silos enterrés, entreposages divers, cuisson ou combustion, et autres activités indéterminées (par exemple, une cabane excavée).

Au nord de ces unités, un espace d'environ 35 m de côté (1200 m²) semble consacré à la métallurgie : transformation du minerai de fer en fer métallique (trois bas fourneaux identifiés), transformation de ce fer brut en fer forgeable et,

.....
10. La ressemblance de ces pièces métalliques avec du métal brut issu de la réduction est assurée par leur morphologie et leur structure interne. Leur filiation avec le minerai de fer utilisé sur le site de réduction (la minette) est confirmée par l'étude de la composition chimique de leurs inclusions non métalliques (étude A. Disser, LMC- LAPA/SIS2M).

11. Responsable d'opération : M. Leroy, assisté de M. Prévot, Inrap, 2003-2004.



Fig. 75: Les « Noires Terres » à Messein (VII^e-VIII^e siècles). L'unité d'occupation formée par les bâtiments IV et V, bordés au nord par un fossé curviligne, et celle formée par le bâtiment VII, associée à l'enclos à cellules B, correspondent probablement à une première phase d'occupation, sans doute synchronisée avec les activités de métallurgie du fer situées dans l'espace central au nord des bâtiments et à l'ouest de l'enclos. Les bâtiments II, III, VI et VIII, qui s'installent dans l'espace central en recoupant les structures métallurgiques, et l'enclos à cellules A, appartiendraient à une phase d'occupation postérieure, où le travail du fer n'est probablement pas absent. Le bâtiment IX en bordure du chemin appartient probablement à une phase d'occupation intermédiaire. © M. Leroy, LMC-IRAMAT, et M. Prévot, Inrap.

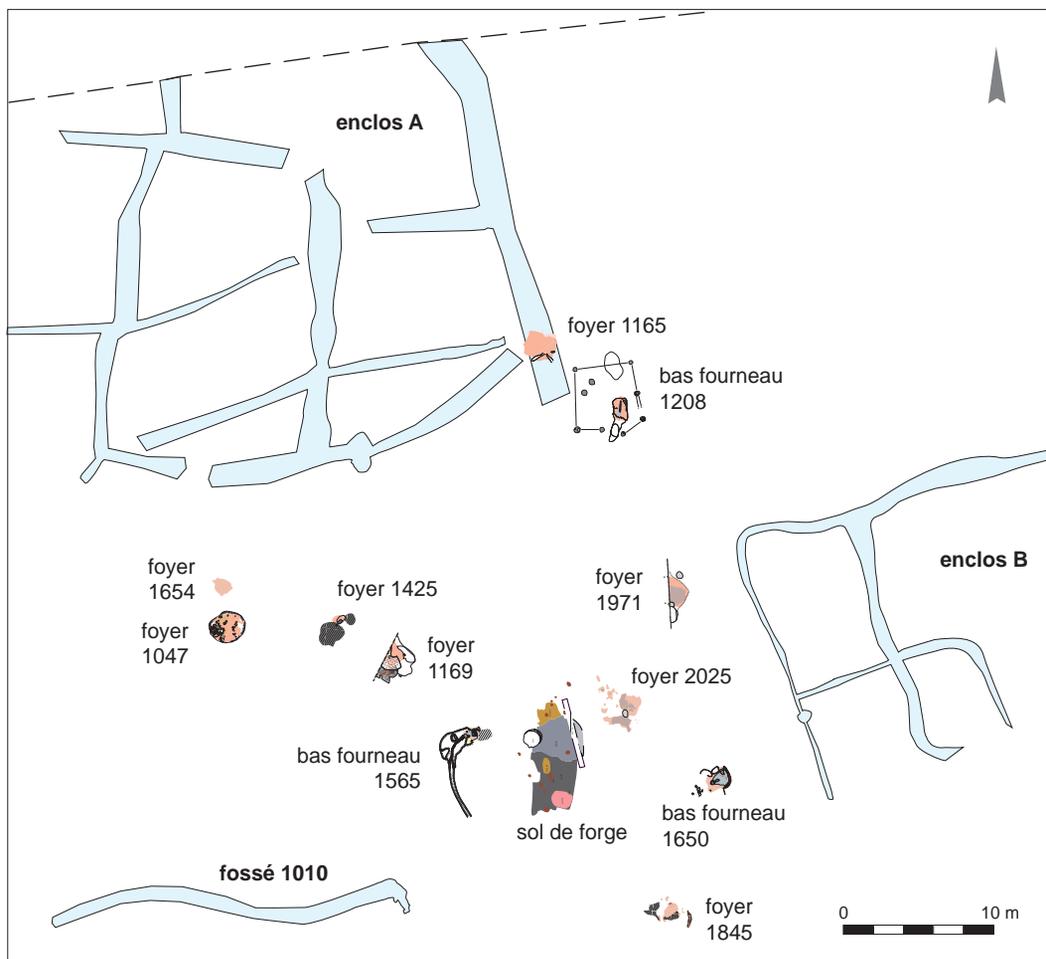
probablement, élaboration de produits finis ou semi-finis, si on en juge par les types de déchets retrouvés et l'accumulation de sols de travail (fig. 76). Plusieurs foyers en cuvette sont dévolus à la préparation des matières premières : cuisson du minerai ou fabrication du charbon de bois.

Un peu plus au sud-est, en bordure occidentale du chemin creux est édifié, vers le milieu du VII^e siècle, un bâtiment sur solins de pierre à la structure plus complexe, dont la vocation (habitation, agricole, artisanale ou autre) n'a pu être établie faute de vestiges suffisamment significatifs. Ce bâtiment pourrait être lié à la production du charbon de bois (épaisse sédimentation associée à des charbonnières), à moins que celle-ci ne lui soit légèrement postérieure (fig. 75).

Au cours du VIII^e siècle, l'espace central paraît avoir été fortement restructuré avec l'implantation de bâtiments (d'habitation ou agricoles?) en lieu et place des ateliers métallurgiques. Ces constructions sur poteaux pourraient être associées à des greniers surélevés sur poteaux, à des silos excavés, à des délimitations de l'espace et à un autre enclos à cellules, qui constitueraient une nouvelle unité d'exploitation agricole. La poursuite de l'activité métallurgique n'est pas formellement assurée.

L'organisation des différents espaces de production métallurgique est en partie obscurcie par l'éparpillement des déchets et leur réutilisation systématique dans les sols d'occupation, pour le calage des poteaux ou la construction des solins, ainsi que dans le comblement des structures excavées. On peut au moins

Fig. 76: Plan de localisation des structures liées à la production du fer sur le site des « Noires Terres » (VII^e-VIII^e s.). © M. Leroy, LMC-IRAMAT, et M. Prévot, Inrap.



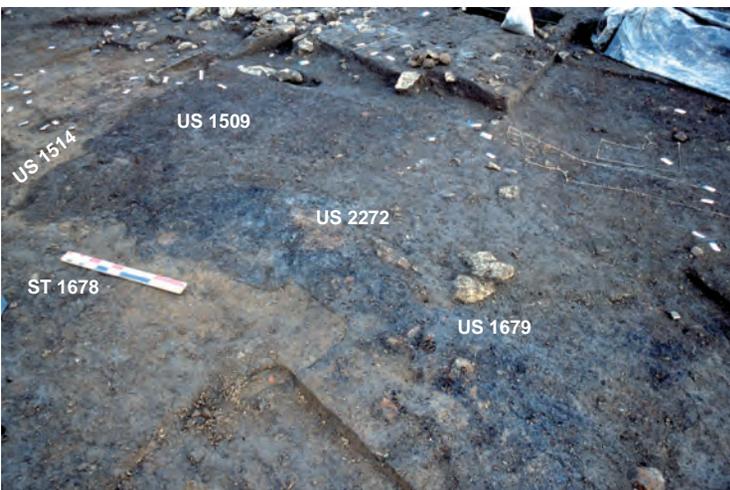
individualiser trois unités différentes, matérialisées chacune autour des vestiges d'un bas fourneau, ainsi que par plusieurs structures de combustion et des sols de travail. La panoplie des déchets et des vestiges montre que la totalité de la chaîne opératoire est présente, à l'exception de l'extraction minière (qui a lieu sur les affleurements situés au plus près à 1 km, mais dont la localisation précise n'est pas connue). La préparation du minerai par calcination avant concassage a lieu dans des foyers en légère cuvette, de 3 à 4 m de diamètre. La fabrication du charbon de bois est réalisée dans des meules aménagées à même le sol dans de faibles dépressions. Plusieurs d'entre elles occupent un même secteur au sud de l'espace fouillé. Mais d'autres sont dispersées au milieu des autres vestiges.

Les bas fourneaux diffèrent notablement des modèles des ateliers présentés ci-dessus. Ils sont plus faiblement encastrés dans le sol; le fond de cuve et la base des parois sont directement modelés dans le terrain encaissant (fig. 77). Leur état d'arasement est important, mais la présence d'un dispositif d'écoulement de la scorie et les traces de réfection observées sur les morceaux de paroi recueillis montrent que ces bas fourneaux étaient destinés à être utilisés plusieurs fois. Les deux plus petits n'excèdent pas 0,45 m de diamètre interne; ils s'apparentent aux bas fourneaux découverts à Vert-Saint-Denis (Seine-et-Marne), datés des VIII^e-X^e siècles (Daveau et Goustard, 2000). Le plus grand, dont la base est encastrée et modelée dans le terrain encaissant, mesure 0,80 m de diamètre interne; il se rapproche des bas fourneaux découverts à Saint-Dizier (Haute-Marne) datés aussi des VIII^e-IX^e siècles (Leroy et Merluzzo, 1998).

Les activités de post-réduction sont surtout connues par l'abondance de certains déchets, comme les scories en calottes, et par la conservation de niveaux de sols d'atelier où se sont accumulés, sur quelques centimètres d'épaisseur et plusieurs mètres carrés, des dépôts de battitures et d'éclats de métal, produits par les travaux de forgeage et piétinés par les artisans (fig. 78). Il paraît très vraisemblable, du fait de la présence concomitante de déchets de réduction et de post-réduction, que des activités de traitement des masses de fer brut ont eu lieu

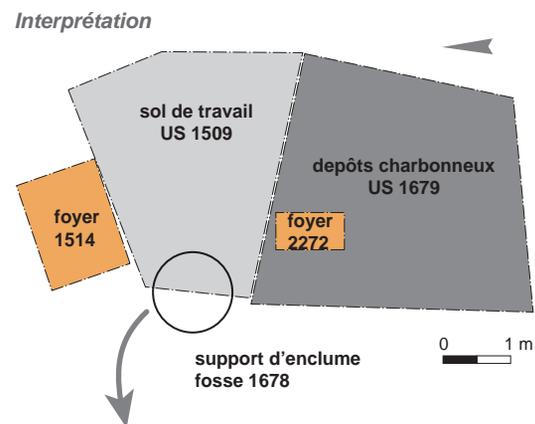


Fig. 77: Vestige d'un des bas fourneaux des « Noires Terres ». © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.



vestiges de sols d'atelier de forge

Fig. 78: Vestiges de sols de travail et d'emplacement de foyers d'un atelier de forge des « Noires Terres », et essai d'interprétation. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.



fosse d'ancrage d'enclume ST 1678



sur place. Cette hypothèse est confirmée par certains types de scories en culot, massives et de grandes dimensions, traduisant le travail de grosse quantité de fer par unité de temps, ainsi que par des déchets métalliques détachés de pièces de fer en cours de compactage (débris plus ou moins informes possédant des facettes plus ou moins planes et une structure interne présentant des reliques de la structure du minerai¹²; fig. 79).

D'autres chutes métalliques (chutes façonnées avec traces de coupe) signalent des activités d'élaboration. Ces déchets des phases de mise en forme des produits ferreux correspondent à de la matière « en trop », « chutée » pendant le forgeage. Leur petit module et leur caractère très élaboré indiquent qu'il s'agit de déchets issus du façonnage de petits objets, donc en bout de chaîne de production. Plusieurs sont des tronçons de petites barres de section quadrangulaire (probablement un des types de demi-produits utilisés). Les alignements d'inclusions écrasées soulignent une structure en bande révélatrice de l'intensité du travail de forgeage. Des chutes-tiges correspondent à des découpes réalisées lors du façonnage d'objets finis. Le métal est toujours très bien travaillé, les inclusions étant déformées et orientées dans le même sens, parallèlement aux deux longues faces. En l'absence d'ébauche ou de raté de fabrication, rien ne permet pas d'identifier la nature de la production.

L'importante quantité de scories présentes sur le site (sans doute plusieurs dizaines de tonnes) suggère une production de fer brut pouvant atteindre au moins une dizaine de tonnes, ce qui correspond à plusieurs tonnes de fer forgeable, à mettre en parallèle de la potentielle longue durée possible d'occupation. Des produits finis sont incontestablement réalisés sur place, mais rien n'exclut, pour une partie de la production, une simple mise en forme et une exportation de produits semi-finis (fig. 80).

Fig. 79: Déchets de mise en forme et de travail du fer aux « Noires Terres » : chutes facettées de compactage et chutes façonnées de mise en forme. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

.....
12. Il s'agit de fragments composés de métal et de scorie en proportions variables présentant une, deux ou trois faces planes reliées par une surface déchiquetée et très irrégulière. Cette morphologie laisse supposer qu'ils se sont détachés d'un plus gros bloc de fer (la face irrégulière correspondant à la zone de cassure). La structure interne du métal, la présence de scorie en quantité plus ou moins importante et de reliques de structure de minerai (fantômes d'oolithes) permettent de les interpréter comme des chutes de compactage lors du traitement des masses de fer brutes. La composition chimique des inclusions de scorie confirme la signature de la minette.

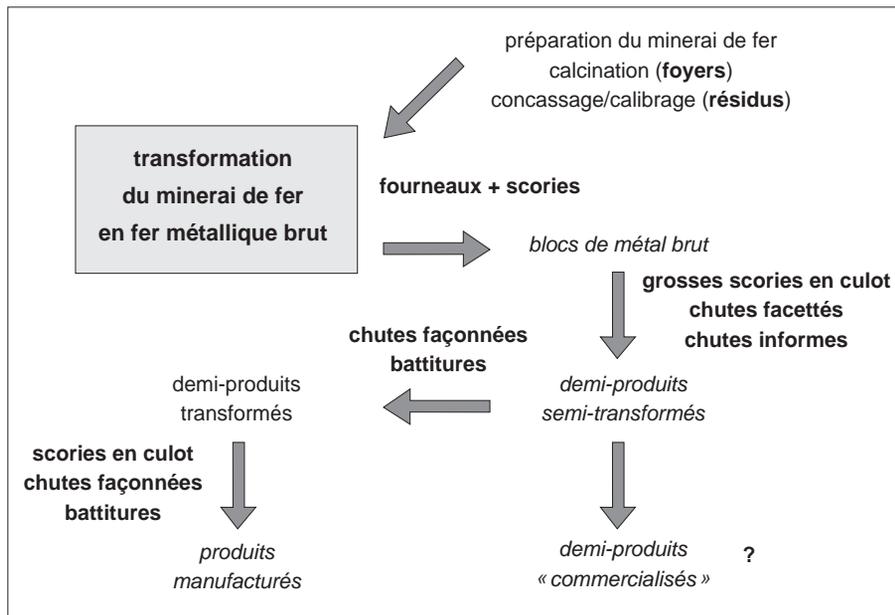


Fig. 80 : Proposition de reconstitution des étapes de la chaîne de production et de travail du fer présentes sur le site des « Noires Terres », d'après les types de vestiges archéologiques découverts (en gras). En corps droit, les étapes identifiées par les vestiges. En italique, les étapes supposées. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

« Les Hameaux de Veymerange » à Thionville-Veymerange

Au moins un autre site étudié présente une configuration évoquant celle des « Noires Terres » à Messein. Il s'agit de l'habitat des « Hameaux de Veymerange », à Thionville (ancien ban de Veymerange; Peytremann, 2003). Les vestiges découverts (fin VIII^e-fin XII^e siècle) s'apparentent à une des unités d'occupation mises en évidence à Messein. Quatre bâtiments de surface, trois silos, deux segments de fossés, une palissade et un foyer, auxquels il faut ajouter un empierré interprété comme un chemin, s'étendent de part et d'autre d'un paléochenal. Dix kilogrammes de déchets sont éparpillés sur l'ensemble du site dans de nombreuses unités stratigraphiques. Ils appartiennent à deux séquences: la transformation du minerai en fer métallique et le travail du fer. Si les déchets de la première séquence sont peu nombreux (moins de 1 kg), ils révèlent probablement l'existence à proximité d'un atelier de réduction du minerai, d'autant qu'une analyse chimique d'un échantillon de scorie confirme l'utilisation de la minette, dont les affleurements les plus proches sont situés à moins de 5 km. Le fer produit est peut-être ensuite travaillé dans cet habitat. Toutefois, sur l'espace fouillé, aucun vestige ne permet d'identifier des structures d'atelier, en dehors d'une petite structure de combustion en cuvette, sur la rive opposée du paléochenal.

Le travail du fer au sein des habitats ruraux

Dans la région étudiée, 25 sites d'habitat, sur un total de 50 sites recensés pour cette période du premier Moyen Âge (du ^v^e au ^{xii}^e siècle), ont livré des vestiges ou des indices d'activité de métallurgie du fer (fig. 81 et tabl. 15)¹³. Un seul concerne, avec certitude, le milieu urbain (ou suburbain): le quartier de l'amphithéâtre antique à Metz. Tous les autres sont des occupations en milieu rural. Ils sont situés, soit dans la vallée elle-même, soit sur les versants qui la dominent. Six sont localisés dans le pays thionillois, deux autour de la confluence Moselle-Orne, cinq dans le pays messin, cinq dans la région de Nancy, et trois autour de Pont-à-Mousson. Parmi ces 25 sites, cinq sont des habitats où une chaîne de production complète (associant réduction du minerai et forgeage du fer) a été identifiée ou est supposée exister: ils correspondent à la catégorie présentée ci-dessus. Deux autres sont d'interprétation difficile parce que la découverte ancienne n'est plus vérifiable ou parce que la fenêtre d'observation était trop restreinte¹⁴. C'est donc un total de 18 sites d'habitat qui ont livré uniquement des vestiges mobiliers d'activité de forgeage du fer et parfois des vestiges d'atelier.

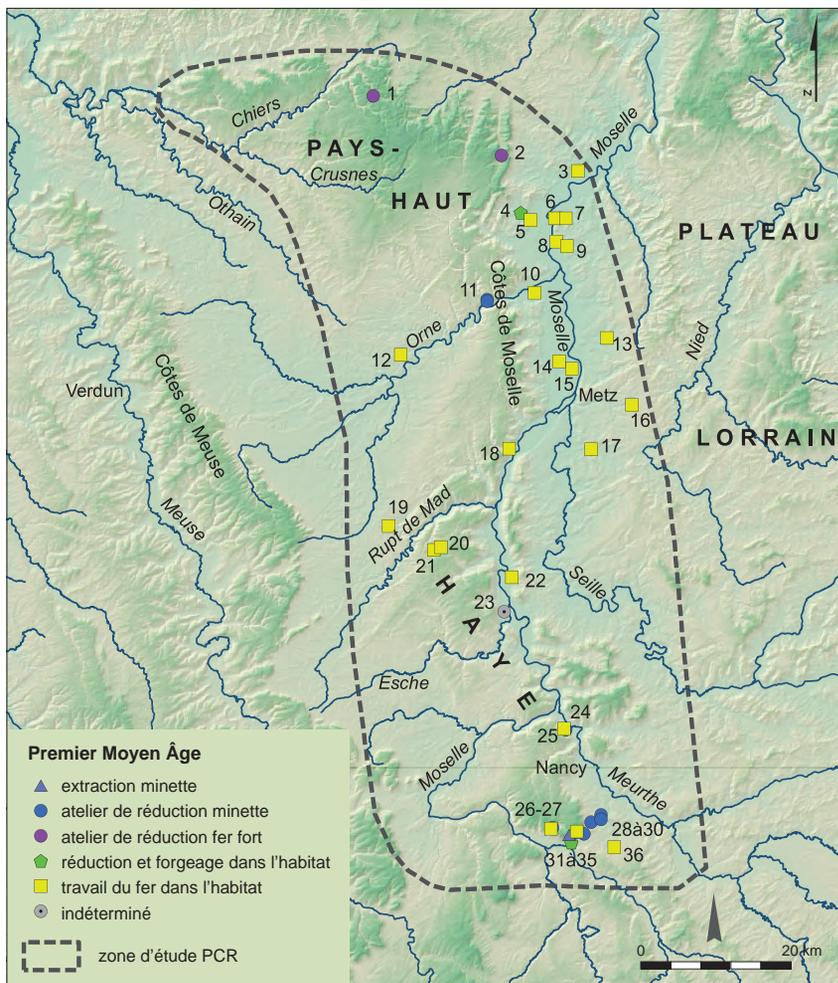


Fig. 81 : Carte de localisation des sites du bassin de la Moselle et de ses marges ayant livré des vestiges de métallurgie du fer du premier Moyen Âge (^v^e-^x^e s.). Les numéros correspondent à la liste figurant dans le tableau 15.
© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
13. Sont exclus de ce total, les sept sites identifiés comme des ateliers de production primaire non intégrés à des habitats et présentés *supra*.

14. « Quartier-Saint-Epvre » à Blénod-les-Pont-à-Mousson: mention de découvertes de « creusets et scories » parmi des vestiges d'occupation du haut Moyen Âge rapportée en 1930 et donc invérifiable aujourd'hui. « Sainte-Marie » à Escherange-Molvange, où seules quatre scories écoulées de réduction ont été découvertes dans le comblement d'un fond de cabane (responsable d'opération: F. Gérard, Inrap, 2000).

Tabl. 15 : Liste des sites du bassin de la Moselle et de ses marges ayant livré des vestiges de métallurgie du fer datés du premier Moyen Âge. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Sites	Type de site	Datation	Réduction	Forge	n° carte
Hussigny-Godbrange (57) Bois d'Haouy	Atelier métallurgique	V ^e -VI ^e s.	X		1
Eschrang-Molvange (57) Rue des Fontaines	Habitat rural	VI ^e s.	X		2
Cattenom-Hussange (57) Rue des Peupliers	Habitat rural	VII ^e -XII ^e s.		X	3
Thionville-Veymerange (57) Kappesbach/les Hameaux	Habitat rural	VIII ^e -X ^e s.	X	X	4
Terville (57) Hinter der längen Gärten	Habitat rural	VII ^e -XII ^e s.		(X)	5
Yutz (57) ZAC du Vieux Bourg	Habitat rural	IX ^e -XII ^e s.		(X)	6
Yutz (57) Giratoire RD1/A31	Habitat rural	VI ^e -XII ^e s.		(X)	7
Yutz (57) Haute-Yutz	Habitat rural	IV ^e -XII ^e s.		(X)	7
Illange (57) Mégazone, site 2	Habitat rural	VIII ^e -XII ^e s.		X	8
Bertrange-Immeldange (57) Saint-Rémy	Habitat rural	IX ^e -XI ^e s.		X	9
Amnéville (57) ZAC Cimenterie	Habitat rural	V ^e -VI ^e et XII ^e -XIII ^e s.		(X)	10
Moyeuve-Grande (57) Clédebé-Mangin	Atelier métallurgique	VII ^e s.	X		11
Hatrize (54) Côte Renvers	Habitat rural?	HMA		X	12
Antilly (57) le Grand Pâturel	Habitat rural?	HMA		X	13
Woippy (57) les Grandes Trappes	Habitat rural	IX ^e -X ^e s.		(X)	14
La Maxe (57) Clos des Lignièrès	Habitat rural	V ^e -IX ^e s.		X	15
Montoy-Flanville (57) En Zoque	Habitat rural	V ^e -IX ^e s.		X	16
Peltre (57) Crépy	Habitat rural	VII ^e -X ^e s.		X	17
Ars-sur-Moselle (57) Rue Foch	Habitat rural	V ^e -VI ^e et IX ^e -XII ^e s.		X	18
Charey (54) les Noires Terres	Habitat rural?	HMA		X	19
Prény (54) Frichamps	Habitat rural	VI ^e -X ^e s.		X	20
Prény (54) Ferme de Tautecourt	Habitat rural	VI ^e -X ^e s.		X	21
Pont-à-Mousson (54) la Vitrée	Habitat rural	IX ^e -XI ^e s.		(X)	22
Blénod-les-Pont-à-Mousson (54) Quartier Saint-Epvre	Habitat rural?	HMA		(X)	23
Frouard (54) la Vieille Pierre	Habitat rural	IV ^e -V ^e s.		X	24
Frouard (54) Nerbeuvaux	Atelier métallurgique	V ^e -VI ^e s.	X		25
Chavigny (54) le Haldat	Habitat rural	VIII ^e -X ^e s.	X	X	26
Chavigny (54) la Crassière	Atelier métallurgique	VIII ^e -X ^e s.	X		27
Fléville-devant-Nancy (54) Croix du Soldat	Habitat rural	HMA	X	X	28
Fléville-devant-Nancy (54) Noire Fontaine	Habitat rural	HMA	X	X	29
Fléville-devant-Nancy (54) les Prays	Atelier métallurgique habitat rural?	HMA	X	X	30
Ludres (54) Chaudeau	Atelier métallurgique	V ^e -VI ^e s.	X	X	31
Ludres (54) Hôtel de ville	Atelier métallurgique	VIII ^e -X ^e s.	X		32
Ludres (54) rue de l'Église	Habitat rural	VIII ^e -X ^e s.		X	33
Messein (54) le Vieux Marché	Vestiges d'extraction minière	HMA			34
Messein (54) les Noires Terres	Habitat rural spécialisé?	VII ^e -VIII ^e s.	X	X	35
Lupcourt (54) Praoué	Habitat rural	HMA		X	36

Dans la majorité des cas (10 sur 18), la datation des sites est imprécise ou couvre tout le premier Moyen Âge. En revanche, huit sites ont fourni des datations plus précises : cinq aux ^v^e-^{vi}^e ou aux ^{vi}^e-^{vii}^e siècles, deux aux ^{ix}^e-^x^e siècles et un aux ^x^e-^{xiii}^e siècles. Les connaissances relatives à ces habitats sont assez variées, de même que les surfaces explorées (de 130 m² à 5,5 ha). Les fenêtres d'observation ne correspondent que rarement à la totalité de l'occupation. Le niveau de conservation des structures archéologiques est également très variable, ce qui joue incontestablement un rôle dans la représentativité des déchets métallurgiques. Les quantités de déchets recueillis varient considérablement, de 1 ou 2 kg à plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de kilogrammes, principalement lorsque la surface fouillée est importante ou que des zones de dépotoir ou les horizons d'atelier ont été mis au jour (par exemple « ZAC Amphithéâtre » à Metz, plus de 1,5 tonne de déchets¹⁵). Sur la plupart des sites, les déchets de travail du fer sont dispersés dans le comblement de nombreuses structures en creux (fosses, cabanes excavées, puits). Il s'agit parfois de réutilisations intentionnelles pour le calage de poteaux, l'assainissement de sols ou de voies de circulation. Quatre de ces sites ont été étudiés. Ils représentent quatre contextes socio-économiques différents. Deux sont datés du début du haut Moyen Âge, un du cœur de la période mérovingienne, un autre de la seconde moitié du premier Moyen Âge.

« La Vieille Pierre » à Frouard

L'habitat de « la Vieille Pierre » correspond à deux bâtiments à soubassement de pierre, associés à des constructions légères sur poteaux, dont l'occupation principale semble couvrir les ⁱⁱⁱ^e et ^{iv}^e siècles¹⁶ (Geindre, 1983). À la fin du ^{iv}^e ou au ^v^e siècle, un bâtiment à armature de poteaux est installé dans l'espace occupé par l'un des bâtiments précédents. Il a livré un ensemble de vestiges de travail de forge (164 restes pour un poids total de 4,9 kg). Des scories, dont certaines en forme de culots plano-convexes, des éléments de paroi de foyer et de tuyère en argile, des agglomérations de battitures et des chutes de métal sont associés à plusieurs petites pièces de fer terminées par une tige de préhension, pouvant être interprétées comme des demi-produits (fig. 82). Elles se présentent sous une forme tronconique, d'une quinzaine de centimètres de longueur, terminée par une tige effilée, parfois repliée; leur poids se situe entre 400 et 500 g. Elles sont

Fig. 82 : Probables demi-produits tronconiques et bipyramidaux, très épurés, de « la Vieille Pierre » à Frouard (cliché M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT).



.....
15. Responsable d'opérations, entre 2006 et 2008 : F. Gama, Inrap. Ce secteur de la ville antique a révélé une vaste zone de dépotoirs artisanaux des ^v^e-^{vi}^e siècles, au sud de l'amphithéâtre. L'étude des déchets de métallurgie du fer n'a pu être réalisée dans le cadre de ce travail.

16. Responsables d'opérations : L. Geindre, 1970 ; L. Ollivier, SDA, 1986-1987 et M. Feller, Afan, 1990.

constituées d'un métal très bien épuré. Leur petit gabarit montre qu'il s'agit d'ébauches destinées à la mise en forme de pièces de taille moyenne, comme des couteaux par exemple, d'autant que des déchets de taille d'andouillers de cervidés, peut-être destinés à la fabrication de manches d'outils, ont également été découverts dans les mêmes contextes stratigraphiques.

Cet atelier est situé à moins d'une centaine de mètres de l'atelier de production primaire de « Nerbevaux » à Frouard, présenté ci-dessus, qui se place dans la même tranche chronologique. Même si la contemporanéité des deux ateliers ne peut être assurée (quelques décennies peuvent séparer les deux implantations), il est tentant d'émettre l'hypothèse de leur association dans la cadre d'une chaîne de production où le fer brut produit par les fourneaux du premier serait transformé en demi-produits forgeable et en objets forgés dans le second. L'association des deux sites, dans le cadre d'une petite unité de production artisanale, alimenterait ainsi un marché local.

« Tautecourt » et « Frichamp » à Prény

À 3 km du village de Prény sur le revers des Côtes de Moselle, à 5 km environ à l'ouest de la vallée de la Moselle, les fouilles ont permis la mise au jour partielle d'un site d'habitat au lieu-dit « Tautecourt », décapé sur 1,8 hectares, et, à 100 m de là environ, d'une nécropole au lieu-dit « Bois Lasseau » ; enfin, à 900 m de distance du précédent, un second site d'habitat a été découvert au lieu-dit « Frichamp », dont la superficie est estimée (0,6 ha ayant été fouillé) à plus de 4 ha¹⁷ (Frauciel, 2008 et 2011). Le site de « Tautecourt » et la nécropole voisine sont implantés sur le versant d'un large vallon sec et bénéficient d'une exposition sud, tandis que « Frichamp » occupe le sommet du même talweg. Les deux habitats sont occupés du VI^e au X^e siècle environ.

Les témoignages d'un habitat stabilisé du premier Moyen Âge apparaissent à « Tautecourt » à partir du début du VI^e siècle et ne s'interrompent qu'au début du X^e siècle. Plusieurs phases de construction ont pu être mises en évidence sur la base de l'étude de l'architecture et de l'organisation des bâtiments, ainsi que par l'étude du mobilier métallique et céramique. Aux phases I et II (début VI^e-milieu VIII^e siècle), l'occupation est composée d'un ensemble de bâtiments sur poteaux associés à des cabanes excavées et à quelques fosses et structures de combustion, dispersés de manière assez lâche, sans qu'aucun élément de parcellaire n'ait été reconnu. La connaissance de cette occupation est partielle, car située dans la partie nord de l'espace décapé ; il est probable qu'elle se prolonge au-delà des limites de fouille. La vocation du site semble principalement agricole, peut-être plus spécialement tournée vers l'élevage des ovi-caprinés (laine ? activités textiles ?). Toutefois, la découverte d'un peu plus de 2 kg de macrorestes et de microrestes scorifiés ou métalliques atteste d'activités de travail du fer.

Le site de « Frichamp » est occupé du VI^e au X^e siècle environ. La fouille a livré le plan d'une petite vingtaine de bâtiments qui peuvent être attribués à la période mérovingienne. Ils se répartissent de manière assez aérée sur un espace qui ne semble pas avoir été occupé auparavant et qui ne sera pas reconstruit par la suite. Leur plan est bien lisible car la plupart ne présentent pas de trace de reconstruction, mais seulement quelques infimes réfections. Leur architecture est identique à celle des bâtiments mérovingiens de « Tautecourt », certains possédant la même orientation et étant construits à partir des mêmes modules. L'image qui s'en dégage est celle d'une occupation de l'espace sur un mode extensif. La présence, dans le comblement de plusieurs fosses associées à trois constructions sur poteaux, de quelques scories, de fragments d'objets, en alliage

.....
17. Responsable d'opération : M. Frauciel, Inrap, 2003.

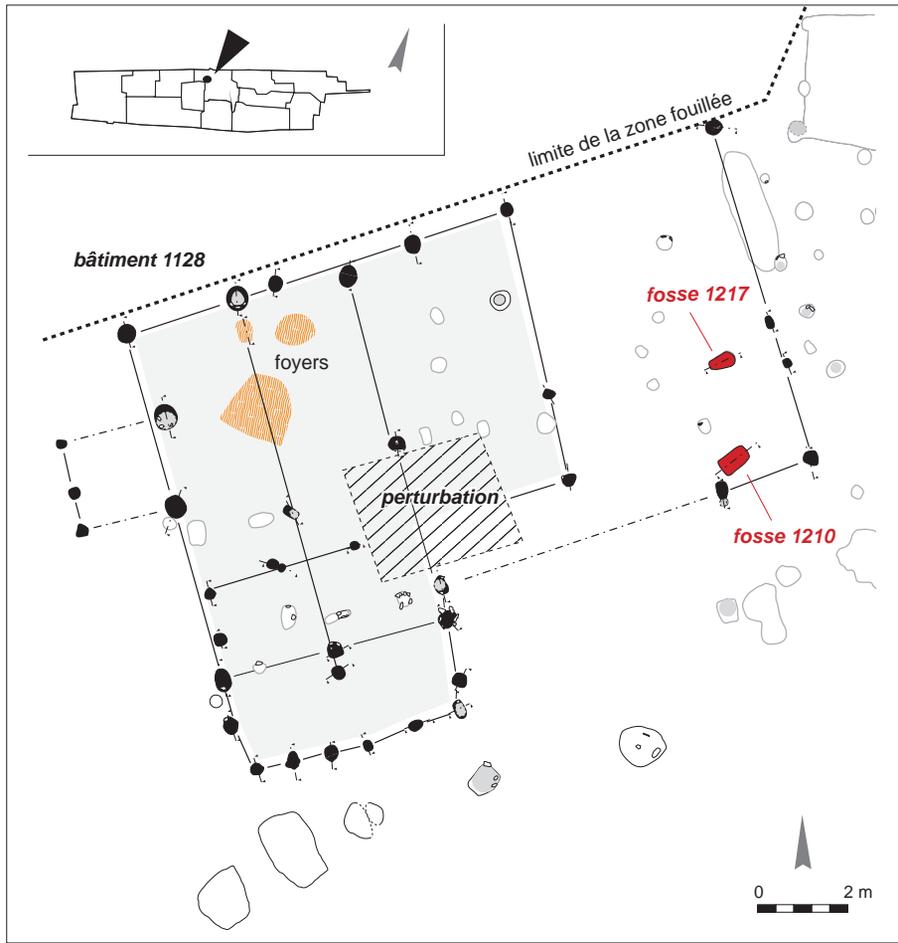


Fig. 83 : Plan du bâtiment ST 1128 de « Tautecourt » à Prény avec l'enclos dans lequel se trouve le foyer en fosse ST 1210 dont le comblement contenait des battitures. © M. Frauciel, Inrap.

cuivreux et en fer, et de nodules de terre cuite pourrait constituer des indices ténus d'une activité de forge. Ces fosses et les constructions sur poteaux associées sont datées par le mobilier céramique recueilli des VI^e-VII^e siècles.

Sur chacun des deux sites, les déchets métallurgiques, déjà peu nombreux, sont aussi très dispersés. Ainsi, aucune concentration ne permet d'identifier avec certitude un dépôt d'atelier, mais les deux sites ne sont reconnus que de façon très partielle. À « Tautecourt », une seule structure a livré des microdéchets magnétiques de type battitures. Il s'agit d'une cuvette à fond plat qui renfermait un sédiment cendré (fosse 1210). Ses parois ne paraissant pas rubéfiées, il est difficile d'affirmer qu'il s'agit d'un foyer, même si trois fragments de parois vitrifiées y ont été découverts. La structure se situe dans un enclos associé à un bâtiment sur poteaux (bâtiment 1128 : fig. 83). Dans l'enclos, à moins de 3 m de la fosse 1210, une autre fosse, aux caractéristiques morphologiques similaires, n'a pas livré de déchets métallurgiques¹⁸. En revanche, dans l'environnement immédiat du bâtiment et de l'enclos, trois autres structures en ont livré : deux cabanes excavées (une trentaine de restes et une chute de fer) et une fosse (une scorie). Le remplissage d'une des cuvettes à fond plat a aussi livré un petit fragment de grenat taillé en triangle, identique à ceux utilisés pour les bijoux à décor cloisonné, et dont des exemplaires similaires ont été recueillis dans la nécropole voisine. Ce semblant de concentration de déchets métallurgiques pourrait suggérer la localisation d'un atelier.

.....
18. Ces deux fosses n'ont pas livré de mobilier significatif permettant leur datation. Le mobilier céramique du comblement des poteaux du bâtiment 1128 et de l'enclos associé est homogène et indique une datation dans la phase I, c'est-à-dire le VI^e siècle.

Les déchets collectés attestent une activité de forgeage du fer, probablement pour la mise en forme d'objets de petites dimensions si l'on s'en tient aux gabarits des scories et des chutes métalliques. Probablement peut-on envisager aussi des activités de réparation. Un seul type de raté de fabrication a pu être mis en évidence : des arpillons scutiformes de boucle de ceinture se rapportant sans doute à des plaques-boucles triangulaire du type Legoux 172, en usage au VII^e siècle (Legoux *et al.*, 2004, p. 32 et 53), ce qui suggère que ce type d'objet a été fabriqué dans l'atelier. Une possible pointe de flèche et une possible barrette de fourreau pourraient aussi être des ébauches, car ces objets ne paraissent pas terminés. Certains objets en fer sont peut-être aussi en relation avec cette activité de forgeage (lime, ciseau, coin, poinçons), tout comme éventuellement les outils associés au travail du cuir (alènes, poinçons) dans l'optique d'une fabrication de ceinture complète. Sur le site de « Tautecourt », le mobilier est très abondant, même « anormalement » abondant pour un site d'habitat rural si on le compare à beaucoup d'autres tant en ce qui concerne la céramique, la faune que le nombre d'objets métalliques. Il n'y a pas d'objets traduisant un niveau de richesse particulier : il s'agit surtout d'outillage et de nombreux fragments d'objets. Toutefois, l'abondance du mobilier, en particulier métallique, est intrigante. Peut-on y voir un rapport avec une production sur place ? Dans la nécropole voisine, certaines tombes reflètent un niveau social élevé, sans être les plus riches connues en Lorraine. On peut ainsi se demander si l'existence d'une forge dans ces habitats est une caractéristique à mettre en relation avec le type de population enterrée dans la nécropole, ou si cette activité est un caractère commun aux habitats groupés de cette période. En d'autres termes, la présence d'atelier(s) de forge, produisant des objets, notamment vestimentaires, participe-t-elle à un certain statut de l'habitat ?

« Mégazone site 2 » à Illange

Les fouilles préventives menées en 2006 à Bertrange et Illange (Moselle), au sud de Thionville, ont mis au jour un site médiéval en bordure du ruisseau du Thilbach¹⁹. Sur une surface de près de 4 ha ont été recensées des occupations couvrant le Néolithique, l'âge du Bronze, l'âge du Fer, le Haut-Empire et le Moyen Âge. L'occupation médiévale, bien cernée, se développe sur la berge sud du vallon où coule le ruisseau du Thilbach, sur une largeur d'une vingtaine de mètres. Elle est limitée au sud-est par un chemin empierré et se poursuit au sud-ouest hors du décapage. La surface de la zone fouillée est de 2 327 m².

Quatre bâtiments sur poteaux implantés parallèlement au vallon ont été découverts. Il s'agit de trois bâtiments à deux nefs qui mesurent de 5,5 à 6 m de large pour une longueur de 8 à 9 m et d'un bâtiment à une nef de dimensions semblables. Ils forment deux zones de concentration de poteaux, séparées par un espace où un puits est implanté. La superposition des plans de bâtiment atteste au moins une phase de reconstruction. Un des bâtiments abrite une petite structure de combustion, de type foyer excavé. Une structure de combustion ayant livré des battitures, ainsi que des tranchées étroites, sont localisées à proximité immédiate du bâtiment à une nef, en bordure du ruisseau. Ces structures qui contenaient de nombreuses scories pourraient être associées à une activité de métallurgie du fer.

Les vestiges sont scellés d'une couche noire de sédiments mêlée de nombreux restes anthropiques (scories, mobilier céramique et lithique, objets métalliques, faune etc.), d'une épaisseur de 40 à 50 cm. Dans le vallon déjà quasiment comblé (séquences de comblement datées du Bronze final, de La Tène finale

.....
19. Responsable d'opération : M. Frauciel, Inrap, 2006.

à l'Antiquité) a été implantée une série de longs bacs disposés en enfilade, qui fonctionne très certainement avec le ruisseau. Ces bacs, dont la fonction n'est pas définie, pourraient être associés à l'occupation médiévale. La datation de cette occupation, qui semble de courte durée, reste à préciser; le mobilier céramique est comparable à celui d'ensembles clos fouillés dans des communes limitrophes et datés des XI^e-XII^e siècles.

La masse totale de déchets métallurgiques collectés s'élève à un peu moins de 20 kg (18 900 g quantifiés). Les catégories typomorphologiques représentées correspondent exclusivement à des déchets de forge. La quantité et la masse de déchets retrouvés ne sont pas très importantes, mais restent significatives d'une activité réelle, d'autant qu'il n'est pas certain que la totalité de l'habitat ait été fouillée et que toutes les zones de rejet aient été retrouvées. Le nombre minimum de culots de forge produits sur le site est d'environ 30 à 40, soit autant d'unités de travail. La moitié des culots est constituée de scorie grise dense (matrice fayalitique et amas ou îlots de wüstite) surmontée par une strate ou des inclusions argilo-sableuses. Ils correspondent à des travaux, à hautes températures, de mise en forme du métal. Un autre tiers est composé de scorie riche en plages de fer métallique ou d'amas de magnétite provenant du fer perdu et oxydé lors des chauffes. Ces pertes résultent de travaux plus spécifiques, toujours à hautes températures, qui « consomment » du fer métallique (compactage de fer plus ou moins épuré, grappage de petits morceaux de fer, accidents de chauffes liés à la nature du métal, travail de métal très carburé comme le suggère la présence d'un petit bloc d'acier...) (fig. 84). Ce petit bloc pourrait aussi témoigner du travail de métal brut, nécessitant une phase d'épuration de premier compactage, cet élément s'étant détaché par surchauffe de la masse principale travaillée.

Si on examine la répartition des déchets sur le site (abstraction faite de potentielles zones de rejet en dehors de l'emprise), on s'aperçoit que les deux plus fortes concentrations sont situées immédiatement en bordure du bâtiment 1 : contre son pignon nord (dans et autour du puits) et le long de sa façade occidentale. Chacune de ces deux zones regroupe le tiers du poids des déchets. Ailleurs (trous de poteau et fosses au sud et à l'est du bâtiment 1, ou dans le bâtiment 2), les éléments sont épars et toujours en petit nombre. Autour du puits, les déchets sont peu nombreux et de petites dimensions (à l'exception de trois culots). Ceux contenus dans le puits sont majoritairement des fragments de dimensions petites ou moyennes, qui appartiennent probablement aux couches de comblement. En revanche, sur le côté ouest du bâtiment, la fosse 3099 et son environnement immédiat regroupent 11 des 21 culots entiers et 65 des 92 fragments de culots. Par ailleurs, la présence de battitures dans les sédiments comblant le bassin 3120, situé à quelques dizaines de mètres au nord, accrédite une localisation de l'atelier de forge dans ce secteur. À proximité de la fosse 3099, la structure de combustion 3097 (qui n'a livré qu'un petit fragment de scorie ferreuse) pourrait être un vestige de cet atelier: sa morphologie oblongue et les traces de rubéfaction sur le fond et les parois ne sont pas incompatibles avec une telle fonction (les foyers de forge sont souvent en cuvette plus ou moins allongée), sans être toutefois des indices déterminants (la profondeur paraît un peu importante – 20 à 30 cm – et l'épaisseur de la rubéfaction centimétrique). Si tel était le cas, l'atelier serait situé à l'extérieur du bâtiment 1, mais contre sa façade ouest (sous un appentis?).



Fig. 84 : Petit bloc d'acier très carburé retrouvé parmi les déchets d'atelier autour du bâtiment ouest de « Mégazone » à Illange : forme grossièrement parallélépipédique, surfaces irrégulières, dont une avec des reliefs lobés, une autre avec des vacuoles. Une des faces évoque une surface aplatie (mise en forme). Métal à structure dense, contenant quelques vacuoles plurimillimétriques. L'aspect général semble indiquer qu'un état de fusion a été atteint. Il s'agit d'un fer très carburé proche de la fonte. © M. Leroy et P. Merluzzo, LMC-IRAMAT.

L'organisation de la production du fer

Les ateliers de production et de travail de la région des Côtes de Moselle qui viennent d'être présentés mettent en évidence différents modes d'organisation. Ceux-ci pourraient correspondre à différentes échelles de production et s'inscrire dans des cadres administratifs ou socio-économiques distincts. Leur concentration dans cet espace géographique suggère l'existence d'une zone de production bien individualisée, qui se maintient au cours du temps. Son existence pose la question de la circulation du fer, aux différentes étapes de sa mise en forme, et de l'alimentation des ateliers de production manufacturière. Ces différents modèles d'organisation peuvent aussi être observés au sein d'un territoire correspondant approximativement au centre est de la Gaule antique, soit le sud-est de l'Austrasie et le nord-est de la Bourgogne mérovingiennes et carolingiennes. C'est dans cet espace que les recherches ont le plus progressé pour cette période et, de ce fait, il est encore trop tôt pour affirmer qu'on ne les rencontre pas ailleurs.

Différentes échelles de production

Le modèle des ateliers de production primaire illustré par les sites de « Nerbevaux » à Frouard et « Chaudeau » à Ludres se rencontre également en Franche-Comté, dans le Jura suisse ou dans la région du lac Léman. Les sites fouillés paraissent tous de dimensions réduites (quelques centaines de m² pour quelques dizaines à quelques centaines de m³, exceptionnellement quelques milliers de m³), avec un nombre de bas fourneaux qui excède rarement plus la dizaine d'unités²⁰ (fig. 85). La production concerne essentiellement le fer brut (les opérations de réduction étant associées à la préparation du minerai) et probablement un premier traitement d'épuration et de compactage²¹. Ces ateliers paraissent assez systématiquement isolés ou distants des habitats.

La production paraît donc plus disséminée que durant l'Antiquité gallo-romaine, même si, dans ces régions, aucun gros centre de production n'a encore été reconnu à cette dernière période. En effet, les recherches paléométallurgiques montrent qu'existent en Gaule, pendant la période romaine, des régions et des centres de grosse production de fer brut, particulièrement dans le centre et le sud (Leroy, 2001; Domergue *et al.*, 2006). Aucun de ces espaces n'a été suffisamment étudié pour déterminer à quel niveau de production ils correspondent, ni sous quelle forme juridique ils fonctionnent. Cependant, des arguments convaincants permettent d'imaginer que les plus gros d'entre eux sont contrôlés par les pouvoirs publics (état? cité?). Ce schéma est surtout valable pour le Haut-Empire, période durant laquelle il existe aussi des ensembles microrégionaux plus petits. En l'état de la documentation archéologique, il n'est pas possible de dire si cette organisation change ou évolue au cours du Bas-Empire. Toutefois, dans les territoires du centre-est de la Gaule, la période qui s'ouvre avec le v^e siècle paraît montrer de notables différences. S'agit-il d'un essor des

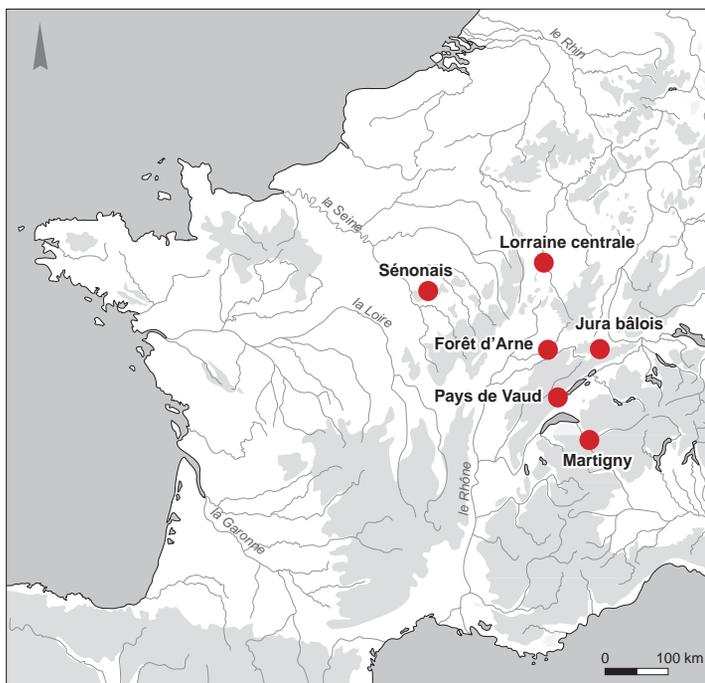


Fig. 85: Localisation des secteurs géographiques où ont été fouillées des unités de production primaire de type Ludres et Frouard dans l'est de la Gaule. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

.....
20. Par exemple: 1 seul fourneau pour 40 m³ de scories aux « Bellaires I » à Romainmôtier dans le Jura vaudois; 2 fourneaux jumelés pour 35 m³ de scories aux « Boulies » à Boécourt dans le Jura central suisse; 4 dont 2 jumelés pour 500 m³ de scories aux « Bellaires III »; 9 dont 2 groupes de 2 fourneaux jumelés à Montcherand également dans le Jura vaudois (Eschenlohr, Serneels, 1991; Abetel, 1992; Pelet, 1993; Serneels, 1993).

21. Comme à « Nerbevaux » et « Chaudeau », les scories en forme de culot découvertes aux « Boulies » à Boécourt (Eschenlohr, Serneels, 1991) ou les fragments de métal brut recueillis sur certains amas de scories du Jura central suisse (Eschenlohr, 2001) indiquent qu'une mise en forme de ce métal est effectuée.

productions locales dont la diffusion se fait à petite ou moyenne échelle dans un contexte où les réseaux de distribution à longue distance fonctionneraient moins bien ? Ce n'est pas si sûr. La datation des sites couvre aussi bien les v^e-vi^e que les vii^e-viii^e ou les ix^e-x^e siècles, qui correspondent pourtant à des conditions économiques notablement différentes (Rouche, 1980 ; Doehaerd, 1971). Il est dès lors assez difficile d'envisager que les cadres juridiques et économiques de la production soient similaires, pour ce type d'atelier, durant toute la période considérée.

L'aspect remarquable de ces découvertes concerne aussi la forte similitude de morphologie des bas fourneaux. De ce point de vue, les différences semblent très marquées avec les bas fourneaux connus pour la période romaine et manifestent des évolutions techniques significatives (techniques de construction, système de ventilation, volume des cuves), alors que, parallèlement, les études archéométriques démontrent que les rendements des opérations sont supérieurs (Leroy *et al.*, 2007). Ces éléments sont probablement révélateurs d'une unité technique à l'échelle du territoire de l'est de la Gaule, dont les prémices apparaissent peut-être dès l'Antiquité tardive (par exemple sur le site des « Fouetteries » aux Clérimois²²), et ce malgré des différences notables dans les types de minerais utilisés.

Le type d'atelier représenté par les sites de l'« Hôtel de ville » à Ludres et de « la Crassière/le Haldat » à Chavigny dépasse incontestablement le cadre d'un simple artisanat. Il se compare plus directement aux gros amas de scories, de plusieurs centaines ou plusieurs milliers de m³, connus à la période romaine²³, ainsi qu'aux grands ateliers découverts en Europe centrale avec leurs batteries de fourneaux fonctionnant simultanément (Pleiner, 2000). Dans ce dernier cas, l'interprétation qui a parfois été avancée est celle d'une organisation collective et communautaire du travail, que Bertrand Gille pensait déceler dans l'analyse des textes carolingiens et dont il voyait le reflet dans des textes des xiii^e-xiv^e siècles qui évoquent l'organisation juridique de certaines communautés de ferrons ou de mineurs (Gille, 1968, p. 96-105). En tout cas, ce complexe d'ateliers reflétant une grosse production doit nécessairement regrouper une communauté nombreuse d'ouvriers et de métallurgistes. Des habitats sont donc probablement installés à proximité. On peut penser que dans ce cadre une autorité dirige et contrôle l'ensemble de la production, son approvisionnement, son organisation et son écoulement vers d'autres ateliers de transformation ou vers des marchés. Inévitablement se pose la question de la nature de la production dans un tel contexte et à une telle échelle. Mais les indices pour y répondre sont pratiquement inexistant²⁴. Il semble qu'en l'état de la documentation archéologique, il existe peu d'autres sites comparables pour l'espace géographique et la période considérés. Mais de nombreux amas de scories ne sont pas encore datés. Dans le nord de la Lorraine, le centre ancien de l'actuelle ville de Moyeuvre-Grande (Moselle) pourrait être construit sur un imposant crassier d'époque médiévale, de plusieurs mètres d'épaisseur, très partiellement reconnu, et dont les strates inférieures pourraient être attribuables à la période mérovingienne.

Un même district sidérurgique

Pour la période du premier Moyen Âge, une dizaine d'ateliers de réduction du minerai de fer, ainsi que trois indices d'atelier, ont été recensés sur l'ensemble du plateau des Côtes de Moselle (fig. 81). Si leur nombre ne paraît pas plus élevé que pour la période romaine (encore que, pour cette dernière, il s'agit exclusivement de datations présumées), en revanche les datations sont bien

.....

22. Sur ce vaste complexe de production situé en bordure de la forêt d'Othe, la dernière phase d'activité, datée du Bas-Empire, révèle une modification des caractères de la production par rapport aux phases précédentes. Entre la fin du ii^e siècle av. J.-C. et le ii^e siècle apr. J.-C., les ateliers sont constitués de batterie de deux gros bas fourneaux à scories écoulées, organisés de manière identique. Au contraire, après un hiatus au iii^e siècle, les ateliers des iv^e-v^e siècles ne comptent plus qu'un seul bas fourneau d'un modèle très différent et qui montre de fortes analogies avec les bas fourneaux des petits ateliers du haut Moyen Âge de Lorraine et du Jura suisse (Dunikowski et Cabboi, 1995).

23. Par exemple, les amas de scories de la Montagne Noire, Aube (Decombeix *et al.*, 2000) ou en Puisaye dans l'Yonne (Piétak *et al.*, 2012).

24. Nous avons initialement mis en relation la découverte de fragments de fer très carburé parmi les scories, à l'« Hôtel de ville » à Ludres, avec la nécessité de disposer de différentes sortes d'acier pour la fabrication de pièces d'équipement militaire comme les armes (Leroy *et al.*, 1990). Mais il ne s'agit là que d'une piste parmi beaucoup d'autres et aucun élément assuré ne vient sérieusement l'étayer.

mieux assurées, soit par la collecte de nombreux tessons de céramiques caractéristiques, soit parce que des datations radiocarbone ont été réalisées. Trois d'entre eux sont ainsi datés de la période qui suit directement la disparition de l'Empire romain (fin v^e-début vi^e siècle). Deux, peut-être trois autres concernent la période mérovingienne (vi^e-milieu viii^e siècle) et au moins trois (peut-être cinq ou six) la période carolingienne (milieu viii^e-fin x^e siècle).

Huit sites sont localisés dans la partie sud du plateau de Haye (région de Nancy), sur le versant du front de Côtes dominant la vallée de la Moselle, ou sur le plateau d'interfluve qui sépare cette dernière de la vallée de la Meurthe (le Vermois). Pour la production de fer brut, ces ateliers s'approvisionnent tous sur les affleurements de minette situés en partie haute des versants du front de Côtes. À ces endroits ont été rencontrés, à la fin du xix^e siècle, des vestiges d'anciennes galeries d'extraction lors de la mise en exploitation des concessions de Ludres-Houdemont et de Chavigny-Maron. Ces vestiges auraient livré des fragments de céramiques, dont au moins un paraissait caractéristique du haut Moyen Âge, d'après l'archéologue Jules Beaupré qui relate ces découvertes. Cinq de ces ateliers sont installés sur le versant de Côtes, immédiatement en contrebas des affleurements de minette, en revanche ceux implantés dans le Vermois sont situés à plusieurs kilomètres de distance (jusqu'à 7 km pour « la Clavière » à Ville-en-Vermois). Leur localisation répond donc à d'autres critères que la proximité du minerai, critères dont la nature, d'ordre économique, juridique ou politique, nous échappe complètement.

Les autres indices d'ateliers sont situés dans le Pays-Haut (partie nord du département de Meurthe-et-Moselle et extrémité nord-ouest du département de la Moselle). Certains sont connectés à l'utilisation de la minette. En revanche, l'amas de scories du « Bois d'Haouÿ » à Hussigny-Godbrange, dans le nord du Pays-Haut, témoigne de l'utilisation du minerai de fer fort au début du haut Moyen Âge, le site ayant été daté par radiocarbone entre le iv^e et le vi^e siècle. Les autres petits amas de scories découverts dans son environnement, non datés, pourraient signaler la présence d'un petit pôle de production de cette époque.

Il n'a pas été mis en évidence d'autres sites de production primaire du fer de cette période sur le territoire de l'actuelle région administrative de Lorraine. Au sein de cet espace, d'autres zones de production existent, mais elles sont pour l'instant surtout renseignées pour le second Moyen Âge (sites archéologiques et sources écrites). Sur les marges de la Lorraine, d'autres petites zones de production semblent pouvoir être mises en évidence autour de la haute vallée de la Marne (région de Saint-Dizier) et dans la forêt d'Arne, au nord de Besançon. Plus loin vers le sud-est, une zone de production primaire est identifiée dans le Jura central suisse. Le sud et l'est de l'Île-de-France ont récemment révélé de telles zones de production.

Un système de production intégré à l'économie domaniale ?

Les unités de production à chaîne opératoire plus ou moins complète, insérées dans un contexte d'habitat et d'activité rurale, sont une des découvertes de l'archéologie préventive (fig. 86). Plusieurs sites sont actuellement connus du nord du Bassin parisien à la Lorraine, mais peu ont été étudiés. Ce qui caractérise ces sites, c'est l'insertion, pour ne pas dire l'imbrication, des activités métallurgiques dans un contexte d'économie rurale, domestique et agricole. Plusieurs exemples comparables à celui de des « Noires Terres » à Messein peuvent être présentés pour l'est du Bassin parisien et la région du Rhin supérieur.

À Vert-Saint-Denis, au lieu-dit « les Fourneaux », au nord de Melun, une demi-douzaine d'ateliers, comprenant chacun un bas fourneau, des foyers de cuisson du minerai et de nombreuses fosses de rejet, sont dispersés au sein même de la surface occupée par des bâtiments sur poteaux et des structures domestiques et agricoles excavées. La zone d'habitat est, pour sa part, directement accolée à une vaste surface d'emprise occupée par de nombreux puits de mine (plus de 2 500 sur 2 ha décapés), qui donne l'impression que l'extraction minière et la production métallurgique sont les activités dominantes de l'établissement. Mais les fouilleurs soulignent que, rapportée à la durée d'occupation (VII^e-X^e siècle), la moyenne annuelle calculée n'excède sans doute pas une dizaine de puits, soit une ou deux tonnes de minerai extrait. Seules les activités d'extraction et de réduction sont attestées sur le site; aucun témoin de travaux de post-réduction (mise en forme, forge) n'a été décelé (Daveau et Goustard, 2000).

En revanche, tout comme aux « Noires Terres » à Messein, les vestiges de l'ensemble de la chaîne opératoire (hormis les travaux d'extraction du minerai, probablement distants de quelques centaines de mètres tout au plus) sont reconnus sur les trois zones d'habitat fouillées à Saint-Dizier, sur le cours supérieur de la Marne (Leroy et Merluzzo, 1998). Les deux implantations du haut Moyen Âge (VIII^e-IX^e siècle), qui ont livré chacune un atelier de réduction avec forge, sont partiellement détruites par une occupation des XI^e-XIII^e siècles, qui compte elle-même une dizaine d'ateliers métallurgiques. Tous les ateliers sont installés au milieu des autres structures excavées et, pour la phase la plus récente, en périphérie immédiate du secteur où sont édifiés les bâtiments. Aucune organisation structurée n'est perceptible.

À Liestal (canton de Bâle, Suisse), village occupé du IX^e au XIII^e siècle, les activités de forge (une tonne de scories) côtoient aussi des activités de réduction (trois tonnes de scories). La production de demi-produits, comme des barres de fer, est postulée, mais des objets finis sont également réalisés comme le prouvent des ratés de fabrication de couteaux (Tauber, 1998). *A contrario*, l'habitat de Devellier-Courtételle (canton du Jura, Suisse, VI^e-VII^e siècle) apparaît comme spécialisé dans le traitement des produits bruts et la fabrication d'objets finis, probablement approvisionné en fer par les ateliers de réduction des vallées jurassiennes toutes proches (Eschenlohr *et al.*, 1999). En dehors de la sidérurgie, rien ne semble différencier ces établissements des autres habitats ruraux contemporains. Situer l'importance réelle de la métallurgie parmi les autres activités développées dans ce cadre est donc fondamental. S'agit-il de la production principale, dans le cadre d'un habitat spécialisé de forgerons, ou d'une activité complémentaire destinée à satisfaire des besoins liés au fonctionnement de l'habitat et des activités agricoles? L'ampleur supposée de la production fait penser qu'à Devellier-Courtételle, « la production (était) destinée en grande partie à l'exportation »; c'est ce que suggère aussi l'étude archéométallurgique des déchets de l'habitat de Liestal. D'une manière ou d'une autre, ces activités révèlent l'existence d'une production artisanale en connexion ou au sein des exploitations agricoles. S'agit-il de celle que nous révèlent certains textes

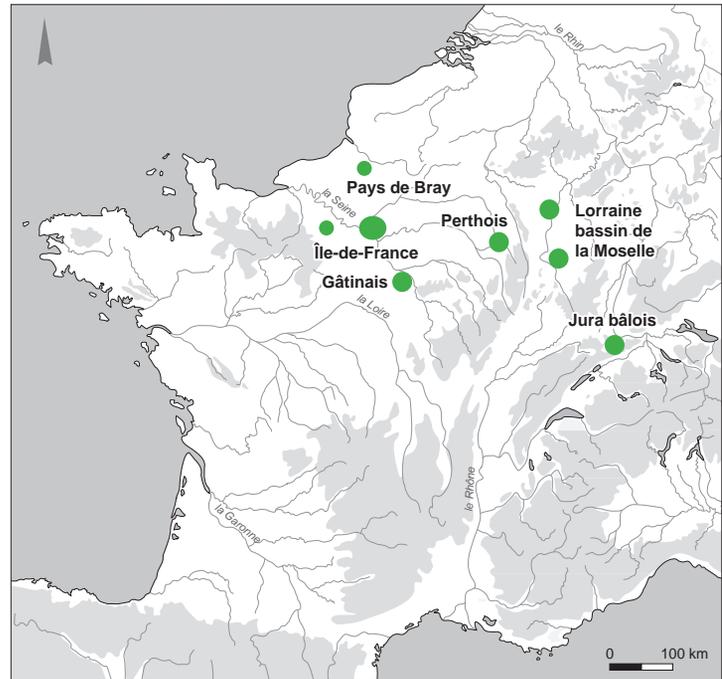


Fig. 86 : Localisation des secteurs géographiques où ont été fouillés des ateliers de production du fer (réduction et transformation) en contexte d'habitat dans l'est de la Gaule. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

dans les grands domaines, notamment ecclésiastiques²⁵ ? Dans ces domaines, les tenanciers libres ou serviles sont parfois assujettis à des redevances en poids de fer, à l'image des 30 kg de fer dus par le village de Weillau à l'abbaye de Lorsch (fin du VIII^e siècle) ou des 100 kg de fer dus annuellement par les occupants des tenures serviles du fisc de Boissy-en-Drouais (polyptique de l'abbaye de Saint-Germain-des-Prés, début du IX^e siècle). D'autres doivent des lots de lances, javelots, socs de charrue, faux, fourches, hachettes (abbayes de Brescia, Saint-Germain-des-Prés, cathédrale de Salzbourg, etc.; Gille, 1968, p. 96-99; Doehaerd, 1971, p. 210-212).

Rien n'interdit de penser que les deux autres formes d'ateliers de production primaire (petites unités et gros centres) puissent aussi être insérés dans l'économie domaniale. On a déjà souligné que les gros centres comme celui de l'« Hôtel de ville » à Ludres étaient nécessairement dirigés et contrôlés par une autorité, gérant approvisionnement en matières premières, production de fer et écoulement de la production, que ce soit au niveau des ateliers ou à un niveau supérieur. À ce propos, il convient de remarquer que les sites de Chavigny, Ludres et Messein sont implantés à moins de 15 km du « palais royal » de Gondreville mentionné au moins depuis la première moitié du VIII^e siècle (*Gundulfi villa, villa regia in pago Tullensi*, en 727) et qui accueille à plusieurs reprises les souverains carolingiens au cours des IX^e et X^e siècles. Le fisc royal de Gondreville s'étend probablement sur une partie, voire la totalité, du revers de plateau encadré par la vallée de la Meurthe et la boucle de la vallée de la Moselle (actuellement couvert dans sa partie orientale par le massif forestier de Haye), puisque le roi de *Francie orientalis*, Zwentibold, aurait donné une partie des bois de Haye à l'évêque de Toul en 898 (Lepage, 1843, p. 638). Or les sites d'atelier susmentionnés sont situés sur la frange de cette étendue forestière. Ils pourraient donc avoir appartenu à ce domaine royal: dans cette hypothèse, pour l'instant invérifiable, la production du fer serait contrôlée par des représentants du pouvoir politique. Ce n'est là qu'une simple conjecture, mais on rappellera que les sources écrites d'époque carolingienne suggèrent un certain niveau de contrôle du pouvoir royal sur la circulation des armes par exemple²⁶.

La circulation du fer entre les ateliers

On ne connaît pas, pour la région considérée, les demi-produits de fer qui circulent entre les différents niveaux d'ateliers. Sur les sites d'ateliers de production primaire étudiés, seules les traces de leur mise en forme sont conservées sous la forme de chutes métalliques caractéristiques (débris informes à surfaces hérissées et chutes facetées). Dans les ateliers où toute la chaîne de production est présente, ils n'apparaissent jamais, puisqu'ils y sont transformés en produits finis. Dans les ateliers de forgeage étudiés, certaines chutes de travail nous renvoient l'image de l'utilisation de demi-produits très épurés, donc situés en bout de chaîne de fabrication, dans lesquels le forgeron prélève la quantité de matière nécessaire à la pièce qu'il façonne. Il s'agit le plus souvent d'une forme en barreau, de section carrée ou rectangulaire, ne dépassant pas quelques centimètres de largeur et d'épaisseur. Toutefois, l'exemple de l'atelier de la « Vieille Pierre » à Frouard montre que le demi-produit ultime peut aussi adopter une morphologie tronconique. Ce demi-produit ultime est donc déjà lui-même le résultat d'un ensemble de séquences de travail qui ont chacune abouti à la réalisation de demi-produits successifs, de plus en plus élaborés, dont nous n'avons conservé aucun témoignage.

.....

25. Par exemple, l'allusion du poète Fortunat à un atelier de fabrication d'armes dans le domaine de l'évêque de Trèves Nicetus au VI^e siècle ou les mentions de locaux de fabrication de glaives et de boucliers dans les abbayes de Corbie, Saint-Gall ou Bobbio aux IX^e et X^e siècles (Doehaerd, 1971).

26. Édits de réglementation et d'interdiction des exportations en dehors des frontières de l'empire. Ces édits suggèrent peut-être que la production des armes ne serait pas organisée sous le contrôle direct de l'État et que les centres de production pourraient être disséminés sur le territoire.

La forme (ou les formes) et la nature sous lesquelles circulent le fer entre les différents niveaux d'ateliers ne sont donc, pour l'instant, pas connues, comme ne sont pas connus les ateliers intermédiaires dans lesquels le fer brut ou semi-brut serait transformé en demi-produits forgeables, alimentant les différentes forges et ateliers de fabrication de produits finis. En l'état des données, nous n'avons même pas la preuve de l'existence d'un tel stade autonome, qui serait séparé spatialement des ateliers de production primaire et des ateliers de forgeage. Seul est référencé, sur ce point, le type d'atelier où est présente toute la chaîne opératoire comme les « Noires Terres » à Messein et probablement « les Hameaux » à Veymerange.

La zone de diffusion des demi-produits qui sortent des ateliers de production primaire de l'espace géographique étudié est encore entièrement à reconnaître. Pour cela, il faudrait pouvoir analyser la composition chimique des scories d'inclusion contenues dans un large échantillonnage d'objets en fer, de tout l'espace lorrain et alentour. Ce travail, de longue haleine, est en cours. Toutefois, les questionnements sur la circulation du fer sont illustrés par le cas du pont de Dieulouard (Meurthe-et-Moselle) récemment étudié (Disser *et al.*, 2016). En 2005, des travaux d'extraction de graviers dans une sablière de la vallée de la Moselle ont mis au jour des éléments d'un pont franchissant un ancien bras de la rivière à l'aplomb de l'agglomération antique (puis *castrum* du Bas-Empire) de *Scarponna*, établie au point de franchissement de la Moselle par la voie Lyon-Trèves. Mais il ne s'agissait pas d'un pont antique, puisque les poutres équarries en chêne servant de fondation à l'une des piles ont pu être datées du deuxième quart du IX^e siècle (date d'abattage 836)²⁷ et que des pièces de bois en queue d'aronde servant à assembler certains blocs de pierre composant les piles ont fourni un âge radiocarbone calibré compris entre l'extrême fin du IX^e et le début du XI^e siècle (895-1019)²⁸. La plupart des blocs de pierre conservaient aussi des agrafes de fer scellées au plomb. Ces pièces métalliques dataient donc de la construction du pont (IX^e ou X^e siècle). Compte tenu du contexte paléosidérurgique reconnu dans cette partie sud du plateau des Côtes de Moselle (des ateliers de production primaire utilisant la minette), le fer avait de fortes chances d'avoir une origine régionale. Une étude de la composition chimique des scories d'inclusion dans le fer a donc été réalisée sur une sélection d'une douzaine de ces agrafes. Or, contrairement à ce qui était attendu, aucun échantillon n'a fourni de compositions compatibles avec la signature chimique de la minette. De plus, les données analytiques repartissent les agrafes en plusieurs ensembles de compositions différentes, ce qui laisse à penser que l'atelier ayant fabriqué ces pièces a utilisé des demi-produits d'origines différentes. Certains pourraient ainsi provenir de secteurs de production primaire autres que ceux identifiés jusqu'à présent sur les Côtes de Moselle. Cet exemple montre que la façon dont les ateliers de production primaire alimentent en demi-produits l'espace dans lequel ils s'insèrent et les espaces alentours relève de logiques plus complexes que la simple proximité géographique. Les demi-produits, qu'ils soient semi-bruts ou bien épurés, circulent probablement sur des distances importantes. La manière dont ces produits sont diffusés (marchands, grossistes) déterminent en partie l'amplitude du choix qu'ont les ateliers de forge à se fournir dans une gamme de fers de natures variées.

Pour finir sur cette question de l'approvisionnement, on n'oubliera pas de considérer la part non négligeable tenue par les pratiques de récupération et de recyclage des vieux fers mis au rebut. Au sein de l'espace étudié, le cas est essentiellement illustré par les ateliers de forge de l'agglomération de Cutry (*supra*), où cette pratique semble représenter une part importante de l'activité. Cette pratique, qui a aussi été mise en évidence sur des sites plus tardifs d'autres

.....
27. Willy Tegel *Labor für Holzanalyse* de Singen-Bohlingen (Allemagne).

28. Centre de datation par le radiocarbone, UMR 5138, Ly-4132 et Ly-4133.

zones géographiques, comme par exemple à Sermersheim (Peytremann, 2018) et à Marlenheim (Bas-Rhin)²⁹, n'a probablement rien de marginal, mais seul un examen attentif des chutes métalliques peut la mettre en évidence. Elle a pour but de produire de nouvelles masses de métal brut, qu'il va falloir de nouveau compacter et affiner à la forge. Sur ces sites, elle est probablement mise en œuvre en parallèle de l'utilisation de demi-produits issus de la filière de production plus conventionnelle.

L'évaluation des volumes de production

Pour comprendre la nature et l'organisation d'une production, il faut aussi pouvoir en évaluer l'importance. Malgré l'absence totale de données chiffrées sur la production de fer des ateliers dans les sources écrites pour la période du premier Moyen Âge³⁰, les méthodes d'étude développées en archéoméallurgie permettent d'aborder cette question fondamentale. Cette approche n'est envisageable qu'à condition de disposer d'évaluations relativement précises de la masse de déchets produits. Pour ce faire, il faut pouvoir : évaluer le volume et la masse des déchets conservés ; évaluer la part respective des différentes catégories de déchets (minerai, scories, matériaux de construction des fours) et plus particulièrement celle des scories ; établir une caractérisation chimique précise de chacune des catégories de déchets ; calculer un bilan chimique et un bilan matières de l'opération métallurgique.

De fait, l'évaluation quantitative de la production est totalement tributaire de la mise en œuvre des investigations archéométriques aboutissant à restituer les paramètres physico-chimiques du processus de réduction du minerai de fer et à comprendre les conditions de formation des déchets métallurgiques.

Méthodologie

Le premier niveau d'approche nécessite d'abord d'évaluer le volume de déchets, puis d'isoler la part des scories. L'exercice, surtout possible lorsque les déchets sont rassemblés en tas (amas de scories, crassier), peut être mis en œuvre à partir de zones de prélèvement systématique (Decombeix *et al.*, 2000 ; Leroy, 1997). Il est plus difficile lorsque les déchets sont éparpillés à l'intérieur des séquences d'occupation et réutilisés dans différents comblements, car il nécessite la mise au point d'une stratégie assez lourde qui multiplie les zones de prélèvement. Dans la pratique, on procédera au tri manuel d'une portion représentative du volume total de déchets. On s'appuiera donc sur une reconnaissance stratigraphique préalable du dépotoir étudié. Cette approche requiert une programmation lors de l'investigation archéologique. Une fois débarrassés de leur sédiment, les déchets sont triés par catégories et pesés. Le poids des scories de réduction dans le ou les volumes prélevés, rapporté au volume global du ou des zones de dépôt des déchets, permet d'évaluer la masse de scories entreposées.

Le second niveau est donc celui du calcul du bilan chimique et du bilan matières de la transformation du minerai. La démarche repose d'abord sur une caractérisation, aussi précise que possible, des conditions de formation des scories, de manière à déterminer précisément la correspondance entre la composition de la charge introduite dans les bas fourneaux et celle des scories qui en sont issues. Dans la mesure où plusieurs catégories de scories sont produites, il faut aussi disposer de données fiables sur la proportion respective de chacune d'entre elles. Dans le cas des ateliers de réduction utilisant la minette de Lorraine, la reconstitution des conditions de fonctionnement des bas fourneaux est une base de travail extrêmement solide (Leroy, 1997 ; Leroy *et al.*, 2007).

.....

29. Responsables d'opérations : respectivement É. Peytremann et M. Châtelet, Inrap.

30. Pour la partie de la Lorraine qui nous intéresse ici, nous ne disposons d'aucun compte d'un atelier du fer. Les premiers comptes de production apparaissent dans le courant du XIV^e siècle, par exemple pour certaines forges de la prévôté de Briey appartenant au duc de Bar (Girardot, 1970 ; Horikoshi, 2007). Ces documents, qui restent rares, ne donnent que des informations lacunaires, difficiles à interpréter tant en ce qui concerne les périodes de temps prises en compte, qu'au sujet de ce qui est réellement décompté. De plus, les séries sont discontinues.

Ordre de grandeur de la production de fer des ateliers de réduction

Ces conditions ont pu être réunies pour certains des sites qui viennent d'être présentés. Et l'évaluation de la quantité de fer produite qui peut en être faite est loin d'être négligeable (tabl. 16).

Le bilan chimique établi à partir de l'étude des compositions des échantillons de minerai et des échantillons de scories de réduction permet de définir le bilan théorique des matières entrant et sortant de l'opération métallurgique. Il faut charger environ 4,5 à 5,5 kg de minerai brut pour produire 1 kg de fer, l'opération ayant aussi produit 2,5 à 3,5 kg de scories. Soit 20 à 25 kg de fer pour 100 kg de minerai chargé ou environ 35 kg de fer pour 100 kg de scories produites. Compte tenu de la teneur initiale de la minette utilisée (45 à 50 % de fer sur une base anhydre³¹), le rendement de l'opération de réduction du minerai est d'environ 45 à 50 %.

Lorsque l'on a pu établir à la fois un bilan matières de l'opération de réduction et une évaluation de la masse de scories rejetées, il devient possible de déterminer la quantité de minerai utilisée et la quantité de fer produite (tabl. 17). Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il ne s'agit que d'ordres de grandeur et non de valeurs absolues. En effet, à chaque stade du calcul, des approximations sont introduites et se cumulent. Ces ordres de grandeur, dont on peut majorer ou minorer la valeur en fonction de la qualité des données de base ayant servi aux calculs (par exemple, la plus ou moins bonne connaissance de la composition réelle de la charge, le plus ou moins grand nombre d'échantillons analysés, le plus ou moins bon état de conservation du site et notamment de la zone dépotoir), permettent cependant de situer le niveau de production d'un atelier et de le comparer à d'autres. Cette approche autorise aussi à réfléchir à ce que représente l'ordre de grandeur de la production d'un atelier au regard des besoins en objets manufacturés d'une population, ou de différents groupes de populations, aux périodes chronologiques successivement considérées.

Même pour des ateliers de petite dimension, comme celui de Frouard (ou des « Boulies » à Boécourt en Suisse), la production atteint sans doute une à deux tonnes de fer brut. Pour l'atelier de « Chaudeau » à Ludres, ce chiffre est à multiplier par 5. Dans les ateliers intégrés aux structures d'habitat, comme celui de Messein, la production est probablement cinq fois plus importante qu'à Ludres, mais elle s'étale peut-être plus largement dans le temps. Les chiffres proposés pour les gros centres de production de Chavigny ou de l'« Hôtel de ville » à Ludres, sans commune mesure, sont en comparaison considérables. Mais ces centres regroupent à la fois beaucoup plus d'ateliers et fonctionnent probablement durant un temps beaucoup plus long.

Ordre de grandeur de la production de fer dans les fourneaux

Les ateliers de « Nerbevaux » à Frouard et de « Chaudeau » à Ludres ayant été fouillés intégralement, le nombre de bas fourneaux présents sur chacun des sites est connu. À Frouard comme à Ludres, les bas fourneaux découverts (deux à Frouard, trois à Ludres) ont révélé chacun les traces d'un état de construction antérieur presque entièrement arasé. On peut donc considérer qu'un total d'au moins quatre bas fourneaux ont fonctionné dans l'atelier de Frouard, et d'au moins six dans celui de Ludres.

Dans la mesure où une tonne de fer environ a été produite à Frouard, chaque état de fourneau en a produit en moyenne 250 kg. À Ludres, ce n'est pas moins de 835 kg de fer qu'ont dû produire en moyenne chacun des six états de fourneau pour atteindre l'estimation globale de cinq tonnes de fer brut. Si l'on admet

.....
31. C'est-à-dire déduction faite des éléments chimiques volatils éliminés avant le processus de réduction des oxydes de fer.

Tabl. 16 : Densités de scories à l'intérieur d'amas de déchets métallurgiques de plusieurs ateliers de réduction de Lorraine centrale du premier Moyen Âge, calculés sur la base de prélèvements systématiques, suivis de tri et de pesée des matériaux, et ordre de grandeur de la masse de scories. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Site	Datation	Densité moyenne des scories	Volume de déchets	Masse de scories
Frouard Nerbevaux	V ^e -VI ^e s.	100 kg/m ³	35 m ³	3,5 tonnes
Ludres Chaudeau	V ^e -VI ^e s.	350 kg/m ³	45 m ³	18 tonnes
Messein les Noires Terres	VII ^e -VIII ^e s.	345 kg/m ³	> 100 m ³ ?	40 tonnes?
Chavigny la Crassière	VIII ^e -X ^e s.	785 kg/m ³	> 10000 m ³ ?	> 7500 t?
Ludres Hôtel de ville	VIII ^e -X ^e s.	?	> 10000 m ³ ?	> 7500 t?

Tabl. 17 : Ordre de grandeur de la production de fer de plusieurs ateliers de réduction de Lorraine centrale du premier Moyen Âge, calculés sur la base des bilans chimiques et matières entre minerais et scories et de l'évaluation de la masse de scories produites. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Sites	Minerai utilisé	Scorie produite	Fer produit
Bilan matières HMA	155 kg	100 kg	30 kg
Frouard Nerbevaux	4,9 tonnes	3,2 tonnes	1 tonne
Ludres Chaudeau	27,6 tonnes	17,8 tonnes	5,3 tonnes
Messein les Noires Terres	62 tonnes	40 tonnes	12 tonnes
Chavigny la Crassière	> 10.000 t?	> 7 500 t?	> 2 000 t?
Ludres Hôtel de ville	> 10.000 t?	> 7 500 t?	> 2 000 t?

Tabl. 18 : Ordre de grandeur du nombre d'opérations archéologiques et de la durée de fonctionnement de plusieurs ateliers de réduction de Lorraine centrale du premier Moyen Âge, calculés sur la base des bilans chimiques et matières entre minerais et scories et de l'évaluation de la masse de scories produites. © M. Leroy, LMC-IRAMAT.

	Nombre d'opérations métallurgiques	Durée de fonctionnement de l'atelier
Frouard Nerbevaux	entre 20 et 50	Plusieurs semaines ou quelques mois?
Ludres Chaudeau	entre 100 et 250	quelques années?
Messein les Noires Terres	plusieurs centaines	Plusieurs années successives?
Ludres Hôtel de ville	plusieurs centaines ou milliers	Plusieurs années ou décennies?

que 20 kg de fer peuvent être issus d'une opération de réduction sur la base d'un chargement de 90 à 95 kg de minerai, une douzaine d'opérations métallurgiques par bas fourneau auraient été réalisées dans l'atelier de Frouard, soit un total de 48. À Ludres, chaque bas fourneau aurait ainsi fonctionné une quarantaine de fois, soit environ un total de 250 opérations de réduction. Au total, c'est donc probablement plusieurs dizaines d'opérations métallurgiques qui ont eu lieu dans l'atelier de Frouard, plus d'une centaine dans celui de Ludres (tabl. 18). Chaque fourneau a fonctionné entre une demi-douzaine et une centaine de fois avant de subir une reconstruction complète. Pendant ce laps de temps, comme le montrent les observations archéologiques, les cuves des fourneaux bénéficient toutefois de nombreuses réfections. Ces évaluations confirment ainsi les conclusions tirées de l'analyse des caractéristiques techniques des fourneaux, à savoir que ceux-ci présentent toutes les caractéristiques morphologiques et de construction permettant à une résistance à une utilisation répétée (Leroy *et al.*, 2015).

Durée de fonctionnement des ateliers

Évaluer la production et le nombre d'opérations réalisées conduit à s'interroger sur la durée de fonctionnement d'un atelier (tabl. 18). À ce stade, on doit bien avouer que nous manquons totalement d'indice archéologique ou historique permettant d'estimer le temps nécessaire pour réaliser, à ces époques, une telle opération. Est-ce seulement quelques heures ou bien plusieurs journées ? Les observations ethnographiques réalisées aux XIX^e et XX^e siècles, en Afrique et en Asie, sur des pratiques traditionnelles comparables techniquement à celles que nous restituons pour l'Antiquité et le Moyen Âge européen, montrent bien que cette donnée varie largement, non seulement en fonction des techniques employées, mais aussi selon les époques et les lieux, sans qu'il soit toujours possible d'établir un rapport précis entre les différents paramètres qui entrent en jeu. Lors de reconstitutions expérimentales, il nous a été possible de produire quelques kilogrammes de fer en huit à dix heures de fonctionnement, mais qu'en est-il pour produire en une seule fois 25 ou 50 kg de fer ? De plus, le temps à prendre en compte pour évaluer la durée nécessaire à la gestion complète d'une opération ne se réduit pas au seul temps de la réduction elle-même, mais doit intégrer, outre le préchauffage du fourneau avant toute utilisation, la phase de réfection entre deux opérations et probablement aussi le nécessaire réapprovisionnement en combustible et en matière première, toutes pratiques qui induisent d'obligatoires « temps morts » entre les opérations métallurgiques elles-mêmes.

En prenant comme base de calcul un ordre de grandeur raisonnable de deux opérations de réduction conduites en une semaine sur un bas fourneau, on peut estimer qu'un atelier où a été réalisée une dizaine d'opérations a fonctionné quelques semaines (plusieurs mois pour plusieurs dizaines d'opérations). À l'évidence, la durée de fonctionnement d'un atelier comme celui de « Nerbevaux » à Frouard correspond vraisemblablement à une saison de travail, et ce d'autant plus si les deux fourneaux ont fonctionné simultanément. Lorsqu'une centaine d'opérations métallurgiques sont supposées, la durée de fonctionnement de l'atelier s'étale sur une année. Comme il est probable que de nombreuses périodes d'arrêt existent en fonction des conditions climatiques (on ne travaille probablement pas en plein hiver durant les périodes de froid intense et de neige) ou des conditions sociales et culturelles (on sait par exemple qu'à la fin du Moyen Âge, les travaux s'arrêtent pendant les fêtes religieuses et lors de la fenaison entre mi-août et fin septembre : Horikoshi, 2007), cette durée équivaut vraisemblablement à plusieurs saisons de travail étalées sur quelques années. Ce modèle est peut-être celui de l'atelier de « Chaudeau » à Ludres, dont on voit bien que les bas fourneaux ont plutôt été construits, et ont donc fonctionné, successivement (états de destruction différents suggérant des réutilisations de matériaux, rejets de déchets à l'emplacement de fourneaux détruits, orientations différentes excluant le fonctionnement en « batterie » organisée). Avec plusieurs centaines d'opérations métallurgiques, il est raisonnable de penser que l'activité a duré plusieurs années, voire plusieurs décennies, n'excluant pas des périodes d'arrêt entrecoupant les phases d'activité, ce que suggèrent la superposition stratigraphique de certains fourneaux.

Quantité de produits potentiellement fabricables

Pour apprécier la signification d'une telle quantité, il faut la comparer au poids des objets utilisés à cette période (tabl. 19). Même en considérant une perte de moitié du poids de métal lors des opérations successives de forgeage³², ce sont plusieurs milliers d'objets de 100 ou 200 g, comme des couteaux ou de

.....
32. Le fer brûle et s'oxyde au feu, des petites parties se détachent, une couche d'oxydes se forme régulièrement en surface, qu'il faut éliminer ou qui s'élimine lors des travaux de martelage (battitures).

Tabl. 19 : Évaluation du nombre d'objets pouvant être fabriqués à partir d'une quantité de fer brut.
© M. Leroy, LMC-IRAMAT.

Évaluation du niveau de production : quantité d'objets pouvant être fabriqués à partir d'une quantité de fer brut (dont 50 % seraient perdus au cours du forgeage)		
Catégories de poids d'objets	Nombre d'objets produits à partir d'1 tonne de fer brut	Nombre d'objets produits à partir de 5 tonnes de fer brut
50 à 100 g, ex. couteau	5 000 à 10 000	25 000 à 50 000
150 à 200 g, ex. forces, faucilles	2 500 à 3 300	12 500 à 16 500
250 à 300 g, ex. ciseau, gouge	1 500 à 2 000	2 500 à 5 000
500 à 1 000 g, ex. hache, pioche, houe	500 à 1 000	2 500 à 5 000
2 000 à 5 000 g, ex. pic, soc, grande épée	100 à 250	500 à 1 000

petits outils agricoles, qui peuvent être produits à partir de chaque tonne de fer brut. Ce sont plusieurs centaines de pièces de 1 ou 2 kg comme des haches, des pioches ou des épées qui seront produites à partir de la même quantité de fer brut. Plusieurs milliers ou dizaines de milliers d'objets ont ainsi pu être fabriqués à « Chaudeau » à Ludres ou aux « Noires Terres » à Messein. Si l'on considère que plusieurs centaines ou milliers de tonnes de fer brut sont sorties des bas fourneaux d'un centre de production comme celui de l'« Hôtel de ville » à Ludres, on atteint des volumes de production considérables (par exemple, plusieurs dizaines de milliers d'épées ou de socs de charrue, certes en plusieurs décennies probablement).

Mais pour apprécier correctement ce que représentent de telles quantités, il faudrait pouvoir évaluer ce que sont les besoins annuels en fer d'une communauté villageoise ou de tout autre groupement de population. À titre d'hypothèses de travail, si la quantité d'outillage individuel nécessaire à un paysan du haut Moyen Âge se situe entre deux et trois kilogrammes (serpette, forces, faucille, faux, râteau, pioche, etc.), un petit atelier comme celui de « Nerbevaux » à Frouard a pu produire l'équipement de 200 paysans (1 tonne de fer brut donnant 500 kg de fer forgé, soit 200 équipements de 2,5 kg chacun) ; ou seulement 150 paysans si, dans le même temps, sont fabriqués une vingtaine de socs de charrue de 5 kg pièce. Si l'on considère maintenant l'équipement d'un guerrier qui pourrait avoisiner cinq kilogrammes, un atelier comme « Chaudeau » à Ludres aurait pu équiper 500 guerriers (5 tonnes de fer brut donnant 2,5 tonnes de fer forgé, soit 500 équipements de 5 kg chacun).

Nous ne disposons pas de suffisamment de données pour estimer à partir de quelles quantités une production dépasse le cadre de la satisfaction des besoins strictement locaux et alimente un commerce à l'échelle locale, régionale ou plus lointaine. Quoi qu'il en soit, et même s'il est difficile de rapporter ces chiffres à une plage de temps délimitée, ils ne paraissent pas à première vue incompatibles avec les fournitures annuelles de plusieurs dizaines de kilogrammes de fer déjà évoqués pour certains grands domaines de l'époque carolingienne.

Presque méconnue il y a encore une quinzaine d'années (au moins en Europe occidentale), la production du fer du haut Moyen Âge sort progressivement de l'ombre, grâce à la multiplication des découvertes et au traitement des informations dans des programmes de recherche. Les thèmes d'investigation ont ainsi progressivement quitté la question des techniques de fabrication de l'objet, pour s'interroger sur les conditions et les moyens de la production, en comprendre les évolutions à l'intérieur des sociétés étudiées. On peut risquer, aujourd'hui,

dans une région comme le Grand-Est de la France actuelle, d'en dresser une première analyse. Le fort développement de la production primaire à partir du haut Moyen Âge est mis en évidence par les résultats des prospections. La fouille de plusieurs ateliers apporte parallèlement des informations importantes sur leur structuration et leur fonctionnement technique. Entre la deuxième moitié du v^e et la fin du x^e siècle, la nature et l'organisation des ateliers sont très variables et induisent des systèmes et des échelles de production différents (petites unités de production spécialisées, chaîne opératoire au sein d'habitats, gros centre de production probablement contrôlé par une autorité). Il convient d'analyser ces données à l'intérieur des systèmes d'organisation politique et socio-économique qui se mettent en place au cours de cette période. Lorsque ces ateliers sont situés à l'intérieur d'un habitat, il importe d'apprécier l'importance réelle de l'activité métallurgique dans l'économie de ce dernier: s'agit-il d'une activité productive de base, spécialisée, et dont le surplus serait commercialisé à l'extérieur, ou d'une activité complémentaire simplement destinée à des besoins locaux, par exemple pour la fabrication de l'outillage agricole? À vrai dire, rien ne s'oppose à une interprétation similaire de la nature des petits ateliers isolés de réduction du minerai. On pourrait supposer qu'ils représentent aussi des lieux de fabrication du fer au sein des exploitations agricoles ou des grands domaines fiscaux. Toutefois, la différence majeure réside dans l'absence d'une juxtaposition directe à une exploitation agricole, ce qui sous-tend que cette forme ne correspond pas au même type d'organisation.

Quelle que soit l'image que reflètent ces différents niveaux d'organisation et d'échelle de production, cette dernière est loin d'être négligeable: elle se chiffre en tonnes, voire en dizaines de tonnes de fer pour chaque atelier. Les études à venir s'emploieront à préciser et à affiner ces estimations. Ces premières tendances contrastent cependant nettement avec la rareté des objets en fer dans les habitats et l'indigence des sources écrites à ce sujet. En revanche, elles apparaissent plus en adéquation avec l'omniprésence, pour ne pas dire l'abondance, du mobilier en fer dans les sépultures mérovingiennes, notamment. À titre d'exemple, pour une sépulture qui comprendrait un scramasaxe, une francisque et une plaque-boucle, le poids de fer dépasse plusieurs kilogrammes. À l'échelle d'une nécropole de plusieurs centaines de tombes, le poids de fer mobilisé est sans doute de plusieurs dizaines de kilogrammes et peut dépasser la centaine. Les calculs mériteraient d'être faits. Pour l'époque carolingienne, les sources écrites éclairent une réglementation de la commercialisation de certains équipements militaires, qui démontre probablement une production quantitativement et qualitativement non négligeable. Il paraît donc difficile de continuer à soutenir l'idée d'une production de fer anémique au premier Moyen Âge.

Conclusion

Les deux espaces géographiques retenus dans le cadre de cette étude (le bassin de la Moselle en Lorraine centrale et septentrionale d'une part, le Sénonais et les plaines de la confluence Seine-Yonne d'autre part) correspondent à des zones où les découvertes d'ateliers sont suffisamment nombreuses, mais aussi où le contexte de la production primaire a pu être relativement bien établi. Les travaux ont porté sur un panel de sites d'atelier diversifié; une quarantaine de sites ont été étudiés. L'étude des différentes catégories de déchets, qui couplent étroitement les approches à l'échelle macroscopique (morphologie et métrologie, structure interne sur section), les approches à l'échelle microscopique (pétrographie et métallographie sur section polie), ainsi que la composition de la matière (semi-quantitative ou quantitative), permet une détermination qualitative des activités, ou du moins des grandes séquences de la chaîne de production, présentes dans chacun des ateliers étudiés. L'analyse de la répartition spatiale des déchets à l'échelle de l'atelier (les différentes catégories, leur assemblage, tout comme les quantités conservées) permet de différencier les dépôts primaires (sols de travail, dépotoirs d'ateliers) des dépôts secondaires (nettoyages, piégeages accidentels, réutilisations), et par là de proposer une localisation des activités. En fonction de ces éléments, il est possible dans certains cas d'envisager ou d'attribuer un caractère spécialisé à la production. Parfois, l'évaluation quantitative de la production (ou tout au moins un ordre de grandeur) est réalisable, particulièrement dans le cas des ateliers de production primaire, et une estimation de la quantité de fer perdu dans les travaux de forgeage peut être proposée pour certains ateliers d'élaboration. La mise en parallèle de ces informations à l'échelle du territoire ouvre la réflexion sur l'organisation de la production, en fonction des types d'activité présentes sur les ateliers, de leur caractère spécialisé ou non, de l'importance supposée de la production, mais aussi du contexte dans lequel s'insère chaque atelier (le type de site associé), en révélant la circulation des produits (bruts, semi-bruts, pré-façonnés) entre les différents niveaux d'atelier.

Dans les deux régions, les vestiges les plus anciens d'ateliers de production ou de travail du fer ne remontent pas au-delà de la fin du premier âge du Fer (Ha D2-D3). Pour la période du Hallstatt final et de La Tène ancienne, le nombre de sites où des activités sidérurgiques sont recensées reste relativement restreint en comparaison du nombre total de sites connus (moins d'une dizaine dans chaque espace), même si ce type d'informations a pu ne pas être conservé ou collecté dans un certain nombre de cas (fouilles anciennes ou absence de prélèvement spécifique). Les séquences de la chaîne opératoire représentées relèvent soit uniquement du travail du fer à la forge, soit de l'association entre la production du métal brut par réduction du minerai et sa transformation en produits forgeables. Les quantités de déchets conservés restent assez modestes, atteignant quelques kilogrammes seulement pour les activités de réduction et quelques centaines à quelques milliers de grammes pour les activités de forgeage. Tous ces ateliers sont intégrés ou associés à des habitats dont la nature paraît assez

variée. Toutefois, il est envisagé que des ateliers dédiés exclusivement à la production primaire existent sur les gîtes de minerai de fer dans les collines du pays d'Othe, comme le suggère par exemple les vestiges de fourneaux datés de cette période sur le site des «Fouetteries» aux Clérimois, ce qui interroge évidemment sur les différences de statut et de niveau de production entre ces derniers et ceux qui sont situés au sein des habitats de la plaine. Dans la boucle de la Moselle, sur le plateau des Côtes de Moselle (Lorraine centrale), un pôle de production utilisant une ressource minière locale pourrait être sous le contrôle d'un important site aristocratique fortifié («la Cité d'Afrique»), dans lequel les activités de fabrication de petits objets de parure et d'*instrumentum* (voire peut-être aussi d'armement) sont clairement attestées, ainsi que leur diffusion à plusieurs centaines de kilomètres de là.

À La Tène moyenne et finale, si le nombre de sites où des activités de travail du fer sont identifiées est plus élevé, il n'en demeure pas moins qu'il ne s'agit que d'une petite part du nombre de sites connus. Les quantités de déchets conservés semblent également plus importantes. Dans les plaines de la confluence Seine-Yonne, plusieurs sites associent des activités de réduction du minerai et de forgeage du fer, ce qui n'est pas le cas dans le bassin de la Moselle où seules des activités de forge sont reconnues. Tous ces ateliers sont implantés dans des habitats. Au moins trois niveaux hiérarchiques dans l'organisation économique de la production sont perceptibles: des établissements ruraux où l'activité métallurgique semble de faible intensité et que l'on pourrait donc interpréter comme limitée aux travaux d'entretien et de réparation des outils agricoles; des établissements ruraux où l'activité métallurgique paraît plus importante et située dans un espace bien dissocié de la zone principale d'habitation; des agglomérations ou des habitats proches des *oppida*, dans lesquels l'activité métallurgique paraît régulière, soutenue et parfois associée à des activités qui laissent penser que la production métallurgique est destinée aux échanges. Ces conclusions rejoignent celles qui ont été avancées pour le nord du Bassin parisien (Bauvais, 2007; Bauvais *et al.*, 2007) et celles qui s'esquissent pour l'ensemble de la moitié nord de la France (Berranger *et al.*, 2017). L'augmentation du nombre d'occurrences d'ateliers de travail du fer et des quantités de déchets retrouvées vont de pair avec la diffusion accrue des objets et outils en fer dans les activités domestiques et économiques à partir du III^e siècle av. J.-C. Dès le milieu de l'âge du Fer (V^e siècle av. J.-C.), trois niveaux d'intégration des sites dans le réseau d'acquisition et de distribution du fer sont ainsi envisageables: celui des ateliers producteurs de fer brut ou importateurs de fer brut pour le transformer en demi-produits, qui paraissent associées à des sites de niveau socio-économique élevé (agglomérations, habitats «aristocratiques», espaces de stockage agricole intense); celui des ateliers acquérant des demi-produits plus ou moins élaborés pour les transformer en produits finis, peut-être dans le cadre d'une production spécialisée; celui des ateliers de travail du fer dans les établissements agricoles, où une production directe, probablement peu spécialisée, côtoie sans doute des travaux de réparation et de recyclage. L'étude des demi-produits eux-mêmes aboutit à des considérations similaires (Berranger, 2014).

Durant la période romaine, dans le bassin de la Moselle, la production de fer brut par réduction du minerai n'est pas encore reconnue avec certitude. Il semble bien qu'une partie du métal vienne d'autres espaces géographiques par des circuits commerciaux qu'il reste encore à mettre en évidence (Leroy, 2001). Tant dans les agglomérations que les habitats ruraux, les ateliers se rapportent exclusivement à des activités de forgeage, sans qu'on perçoive la nature de leur production. On peut envisager que les ateliers urbains produisent des objets manufacturés pour un marché local. Dans cette période de programmes

d'aménagements publics et de constructions de nouvelles grandes demeures, les besoins en outillage ou en pièces métalliques sont importants. La présence de forgerons sur les chantiers pour l'entretien et la réparation des outils, voire pour la fabrication de pièces spécifiques, est sans doute nécessaire. Les ateliers ruraux, qu'ils soient intégrés dans les grands domaines agricoles ou installés en bord de voies, sont habituellement considérés comme des forges servant occasionnellement pour réparer et entretenir le matériel métallique. Aucun signe de production n'apparaît dans les ateliers des habitats ruraux de notre corpus.

Entre la deuxième moitié du ^v^e siècle et la fin du ^x^e siècle, le développement de la production primaire est sensible, mais cette dernière paraît plus disséminée spatialement qu'à l'époque romaine. On rencontre de petites unités de production primaire spécialisées, des chaînes de production complète et des gros centres de production massive. Il reste difficile de répondre à nos questions sur l'importance réelle de l'activité métallurgique dans l'économie de l'habitat. Qu'il s'agisse de lieux de fabrication du fer au sein des exploitations agricoles ou des grands domaines fiscaux, de gros centres de production ou de petites unités spécialisées, la manière dont est organisée la production a changé : elle est divisée en plusieurs étapes parfois dissociées dans le temps et dans l'espace. Dans tous les cas, et même si nos estimations sont encore grossières, la production se chiffre en tonnes, voire en dizaines de tonnes de fer pour chaque atelier. Ces chiffres ont pu sembler surprenants au vu de la rareté des objets en fer connus pour cette période, mais ils obligent à revoir l'idée d'une production de fer anémique au premier Moyen Âge.

D'autres questionnements émergent lorsqu'on aborde la question de l'organisation de la production, auxquels, dans l'état d'avancement de la réflexion et de la collecte de données, il est encore difficile de répondre. Il faudrait pouvoir évaluer le taux de fréquence des activités de production et de travail du fer dans la trame des occupations, tout en déterminant dans quels types de contextes d'occupation (types et statuts des sites) les activités de métallurgie du fer (réduction du minerai et post-réduction) sont présentes ou majoritairement présentes. Il serait aussi particulièrement intéressant de dresser la liste et d'évaluer la fréquence des associations avec d'autres activités productives, qu'elles soient potentiellement associées dans une même chaîne de production (autres métallurgies, travail des matières animales) ou pas, y compris, dans le cas des habitats ruraux, avec les activités agricoles et/ou de subsistance.

Il conviendrait également de pouvoir évaluer l'importance réelle de la production du fer. Il s'agirait d'établir à partir de quels critères et sur quelles bases il serait possible de corréler la quantité de déchets métallurgiques recueillis sur les sites où cette activité a été clairement identifiée avec l'importance globale de cette activité à l'intérieur du site, et comparativement entre les sites. Les questions concernent la relation entre la quantité recueillie et le niveau de conservation des sites : comment pondérer les dénombrements provenant des sites où des couches d'occupation sont conservées et des sites où seules des structures en creux ont livré des artefacts ? La relation entre la quantité recueillie et la période chronologique concernée est également importante : compte tenu des phénomènes de conservation différentielle des sites, notamment en fonction des périodes chronologiques, quelques kilogrammes de déchets découverts sur un site de la fin du premier âge du Fer ont-ils une valeur différente pour évaluer l'importance de l'activité, par rapport à plusieurs dizaines de kilogrammes sur un site de la période romaine ou du premier Moyen Âge ? La relation entre la quantité collectée et le type d'activité attire aussi l'attention : opposition en matière de volume de déchets conservés/produits, entre activités de réduction et

activités de forge, mais aussi entre activités de production et activités de réparation ou d'entretien, par exemple. La relation entre la quantité collectée et le statut du site amène également à se demander si des différences significatives apparaissent entre les volumes de déchets fournis par exemple, entre un atelier en milieu urbain et un atelier en milieu rural, entre un site associé à une élite et une petite ferme agricole, entre une forge d'entretien dans un domaine rural et une forge située dans un établissement routier, etc. Enfin, la relation entre la quantité recueillie et le type de production : quel ordre de grandeur des quantités de déchets produits entre des activités liées à des besoins immédiats (entretien, réparation), à des productions de petite diffusion ou à des productions intégrées à des circuits commerciaux plus vastes... ? Il paraît d'ores et déjà que le critère de quantité de déchets découverts n'est pas suffisant en soi pour qualifier l'activité d'un atelier, mais que l'approche quantitative doit être accompagnée par un questionnement sur la représentativité de l'assemblage étudié, et qu'elle doit être intégrée dans une étude descriptive globale.

L'organisation de la production du fer, dans une région et à une période chronologique données, est probablement étroitement liée à l'intensité de la production, qui dépend elle-même de l'importance des débouchés et des circuits économiques de diffusion et de commercialisation. À l'intérieur d'une même période, les besoins diffèrent en fonction du niveau et du statut social et économique des populations considérées. Dans le but de se doter d'outils permettant de quantifier la production, il apparaît nécessaire de tenter d'évaluer l'ordre de grandeur de la masse de fer livrée par les sites archéologiques, mais aussi globalement pour chaque aire d'étude. Des calculs de quantification de la production sont présentés dans ce volume pour les ateliers de production primaire de Lorraine centrale. Ces méthodologies de calcul ont été présentées dans des travaux précédents (Serneels, 1993; Leroy, 1997; Decombeix *et al.*, 2000; Leroy *et al.*, 2015). Pour les ateliers de travail du fer, des essais d'estimation de la quantité de fer minimale travaillée sur la base du calcul de la quantité de fer perdu dans les déchets scorifiés et métalliques retrouvés ont été tentés pour plusieurs des sites présentés. Ils se basent sur les méthodes d'évaluation mises au point dans quelques travaux précurseurs (Serneels *in* Anderson *et al.*, 2003; Serneels, 2005, Le Carlier *et al.*, 2007), mais se doivent d'être encore améliorés. Dans tous les cas, il s'agit avant tout d'approcher des ordres de grandeur, même grossiers, pour permettre d'engager la réflexion et d'émettre des hypothèses.

Il apparaît aussi indispensable d'engager la quantification, en nombre et en poids, des objets en fer recueillis lors des fouilles archéologiques. Un premier recensement a été tenté pour certains secteurs du bassin de la Moselle, à l'âge du Fer (Sylvie Deffressigne) et au haut Moyen Âge (Édith Peytremann), mais il se heurte à plusieurs difficultés, en premier lieu le fait que le poids des objets métalliques collectés, qu'il s'agisse des habitats ou des nécropoles, n'est encore que trop rarement mesuré, contrairement à celui d'autres matériaux. Or les travaux récents sur certains matériaux, comme la céramique, montrent tout l'intérêt d'une telle démarche pour bâtir des outils d'évaluation sur l'importance de la place d'un type de matériau et des activités productives qui lui sont liées. Ainsi, par exemple, les travaux récents de plusieurs chercheurs montrent la part progressive prise par l'utilisation du fer dans la production d'objets manufacturés au cours de l'âge du Fer (par exemple Dubreucq, 2007). Les essais d'évaluation de la production des ateliers de fer (comme par exemple les ateliers de production primaire de Lorraine centrale présentés ici) montrent que les niveaux de production sont loin d'être négligeables et qu'ils peuvent modifier notablement l'image que l'on a des sociétés anciennes et de l'importance que prend en leur sein le travail, la circulation et l'utilisation du fer.

Bibliographie

.....

Les rapports d'opération des sites fouillés par l'Inrap sont à rechercher en ligne sur Dolia (dolia.inrap.fr/).

- Abetel 1992: Abetel E., *L'établissement sidérurgique de Montcherand*, Lausanne, Bibliothèque historique vaudoise, « Cahiers d'archéologie romande » 54.
- Adam et Fichtl 2004: Adam A.-M. et Fichtl S., « La Protohistoire », in Flotté P. et Fuchs M., *La Moselle*, Carte archéologique de la Gaule, 57/1, Paris, Académie des Inscriptions et Belles Lettres, p. 97-109.
- Anderson *et al.* 2003: Anderson T. *et al.*, *Des artisans à la campagne. Carrière de meules, forge et voie gallo-romaines à Châbles (Fr)*, Éditions Saint-Paul, Fribourg, Suisse, (« Archéologie fribourgeoise » 19), 389 p.
- Augier *et al.* 2012: Augier L., Buchsenschutz O., Durand R., Filippini A., Germinet D., Maçon P., Pauly S., Pescher B., Ralston I., Roure R., Salin M., Tichit A., *Un complexe princier de l'âge du Fer: le quartier artisanal de Port Sec sud à Bourges (Cher)*, vol. 1: *Analyse des structures et du mobilier*, Bourges/Tours, Bourges plus, Service d'archéologie préventive, FERAC, 232 p. (Bituriga, monographie; 2012-1).
- Baray *et al.* 1994: Baray L., Krier V., Leroyer C., Limondin N., Tresset A., Bouvet J.-P., Gadiolet P., Solari M.-E., « L'habitat protohistorique des "Sècherons" à Montereau-Fault-Yonne (Seine-et-Marne) », *Revue archéologique de l'Est*, 45, 2, p. 243-304.
- Barthélemy 1890: Barthélemy F., « Répertoire archéologique pour le département de la Meurthe (époque pré-romaine) », *Mémoires de la Société archéologique lorraine*, XVIII, p. 26-75.
- Batardy *et al.* 2001: Batardy C., Buchsenschutz O., Dumasy F. (dir.), *Le Berry Antique. Atlas 2000*, Tours, FERAC, « Revue archéologique du Centre », suppl. n° 21.
- Bauvais 2007: Bauvais S., *Évolution de l'organisation des activités de forge dans le nord du Bassin parisien au second âge du fer. Études pluridisciplinaires de la chaîne opératoire en métallurgie du fer*, Thèse de doctorat, Université de technologie de Belfort-Montbéliard, sous la direction de P. Fluzin, 3 vol., 1 430 p.
- Bauvais *et al.* 2007: Bauvais S., Gaudefroy S., Gransar F., Malrain F., Fluzin P., « Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie », in Milcent, 2007, p. 239-264.
- Béal et Goyon 2002: Béal J.-C. et Goyon J.-C. (dir.), *Les artisans dans la Ville antique*, actes de la table ronde organisée par l'Institut d'archéologie et d'histoire de l'Antiquité (Lyon, 16-17 novembre 2000), Lyon, Université Lumière-Lyon 2, « Collection Archéologie et histoire de l'Antiquité » 6.
- Beaupré 1910: Beaupré J., « L'oppidum de Sainte-Geneviève (Essey-lès-Nancy), fouilles de 1909 », *Mémoire de la Société d'archéologie lorraine et du Musée Lorrain*, LX, p. 1-26, 5 pl.
- Beaupré 1912: Beaupré J., « Contribution à l'étude du Camp d'Affrique, Messein », *Mémoire de la Société d'archéologie lorraine et du Musée Lorrain*, LXII, p. 339-408.
- Beck *et al.* 2008: Beck P., Braunstein Ph., Philippe M., Ploquin A., « Minières et ferriers du Moyen Âge en forêt d'Othe (Aube, Yonne): approches historiques et archéologiques », *Revue archéologique de l'Est*, 57, p. 333-365.
- Berranger 2014: Berranger M., *Le fer, entre matière première et moyen d'échange, en France du VII^e au I^{er} siècle av. J.-C. Approches interdisciplinaires*. Dijon, Éditions universitaires de Dijon, « Art, archéologie et patrimoine », 382 p.
- Berranger 2017: Berranger M. (dir.), *La sidérurgie en Bourgogne-Franche-Comté, avant le haut fourneau, Organisation et circulation des productions*, rapport d'activité du PCR 2015-2017, SRA Bourgogne-Franche-Comté.
- Berranger et Fluzin 2011: Berranger M. et Fluzin Ph., « Du métal brut au demi-produit. Propriétés et modes de circulation des matières premières ferreuses », in Reddé M. *et al.*, *Aspects de la Romanisation dans l'Est de la Gaule*, vol. 2, Glux-en-Glenne, Bibracte, Centre archéologique européen, « coll. Bibracte » 21, p. 877-886.
- Berranger et Fluzin 2013: Berranger M., Fluzin Ph., « Organisation of bloomsmithing activities in agglomeration at the end of the Iron Age (France – IInd – Ist century B.C.) », in Pernicka E., Schwab R. (dir.), *Under the volcano. Proceedings of the international Symposium on the metallurgy of the European Iron Age (SMEIA), Mannheim, Germany, 20-22 avril 2010*. Rahden, éditions Verlag Marie Leidorf, « Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft » Band 5, p. 59-71.
- Berranger *et al.* 2017: Berranger M., Zaour N., Leroy M., Bauvais S., Cabboi L., Dunikowski Ch., Fluzin P., « Organisation des productions sidérurgiques en Gaule (VII^e-I^{er} siècle a.C.): de la réduction du métal à l'élaboration des demi-produits », in Marion S., Deffressigne S., Kaurin J., Bataille G. (dir.), *Production et proto-industrialisation aux âges du Fer. Perspectives sociales et environnementales*, Actes du 39^e colloque international de l'AFEAF (Nancy, 14-17 mai 2015), Bordeaux, Ausonius éditions, p. 301-334.

- Bertaux 1972: Bertaux J.-P., « Sondages à Burthécourt: étude du matériel technique (Hallstatt moyen) », *Bulletin de l'Académie et de la Société lorraine des sciences*, t. 11, fasc. 3, p. 178-200.
- Bienfait 2002: Bienfait M., « La sidérurgie en milieu urbain dans la Gaule de l'est: réflexions sur les types d'activités pratiquées », *in* Béal et Goyon, 2002, p. 69-76.
- Disser *et al.* 2016: Disser A., Dillmann Ph., Leroy M., Merluzzo P., Leroy S., « The Bridge of Dieulouard (Meurthe-et-Moselle, France): A Fresh Perspective on Metal Supply Strategies in Carolingian Economy. Le pont de Dieulouard (Meurthe-et-Moselle): un éclairage nouveau sur les stratégies d'acquisition du métal dans l'économie carolingienne », *ArchéoSciences, revue d'archéométrie*, 40, p. 149-161.
- Blaising 2002: Blaising J.-M., « Yutz (57), Archéologie d'un terroir des âges des Métaux au XIX^e siècle », *Archaeologia Mosellana* 4, 2002, p. 185-217.
- Bonneau et Aussaresses-Bonneau, 1994: Bonneau M. et Aussaresses-Bonneau H., « Champallement – Compièrre (Nièvre) », *in* Petit, Mangin, 1994, vol. 1, p. 51-52.
- Bonvalot, 1994: Bonvalot N., « Seveux-Savoieux - *Segobodium* (Haute-Saône) », *in* Petit, Mangin, 1994, vol. 1, p. 120-122.
- Burnand 1990: Burnand Y., *Encyclopédie illustrée de la Lorraine. 1.2, Histoire de la Lorraine, les temps anciens, de César à Clovis*, Nancy, Presses universitaires de Nancy, Metz, Éd. Serpenoise, 266 p.
- Cabboi 1994: Cabboi L., *La Plaine d'Herbier*, DFS de diagnostic approfondi, Afan-SRA Bourgogne, 36 p. (Afan, coord. Archéo. A160, vol. 5).
- Cabboi *et al.* 2007: Cabboi S., Dunikowski C., Leroy M., Merluzzo P., « Les systèmes de production sidérurgique chez les Celtes du Nord de la France », *in* Milcent, 2007, p. 35-62.
- Chapelot et Fossier 1980: Chapelot J., Fossier R., *Le village et la maison au Moyen Âge*, Paris, Hachette.
- Chardon-Picault, 1993-1994: Chardon-Picault P., « Un site artisanal antique au Faubourg d'Arroux à Autun: pré-étude », *Mémoires de la Société éduenne* 55, fasc. 3, p. 221-223.
- Daveau et Goustard 2000: Daveau I., Goustard V., « Un complexe métallurgique et minier du haut Moyen Âge: le site des Fourneaux à Vert-Saint-Denis (Seine-et-Marne) », *in* Domergue Cl. et Leroy M. (dir.), *Mines et métallurgies en Gaule. Recherches récentes*, Gallia, 57, p. 77-99.
- Decombeix *et al.* 2000: Decombeix P.-M., Domergue Cl., Fabre J.-M., Gorgues A., Rico C., Tollon F., Tournier B., « Réflexions sur l'organisation de la production du fer à l'époque romaine dans le bassin supérieure de la Dure, au voisinage des Martyrs (Aude) », *in* Domergue Cl. et Leroy M. (dir.), *Mines et métallurgies en Gaule. Recherches récentes*, Gallia, 57, p. 23-36.
- Deffressigne 2004: Deffressigne S., « La Protohistoire en Meurthe-et-Moselle », *in* Hamm G., *La Meurthe-et-Moselle*, Carte archéologique de la Gaule, 54, Paris, Académie des Inscriptions et Belles Lettres, p. 42-62.
- Deffressigne *et al.* 2002: Deffressigne S., Tikonoff N., Boulanger-Bouchet K., Chausse C., Tesnier-Hermetey C., « Les gisements d'habitat de la fin du premier âge du Fer à Gondreville - Fontenoy-sur-Moselle (54). Le stockage intensif et ses conséquences économiques et sociales », *Archeologia Mosellana*, 4, p. 81-184.
- Deffressigne *et al.* 2010a: Deffressigne S., Landolt M., Millet E., « Premier bilan sur les nécropoles de la région Lorraine de la fin du VI^e siècle à la fin de l'indépendance », *in* Barral P., Dedet B., Delrieu F. *et al.* (dir.), *Gestes funéraires en Gaule au second âge du Fer*, Actes du 33^e colloque international de l'AFEAF (Caen, 21-24 mai 2009), Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, « Environnement, sociétés et archéologie » 14, p. 183-200.
- Deffressigne *et al.* 2010b: Deffressigne S., Prévot M., Ferrarasso Y., *Frebécourt « La Fourche » (Vosges). Une occupation rurale des âges du Fer et du premier Moyen Âge*, rapport d'opération, Inrap-SRA Lorraine, 568 p.
- Deffressigne-Tikonoff 2005: Deffressigne-Tikonoff S., avec la collaboration de Auxiette G., Cabart H., Guillaumet J.-P., Tikonoff N., Jude R., « Un habitat de La Tène C2 - début D1 à Ennery "Landrevenne" », *in* Fichtl S., *Hiérarchie de l'habitat rural dans le Nord-Est de la Gaule à La Tène Moyenne et Finale*, *Archaeologia Mosellana*, 6, p. 47-103.
- Deffressigne-Tikonoff, Auxiette 2002: Deffressigne-Tikonoff S., Auxiette G., « Réalité domestique ou symbolique du banquet? L'exemple du site d'Ennery "Landrevenne" (Moselle) vu à travers les rejets d'une fosse dépotoir. Découvertes récentes de l'âge du Fer dans le massif des Ardennes et ses marges », *in* Méniel P. et Lambot B. (dir.), *Repas des vivants et nourriture pour les morts en Gaule*, Actes du 25^e colloque de l'AFEAF (Charleville-Mézières, 24-27 mai 2001), Reims, Société archéologique champenoise, « Mémoire » 16, p. 231-246.
- Deffressigne-Tikonoff et Tikonoff 2005: Deffressigne-Tikonoff S., Tikonoff N., « L'habitat à la fin du Deuxième âge du Fer en Meurthe-et-Moselle: présentation des données récentes », *in* Fichtl S., *Hiérarchie de l'habitat rural dans le Nord-Est de la Gaule à La Tène Moyenne et Finale*, *Archaeologia Mosellana*, 6, p. 103-150.
- Deffressigne et Tikonoff 2012: Deffressigne S., Tikonoff N., coll. Georges-Leroy M., « La proto-urbanisation dans le bassin de Nancy (Lorraine) de la fin du VI^e au I^{er} siècle av. J.-C. », *in* *La question de la proto-urbanisation à l'âge du Fer*, Actes du 34^e colloque international de l'AFEAF (Aschaffenburg, mai 2010), Bonn, R. Habelt, p. 127-137.
- Deffressigne et Tikonoff 2013: Deffressigne S., Tikonoff N., « La Lorraine », *in* Malrain F., Blanquaert G., Lohro T. (dir.), *L'habitat rural du second âge du Fer. Rythmes de création et d'abandon au nord de la Loire*, Paris, Inrap, CNRS Éditions, « Recherches Archéologiques » 7, p. 45-66.
- Demarolle 2001: Demarolle J.-M., « Un corpus en question, l'iconographie lapidaire des métiers en Gaule Belgique », *in* Polfer M. (dir.), *L'artisanat romain: évolutions, continuités et ruptures (Italie et provinces occidentales)*, Actes du 2^e colloque d'Erpeldange (octobre 2001), Montagnac, M. Mergoïl, « Monographies Instrumentum » 20, p. 31-42.
- Deyber *et al.* 1984: Deyber A., Dalaut M., Ladier E., Weisrock A., « L'habitat fortifié laténien de "la Pierre d'Appel" à Étival-Clairefontaine (Vosges) », *Gallia*, 42, 1, p. 175-217.

- Dhennequin 2005: Dhennequin L., *L'armement au premier âge du Fer en Europe tempérée*, thèse de doctorat en archéologie, t. 3. Paris, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, 322 p.
- Doehaerd 1971: Doehaerd R., *Le haut Moyen Âge occidental. Économies et sociétés*. Paris, PUF, « Nouvelle Cléo ».
- Domergue et Leroy 2000: Domergue C. et Leroy M., « L'état de la recherche sur les mines et les métallurgies en Gaule, de l'époque gauloise au haut Moyen Âge », in Domergue Cl. et Leroy M. (dir.), *Mines et métallurgies en Gaule. Recherches récentes*, Gallia, 57, p. 3-10.
- Domergue et al. 2006: Domergue C., Serneels V., Cauuet B., Pailler J.-M., Orzechowski S., « Mines et métallurgies en Gaule à la fin de l'âge du fer et à l'époque romaine », in Paunier D. (éd.), *Celtes et Gaulois, l'Archéologie face à l'Histoire, 5: la romanisation et la question de l'héritage antique*, Actes de la table ronde de Lausanne (17-18 juin 2005), Glux-en-Glenne, Bibracte, Centre archéologique européen, « Bibracte » 12/5, p. 131-162.
- Dubreucq 2007: Dubreucq É., *Les mobiliers métalliques découverts sur les habitats du Ha D à LTA: approches qualitative et quantitative proposées pour quelques sites de l'Allemagne du Sud-Ouest à la France centrale*, Thèse de doctorat en archéologie, Dijon, Université de Bourgogne, 406 p.
- Duby 1962: Duby G., *L'économie rurale et la vie des campagnes dans l'occident médiéval*, Paris, Éditions Montaigne, 2 vol.
- Dufresne 1849: Dufresne A., *Notice sur quelques antiquités trouvées dans l'ancienne province Leuke (évêché de Toul) depuis 1832 jusqu'en 1847*, Metz, Impr. de S. Lamort.
- Dumasy 1994: Dumasy F., « La métallurgie du fer dans la cité des Bituriges Cubi », in Mangin M. (dir.), *La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen*, Actes du colloque de Besançon (novembre 1993), Paris, Les Belles Lettres, « Annales littéraires de l'université de Besançon. Série Archéologie » 40, p. 213-222.
- Dumasy et al. 2010: Dumasy F., Dieudonné-Glad N., Laüt L., *Travail de la terre, travail du fer. L'espace rural autour d'Argentomagus (Saint-Marcel, Indre)*, Bordeaux, Ausonius, 525 p.
- Dunikowski et Cabboi 1995: Dunikowski C. et Cabboi S., *La sidérurgie chez les Sénon: les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)*, Paris, Éd. de la Maison des sciences de l'homme, DAF 51.
- Dunikowski, Séguier, Cabboi 2007: Dunikowski C., Séguier J.-M., Cabboi S., « La production du fer protohistorique au sud-est du Bassin parisien », in Milcent, 2007, p. 279-289.
- Dunikowski et al. 1996: Dunikowski C., Leroy M., Merluzzo P., Ploquin A., « L'atelier de forge de Nailly (Yonne), contribution à l'étude des déchets métallurgiques », *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 47, p. 97-121.
- Eschenlohr, Serneels 1991: Eschenlohr L., Serneels V., *Les bas fourneaux mérovingiens de Boécourt, les Boulies (Jura suisse)*, Porrentruy, Office du patrimoine historique, Société jurassienne d'émulation, « Cahiers d'archéologie jurassienne » 3.
- Eschenlohr et al. 1999: Eschenlohr L. et al., « Develier-Courtételle (Jura). Une activité préindustrielle: le travail du fer », *Helvetica Archaeologica*, 118/119, p. 73-87.
- Eschenlohr 2001: Eschenlohr L., *Recherches archéologiques sur le district sidérurgique du Jura central suisse*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande n° 88, 320 p.
- Fichtl et al. 2005: Fichtl S., Delnef H., Lefebvre C., Brunella Ph., « Une nécropole de La Tène moyenne à Metz: Les Hauts-de-Sainte-Croix », in Fichtl S., *Hiérarchie de l'habitat rural dans le Nord-Est de la Gaule à La Tène Moyenne et Finale*, *Archaeologia Mosellana*, 6, p. 359-383.
- Fluzin et al. 2012: Fluzin P., Berranger M., Bauvais S., Pagès G., Dillmann P., « An archaeological and archaeometrical approach of ferrous semi-product: typology, quality, and circulation », in Cucini C., *Acta mineralia et metallurgica. Studi in onore di Marco Tizzoni*, Bergame, Notizie Archeologiche Bergomensi, 20, p. 195-204.
- Frauciel 2008: Frauciel M., « Prény Tautecourt (Meurthe-et-Moselle), un habitat rural du haut Moyen Âge », in Guillaume J. et Peytremann É. (dir.), *L'Austrasie. Sociétés, économies, territoires, christianisation*, Actes des 26^e journées internationales d'archéologie mérovingienne (Nancy, septembre 2005), Nancy, Presses universitaires de Nancy, p. 25-35.
- Frauciel 2011: Frauciel M. (dir.), *Prény (Meurthe-et-Moselle), Tautecourt, Frichamp, Bois Lasseau*, rapport d'opération, Inrap-SRA Lorraine.
- Gazenbeek et al. 2007: Gazenbeek M., Decanter F., Wiethold J., *Chavigny (Meurthe-et-Moselle) « En Bray, Derrière le Berger, la Haldat »*, rapport d'opération, Inrap-SRA Lorraine, 88 p.
- Gébus 1991: Gébus L., *Talange (Moselle), « Le Clos des Vignes »*, rapport d'opération, AFAN-SRA Lorraine, 2 vol., 71 p.
- Geindre 1983: Geindre L., *Frouard et ses moulins. Étude historique*. Champigneulle, Impr. Hilt, 299 p.
- Georges-Leroy et al. 2011: Georges-Leroy M., Bock J., Dambrine E., Dupouey J.-L., « Apport du lidar à la connaissance de l'histoire de l'occupation du sol en forêt de Haye », *ArchéoSciences*, 35, p. 117-129.
- Georges-Leroy et al. 2012: Georges-Leroy M., Bock J., Dambrine E., Dupouey J.-L., Gebhardt A., Laffite J.-D., « Les vestiges gallo-romains conservés dans le massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle). Leur apport à l'étude de l'espace agricole », in Carpentier V. et Marcigny C., *Des hommes aux champs. Pour une archéologie des espaces ruraux du néolithique au Moyen Âge*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 157-180.
- Gheller et Leroy 1999: Gheller P. et Leroy M., *Ludres Chaudeau UGC Ciné-Cité*. DFS de sauvetage urgent, AFAN-SRA Lorraine, CNRS, 46 p.
- Gilles 1968: Gille B., « L'organisation de la production du fer au Moyen Âge », *Revue d'histoire de la sidérurgie*, IX, p. 95-121.
- Girardot 1970: Girardot A., « Forges princières et forges monastiques, coup d'œil sur la sidérurgie lorraine aux XII^e et XIII^e siècles », *Revue d'histoire des mines et de la métallurgie*, II, 1, p. 3-20.

- Horikoshi 2007: Horikoshi K., *L'industrie du fer en Lorraine, XII^e-XVII^e siècles*, Langres, Éd. Dominique Guénot, 515 p.
- Koenig 2005: Koenig M.-P., «Le gisement protohistorique de Rosières-aux-Salines (Meurthe-et-Moselle)», in Buchsenschutz O., Mordant C. (dir.), *Architectures protohistoriques en Europe occidentale du Néolithique final à l'âge du Fer*, Actes du 127^e congrès du CTHS (Nancy, 15-20 avril 2002), Paris, Éd. CTHS, p. 91-147.
- Labeaune 2011: Labeaune R. (dir.), *Des gaulois dans la Combe, Plombières-les-Dijon, Talant (Côte-d'Or)*, Dijon, DRAC Bourgogne, «Archéologie en Bourgogne», 18 p.
- Lagadec *et al.* 1989: Lagadec J.-P., Duval P., Éveillard J., Leroy M., Ploquin A., «Bilan de sept campagnes de fouilles à la Cité d'Afrique (1981-1987)», *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 40, p. 147-197.
- Lagadec *et al.* 1999: Lagadec J.-P., Duval P., Éveillard J., «Dernière année de fouille à la Cité d'Affrique de Messein (Meurthe-et-Moselle)», in Chaume B., Mohen J.-P., Périn P. (dir.), *Archéologie des Celtes, mélanges à la mémoire de René Joffroy*, Montagnac, M. Mergoil, p. 207-212.
- Laurent *et al.* 2012: Laurent H., Laurent-Corsini S., Mangin M., «La sidérurgie ancienne dans la région de Franche-Comté: trente années de recherches pluridisciplinaires sur la réduction directe dans l'Est de la France (1981-2011)», in Cucini C., *Acta mineralia et metallurgica. Studi in onore di Marco Tizzoni*, Bergamo, Notizie Archeologiche Bergomensi, 20, p. 57-78.
- Le Carlier *et al.* 2007: Le Carlier C., Leroy M., Merluzzo P., «L'apport de l'analyse morphologique, microscopique et chimique des scories en forme de culot à la restitution des activités de forge», *Archéosciences, revue d'archéométrie*, 31, p. 23-35.
- Legendre 1994: Legendre J.-P., «Florange-Daspich-Ébange (Moselle)», in Petit et Mangin, 1994, p. 180-181.
- Legendre 1997: Legendre J.-P., «Florange-Daspich-Ébange, un village-rue d'artisans», in Massy, 1997a, p. 157-162.
- Le Goff 1982: Le Goff J., *La civilisation de l'occident médiéval*, Paris, Flammarion, 2^e éd.
- Legoux 2005: Legoux R., *La nécropole mérovingienne de Cutry (Meurthe-et-Moselle)*, Saint-Germain-en-Laye, Mémoires publiés par l'Association française d'Archéologie mérovingienne, XIV, 543 p.
- Legoux et Liéger 1989: Legoux R. et Liéger A., «La nécropole gallo-romaine et mérovingienne de Cutry», *Actes des X^e journées internationales d'archéologie mérovingienne* (Metz, octobre 1988), Sarreguemines, Pierron.
- Legoux, Périn, Vallet 2004: Legoux R., Périn P., Vallet F., *Chronologie normalisée du mobilier funéraire mérovingien entre Manche et Lorraine*. Bull. de l'Association française d'archéologie mérovingienne, N° hors série.
- Lepage 1843: Lepage H., *Le département de la Meurthe, statistique historique et administrative*, Nancy, Peiffer.
- Leroy 1990: Leroy M. et coll., «Contribution à l'étude de la sidérurgie antique: un atelier urbain à Metz (Arsenal Ney)», *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 41, n° 3-4, p. 289-300.
- Leroy 1997: Leroy M. et coll., *La sidérurgie en Lorraine avant le haut-fourneau. L'utilisation du minerai oolithique en réduction directe*, Paris, CNRS Éditions, Monographie du CRA, 18, 310 p.
- Leroy 2001: Leroy M., «La production sidérurgique en Gaule: changements et mutations perceptibles entre le Haut-Empire et les débuts du haut Moyen Âge», in Polfer M. (dir.), *L'artisanat romain: évolutions, continuités et ruptures (Italie et provinces occidentales)*, Actes du 2^e colloque d'Erpeldange (octobre 2001), Montagnac, M. Mergoil, «Monographies Instrumentum» 20, p. 79-95.
- Leroy 2005: Leroy M., «L'utilisation de la minette dans le développement de la sidérurgie ancienne en Lorraine avant le haut-fourneau: les acquis des recherches récentes», *Le Pays-Haut*, n° 1, p. 6-12.
- Leroy 2008: Leroy M., «Les modes de production du fer au haut Moyen Âge. L'exemple des ateliers sidérurgiques de Lorraine centrale», in Guillaume J. et Peytreman É. (dir.), *L'Austrasie. Sociétés, économies, territoires, christianisation*, Actes des 26^e journées internationales d'archéologie mérovingienne (Nancy, septembre 2005), Nancy, Presses universitaires de Nancy, p. 177-188.
- Leroy 2009: Leroy M., «Le choix de la minette: les acquis de la recherche récente sur le développement de la sidérurgie ancienne en Lorraine avant le haut fourneau», in Meyer-Rodrigues N. et Bur M. (dir.), *Les arts du feu*, Actes du 127^e congrès des sociétés historiques et scientifiques (Nancy, 15-20 avril 2002), CTHS édition électronique-CD ROM, p. 85-100.
- Leroy *et al.* 2000: Leroy M., Mangin M., Laurent H., Boukezzoula M., Raïssouni B., «La sidérurgie dans l'est de la Gaule: l'organisation spatiale de la production de l'âge du Fer au haut Moyen Âge», in Domergue Cl. et Leroy M. (dir.), *Mines et métallurgies en Gaule. Recherches récentes, Gallia*, 57, p. 11-21.
- Leroy *et al.* 2004: Leroy M., Merluzzo P., Le Carlier C., «L'activité sidérurgique sur le site antique de Florange-Daspich-Ébange (Moselle). Réexamen critique des découvertes archéologiques», *Les Cahiers Lorrains*, 2004/1, p. 53-71.
- Leroy *et al.* 2007: Leroy M., Le Carlier C., Merluzzo P., «Entre bas et haut fourneau. L'utilisation de la minette de Lorraine au Moyen Âge: une parfaite adéquation avec la technique du bas fourneau», in *Medieval Europe Paris 2007: l'Europe en mouvement*. 4^e congrès international d'archéologie médiévale et moderne, Paris, INHA, septembre 2007 (édition électronique: medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr), 18 p.
- Leroy *et al.* 2015: Leroy M., Merluzzo P., Le Carlier C., *Archéologie du fer en Lorraine. Minette et production du fer en bas fourneaux dans l'Antiquité et au Moyen Âge*, Knutange, Fensch-Vallée-Éditions, 372 p.
- Leroy et Cabboi 2013: Leroy M., Cabboi L. (coord.), *Projet collectif de recherche: les formes d'organisation de la production du fer en métallurgie ancienne. Systèmes de production et chaînes opératoires dans les ateliers de l'est du Bassin parisien, de l'âge du Fer au haut Moyen Âge*, rapport final de synthèse (2007-2012), LMC, Inrap, MCC, LAM-Grand-Nancy, Jarville, 3 vol. 214 p., 447 p., 120 p.
- Leroy et Merluzzo 1998: Leroy M., Merluzzo P., «Les ateliers sidérurgiques médiévaux de Saint-Dizier (Haute-Marne)», *Bulletin de la Société archéologique champenoise*, t. 91, n° 4, 126 p.

- Leroy et Merluzzo 2010: Leroy M. et Merluzzo P., « Les déchets des activités de métallurgie du fer dans les agglomérations de Gaule romaine: ateliers, dépotoirs et rebuts déplacés », in Chardon-Picault P. (dir.), *Aspects de l'artisanat en milieu urbain: Gaule et Occident romain*, Actes du colloque international (Autun, septembre 2007), Dijon, RAE, « Revue archéologique de l'Est » 28^e suppl., p. 305-321.
- Liéger 1997: Liéger A., *La nécropole gallo-romaine de Cutry (Meurthe-et-Moselle)*, Nancy, Presses universitaires de Nancy, « Études lorraines d'archéologie nationale » 3.
- Lutz 1982: Lutz M., « Industries régionales dans l'Antiquité », *Les Cahiers Lorrains*, 1982/1, p. 85-97.
- Mangin 1994: Mangin M., « Entrains-sur-Nohain (Nièvre) », in Petit, Mangin, 1994, vol. 1, p. 53-54.
- Mangin 1996: Mangin M., « Artisanat, économie et société dans les Gaules de l'Est à l'époque romaine », in *Actes du congrès de Dijon de la SFECAG*, Marseille, SFECAG, p. 7-14.
- Mangin 2004: Mangin M. (dir.), *Le fer*, Paris, Éditions Errance, « Archéologiques ».
- Mangin *et al.* 1992: Mangin M., Keesmann I., Birke W. et Ploquin A., *Mines et métallurgie chez les Éduens. Le district sidérurgique antique et médiéval du Morvan-Auxois*, Besançon, Université de Besançon, « Annales littéraires de l'université de Franche-Comté » 456 « Série Archéologie » 38, 364 p.
- Mangin, Fluzin, 2006: Mangin M. et Fluzin Ph., « L'organisation de la production métallurgique dans une ville gallo-romaine: le travail du fer à Alésia », *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 55, p. 129-150.
- Marion 2008: Marion S., « Le second âge du Fer en Seine-et-Marne », in Griffisch J.-N., Magnan D., Mordant D., *La Seine-et-Marne, Carte archéologique de la Gaule*, 77-2, Paris, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, p. 169-173.
- Massy 1997a: Massy J.-L. (dir.), *Les agglomérations secondaires de la Lorraine romaine*, Paris, Les Belles Lettres, « Annales littéraires de l'université de Franche-Comté » 647, p. 157-162.
- Massy 1997b: Massy J.-L., « Cutry, une agglomération révélée par sa nécropole », in Massy, 1997a, p. 343-344.
- Matthieu *et al.* 1994: Matthieu S., Mignot P., Plumier J., « Structures associées à des scories de forge sur quelques sites romains de Belgique », in Mangin M. (dir.), *La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen*, Actes du colloque de Besançon (novembre 1993), Paris, Les Belles Lettres, « Annales littéraires de l'université de Besançon. Série Archéologie » 40, p. 141-142.
- Milcent 2007: Milcent P.-Y. (dir.), *L'économie du fer protohistorique: de la production à la consommation du métal*, Actes du 28^e colloque de l'AFEAF (Toulouse, 20-23 mai 2004), Pessac, Fédération Aquitania (supplément 14/2), 434 p.
- Nouvel *et al.* 2009: Nouvel P., Barral P., Deffressigne S., Riquier V., Séguier J.-M., Tikonoff N., Zehner M., « Rythme de création, fonctionnement et abandon des établissements ruraux de la fin de l'âge du Fer dans l'Est de la France », in Bertrand I., Duval A., Gomez de Soto J., Maguer P. (dir.), *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions de monde celtique*, Actes du 31^e colloque international de l'AFEAF (Chauvigny, 17-20 mai 2007), Chauvigny, éd. Association des publications chauvinoises (Mémoire; XXXV), p. 109-151.
- Olivier 1986: Olivier L., « Des chevaux, de l'acier et la puissance. Le passage à l'âge du Fer en Lorraine dans son contexte européen », in *La Lorraine d'avant l'Histoire, du Paléolithique inférieur au premier âge du Fer*, catalogue de l'exposition aux Musées de Metz, Metz, éd. Serpenoise, p. 148-177.
- Olivier 1998: Olivier L., « Résultats préliminaires de la campagne de fouille programmée 1998 dans la nécropole de tumulus à tombes à char de Diarville "Devant Giblot" (Meurthe-et-Moselle) », *Antiquités nationales*, 30, p. 87-105.
- Olivier 2000: Olivier L., « Le "briquetage de la Seille" (Moselle): nouvelles recherches sur une exploitation proto-industrielle du sel à l'âge du Fer », *Antiquités Nationales*, 32, p. 143-171.
- Olivier 2002: Olivier L., « Le temps des seigneurs et des rois de l'âge du Fer (IX^e-IV^e siècles av. J.-C.) », in *Princesses celtes en Lorraine. Sion, trois millénaires d'archéologie d'un territoire*, Jarville-la-Malgrange, Musée de l'Histoire du Fer, p. 37-57.
- Olivier 2005: Olivier L., « Le "briquetage de la Seille" (Moselle): bilan d'un programme de cinq années de recherches archéologiques (2001-2005) », *Antiquités Nationales*, 37, p. 219-230.
- Olivier, Triboulot 2002: Olivier L., Triboulot B., « L'enceinte de Tincry (Moselle): un nouveau pouvoir hallstattien lié à l'exploitation du sel de la haute Seille? », *Antiquités Nationales*, 34, p. 119-133.
- Orengo 2007: Orengo L., « Hallstatt-La Tène: un "sous-âge du Fer"? Et qu'en est-il de l'époque romaine? », in Milcent, 2007, p. 381-392.
- Pagès 2010: Pagès G., *Artisanat et économie du fer en France méditerranéenne de l'Antiquité au début du Moyen Âge: une approche interdisciplinaire*, Montagnac, Monique Mergoïl, 315 p.
- Pelet 1993: Pelet P.-L., *Une industrie reconnue. Fer, charbon, acier dans le Pays de Vaud*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande, 60, 1993 (rééd. 1^{re} éd. 1973).
- Pesez 1998a: Pesez J.-M., *Archéologie du village et de la maison rurale au Moyen Âge*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, « Collection d'Histoire et d'Archéologie Médiévales » 5.
- Pesez 1998b: Pesez J.-M., « Le Moyen Âge est-il un temps d'innovation technique? », in Beck P. (dir.), *L'innovation technique au Moyen Âge*, Actes du VI^e congrès international d'archéologie médiévale (Dijon, 1996), Paris, Éd. Errance, p. 11-14.
- Petit 2004: Petit J.-P., « Les agglomérations secondaires de la cité des Médiomatriques », in Flotté P. et Fuchs M., *La Moselle*, Carte archéologique de la Gaule, 57/1, Paris, Académie des Inscriptions et Belles Lettres, p. 161-176.
- Petit 2005: Petit J.-P., coll. Brunella Ph., *Bliesbruck-Reinheim. Celtes et Gallo-Romains en Moselle et en Sarre*, Paris, Éditions Errance, 221 p.
- Petit et Mangin 1994: Petit J.-P., Mangin M. (dir.), coll. Brunella Ph., *Atlas des agglomérations secondaires de la Gaule Belgique et des Germanies*, Paris, Éditions Errance, 2 vol., 294 p. et 294 p.

- Peytremann 2003 : Peytremann É., *Archéologie de l'habitat rural dans le nord de la France du IV^e au XII^e siècle*, Saint-Germain-en-Laye, AFAM, « Mémoires publiés par l'Association française d'archéologie mérovingienne » 13, 2 vol., 453 et 442 p.
- Peytremann 2008 : Peytremann É., « L'établissement rural des VII^e-X^e siècles de Sillégny (Moselle) », in Guillaume J. et Peytremann É. (dir.), *L'Austrasie. Sociétés, économies, territoires, christianisation*, Actes des 26^e journées internationales d'archéologie mérovingienne (Nancy, septembre 2005), Nancy, Presses universitaires de Nancy, p. 37-46.
- Peytremann 2018 : Peytremann É. (dir.), *En marge du village. La zone d'activités spécifiques et les groupes funéraires de Sermersheim (Bas-Rhin) du VI^e au XI^e siècle*, Dijon, RAE, « Revue archéologique de l'Est » 45^e suppl., 408 p.
- Piétak *et al.* 2012 : Piétak J.-P., Leroy M., Le Carlier C., Merluzzo P., « Nouvelles données sur l'importance des vestiges de sidérurgie ancienne en Puisaye », *Revue archéologique de l'Est*, 61, p. 117-131.
- Planck *et al.* 1985 : Planck D., Biel J., Süsskind G., Wais A., *Der Keltenfürst von Horchdorf. Methoden und Ergebnisse der Landesarchäologie in Baden-Württemberg*. Stuttgart, Theiss, 512 p.
- Pleiner 2000 : Pleiner R., *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*, Prague, Archeologicky Ústav AV CR, 400 p.
- Polfer 2005 : Polfer M., *L'artisanat dans l'économie de la Gaule Belgique romaine à partir de la documentation archéologique*, Montagnac, M. Mergoïl, « Monographies Instrumentum » 28, 178 p.
- Poyeton, Séguier 2002 : Poyeton A., Séguier J.-M., « Un enclos rituel à Balloy chez les Sénonis », *Les Celtes en Île-de-France, Dossiers d'Archéologie*, 273, mai 2002, p. 85.
- Prévot et Leroy 2012 : Prévot M. et Leroy M., *Messein, Meurthe-et-Moselle, ZAC des Coteaux, Les Noires Terres. Un hameau de forgerons des VII^e-VIII^e siècles ?*, rapport d'opération, Inrap-SRA Lorraine, 2 vol., 403 et 330 p.
- Riquier-Boucllet 2006 : Riquier-Boucllet Ch., *Caractérisation du travail du forgeron au haut Moyen Âge à travers l'étude des déchets métalliques de forge archéologiques*, Mémoire de DEA, Université de Nancy 2, sous la direction de P. Corbet, G. Giuliatto et M. Leroy.
- Rouche 1980 : Rouche M., « Les premiers frémissements de l'Europe (VII^e-milieu du X^e siècle) », in Fossier R., *Le Moyen Âge*, t. 1, *Les nouveaux mondes 350-950*, Paris, A. Colin, p. 369-501.
- Schembri 2016 : Schembri F., « Un établissement gallo-romain en bordure de la voie impériale de Lyon à Trèves à Lesménils "Notre-Dame/Chêne brûlé" (Meurthe-et-Moselle) », in *L'Antiquité tardive dans l'Est de la Gaule*, II, Actes du colloque de Châlons-en-Champagne (septembre 2010), Dijon, RAE, « Revue archéologique de l'Est » 41^e suppl., p. 411-427.
- Séguier 2002 : Séguier J.-M., « Varennes-sur-Seine, une agglomération de plaine à l'époque de la Conquête », *Les Celtes en Île-de-France, Dossiers d'Archéologie*, 273, mai 2002, p. 34-39.
- Séguier 2008 : Séguier J.-M., « Établissement aristocratique et nécropole de La Tène finale à Varennes-sur-Seine (Seine-et-Marne) », *Bulletin de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer*, 26, p. 55-56.
- Séguier 2009 : Séguier J.-M., « La céramique domestique de l'espace culturel sénonais du milieu du V^e au milieu du III^e s. av. J.-C. dans son contexte du centre-est de la France », *Revue archéologique de l'Est*, 58, p. 57-132.
- Séguier *et al.* 2007 : Séguier J.-M., Auxiette G., Clavel B., Maury O., Rimbault S., « Le début du IV^e s. av. J.-C. dans l'espace culturel sénonais : les habitats de Bois d'Échalas à Ville-Saint-Jacques et de Beauchamp à Varennes-sur-Seine (Seine-et-Marne) dans le contexte de l'interfluve Seine-Yonne », *Revue archéologique du Centre de la France*, 45-46, <http://journals.openedition.org/racf/611>.
- Séguier *et al.* 2008 : Séguier J.-M., Auxiette G., Coubray S., Dunikowski C., Lecomte-Schmitt B., Zech-Matterne V., « Une ferme du début du III^e s. av. J.-C. au "Marais du Colombier", Varennes-sur-Seine (Seine-et-Marne) : analyse archéologique et environnementale », *Revue archéologique du Centre de la France*, 47, <http://journals.openedition.org/racf/1105>
- Séguier, Delattre 2005 : Séguier J.-M., Delattre V., « Espaces funéraires et cultuels au confluent Seine-Yonne (Seine-et-Marne) de la fin du V^e au III^e siècle av. J.-C. », *Supplément à la Revue archéologique du centre de la France*, 26, p. 241-260.
- Séguier, Huet 1995 : Séguier J.-M., Huet N., « Production et consommation de céramique non tournée au Haut-Empire en territoire sénon (Seine-et-Marne, Yonne) », in *Actes du congrès de Rouen (1995) de la SFECAG*, Marseille, p. 235-250.
- Serneels 1993 : Serneels V., *Archéométaballurgie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande, 61.
- Serneels 1998 : Serneels V., « La chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne », in Feugère M. et Serneels V. (dir.), *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, Montagnac, M. Mergoïl, « Monographies Instrumentum » 4, p. 7-44.
- Serneels, 2005 : Serneels V., « Les traces de métallurgie dans le vicus de Lousonna », in Bert-Rossi S. et May-Castella C. (dir.), *La fouille de Vidy « Chavannes 11 » 1989-1990. Trois siècles d'histoire à Lousonna (archéologie, architecture et urbanisme)*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande 102 (Lousonna 8), p. 287-302.
- Serneels et Mangin 2004 : Serneels V. et Mangin M., « Sidérurgie ancienne (âge du Fer-Moyen Âge) : les zones productives entre le Rhin, les Alpes et les Pyrénées », *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 47, p. 193-198.
- Stachowski 1997 : Stachowski Ph., « Hettange-Grande : une station routière méconnue sur la voie impériale Metz-Trèves », in Massy, 1997a, p. 175-196.
- Tauber 1998 : Tauber J., « Die Eisenwerker im Rösental », in Ewald J., Tauber J. (dir.), *Tatort Vergangenheit, Ergebnisse aus der Archäologie heute*, Bâle, p. 241-265.
- Thiériot 2008 : Thiériot F., Feller M., « Le site de Metz-Borny : un établissement rural de la fin du I^{er} siècle av. J.-C.-début du I^{er} siècle apr. J.-C. », *Archaeologia Mosellana*, 6, p. 151-217.
- Waton 1986 : Waton M.-D., « Metz : Pontiffroy (Moselle). Sauvetage 1983-1985 », *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est*, 37, p. 75-91.

Produire et travailler le fer

Les ateliers de l'est du Bassin parisien du ^v^e siècle av. J.-C. au ^x^e siècle apr. J.-C.

Croisant des études archéologiques et des analyses archéométriques, cette synthèse présente le poids de l'économie du fer dans l'est du Bassin parisien, du premier âge du Fer au premier Moyen Âge. Les apports de cette recherche concernent les mutations technologiques dans le système de production d'objets en fer. L'attention portée à la part du recyclage dans la production modifie quelque peu les discours antérieurs sur les essais de quantification des types d'objets forgés (outils, armes, parures...). Au-delà, le lien entre le statut des sites fouillés (exploitation agricole, hameau rural, site fortifié, grosse agglomération) et le type d'activité de forge qui y a été exercée a permis de distinguer le contrôle politique de la production de certains objets. Et enfin, revenant sur des idées reçues, les auteurs se sont attachés à discerner, dans une perspective historique, les circuits de diffusion de ces objets de fer.

Marc Leroy est ingénieur d'étude au Ministère de la Culture et de la Communication et membre du Laboratoire Métallurgies et Cultures au sein de l'UMR 5060 IRAMAT (Institut de Recherches sur les Archéomatériaux).

Luisella Cabboi, spécialisée en paléoméallurgie, est chargée d'opération et de recherche à l'INRAP et membre de l'UMR 5060 IRAMAT.

27 € prix valable en France
ISBN : 978-2-271-12637-5
ISSN : 2118-6472



9 782271 126375

www.cnrseditions.fr
www.inrap.fr