



HAL
open science

Nouvelles données sur l'importance des vestiges de sidérurgie ancienne en Puisaye

Jean Pierre Pietak, Marc Leroy, Cécile Le Carlier de Veslud, Paul Merluzzo

► **To cite this version:**

Jean Pierre Pietak, Marc Leroy, Cécile Le Carlier de Veslud, Paul Merluzzo. Nouvelles données sur l'importance des vestiges de sidérurgie ancienne en Puisaye. *Revue archéologique de l'Est*, 2012, 61, pp.117-131. hal-02356516

HAL Id: hal-02356516

<https://univ-rennes.hal.science/hal-02356516>

Submitted on 26 Apr 2020

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.

NOUVELLES DONNÉES SUR L'IMPORTANCE DES VESTIGES DE SIDÉRURGIE ANCIENNE EN PUISAYE

Jean-Pierre PIÉTAK*, Marc LEROY**,
Cécile LE CARLIER***, Paul MERLUZZO****

Mots-clés *Puisaye, sidérurgie ancienne, ferriers, scories, datations ¹⁴C.*

Keywords *Puisaye, ancient iron working, slags heaps, iron slag, radiocarbon data.*

Schlagwörter *Puisaye, antike Eisenverhüttung, Schlackenhalde, Schlacke, ¹⁴C Datierungen.*

Résumé *Des prospections pédestres, conduites depuis une dizaine d'années dans la région naturelle de la Puisaye, dans le sud-ouest du département de l'Yonne (France, Bourgogne), ont entraîné l'identification et la localisation de près de 2500 amas et aires de concentrations de déchets sidérurgiques anciens relevant du procédé de production du fer en bas fourneau par la méthode directe. Trois datations ¹⁴C réalisées sur des charbons prélevés dans les amas et dans les scories confirment l'existence d'ateliers de la période gallo-romaine, associés à des amas de volume considérable témoignant d'une grosse production de fer et à des déchets scorifiés fortement vitreux contenant des billes de fer.*

Abstract *Searches conducted on foot over the last ten years or so in the Puisaye, in the south-west of the department of the Yonne (Burgundy), have resulted in the identification and localisation of approximately 2500 piles and areas of ancient iron-working scrap. These are the remains of bloomeries that used the direct method for iron production. Carbon-dating on three pieces of coal taken from the piles and the slag confirm the existence of iron-making workshops during the Gallo-Roman period. Large piles of highly vitreous slag containing iron-ore pellets attest extensive iron production.*

Zusammenfassung *Seit ungefähr 10 Jahren werden in der Puisaye, im Südwesten des Departements Yonne (Frankreich, Region Bourgogne) Feldbegehungen durchgeführt. Sie haben zur Identifizierung und Lokalisierung von fast 2500 Schlackenhalde und -Konzentrationen von Eisenverhüttungsabfällen geführt, die bei der Gewinnung von Eisen in Rennöfen durch die direkte Reduktionsmethode angefallen waren. Drei ¹⁴C-Datierungen von Kohleresten aus den Halde und Schlacken bestätigen die Existenz von Werkstätten in gallo-römischer Zeit. Große Schlackenhalde und stark glasige verschlackte Abfälle mit Eisenperlen zeugen vom Umfang der Eisenproduktion.*

Depuis 1998, un vaste travail d'inventaire des sites de sidérurgie ancienne est conduit par l'un des auteurs (J.-P. Piétak) dans le sud-ouest du département de l'Yonne, l'extrémité nord-ouest du département de la Nièvre et les confins du département du Loiret (région Centre), sur un territoire d'environ 1500 km², compris globalement entre Joigny au nord, Auxerre à l'est et la vallée de la Loire au sud-ouest, correspondant à la région naturelle de la Puisaye et à ses marges périphériques (fig. 1). Ce travail, qui a nécessité des dizaines de journées de prospections pédestres tous les ans, constitue le premier inventaire archéologique systéma-

tique des amas de scories (ferriers) dans une région géographique considérée depuis plus d'un siècle comme un gros district de production du fer à l'époque antique (MANGIN *et alii*, 2000 ; LEROY, 2001). Ces recherches ont été réalisées avec le soutien financier du Ministère de la Culture (Direction régionale des affaires culturelles de Bourgogne / Service régional de l'archéologie) et l'appui scientifique du Laboratoire de Métallurgies et Cultures (IRAMAT-UMR 5060).

En dix années de recherches, près de 2500 aires de concentrations de scories métallurgiques anciennes (buttes

* Archéologue bénévole, 89130 Toucy.

** Laboratoire de Métallurgies et Cultures – IRAMAT – UMR 5060 – Belfort-UTBM, Nancy-Musée de l'Histoire du Fer.

*** Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences & Histoire (CReAAH), UMR 6566, Université de Rennes 1.

**** Laboratoire de Métallurgies et Cultures – IRAMAT – UMR 5060 – Belfort-UTBM, Nancy-Musée de l'Histoire du Fer.

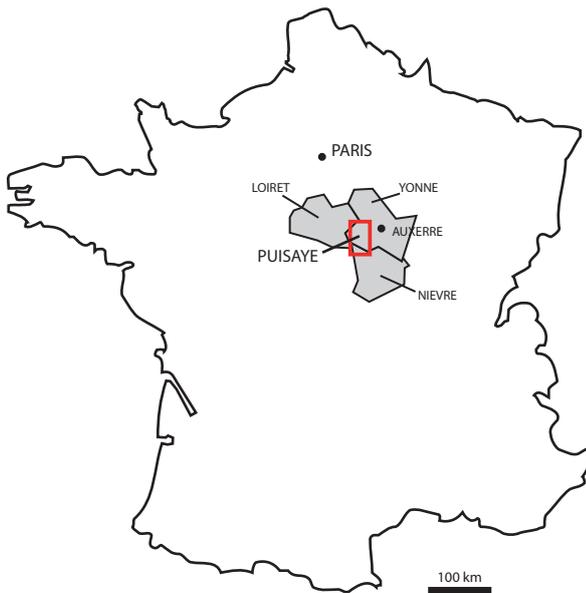


Fig. 1. Situation de la région naturelle de la Puisaye dans les départements de l'Yonne, de la Nièvre et du Loiret.

de tailles diverses ou simples amas) ont été recensées, soit un nombre dix fois plus élevé que ce qui pouvait être connu au milieu des années 1990, à partir du dépouillement des sources bibliographiques. Ce simple résultat représente une avancée considérable. Le positionnement géographique précis des sites a été réalisé à l'aide d'un GPS (coordonnées UTM et Lambert). Des échantillons de déchets sidérurgiques ont été collectés sur une partie des sites visités, de manière à constituer un premier référentiel des typologies observées, et une série d'observations pétrographiques a pu être réalisée sur une première sélection. Le mobilier datant, en particulier les tessons de céramiques, a été systématiquement recueilli et son identification à des fins de datation confiée à des spécialistes régionaux. Plusieurs datations ^{14}C ont aussi été réalisées sur des charbons de bois prélevés dans les couches archéologiques ou même dans les déchets scorifiés. Toutes les informations (administratives, géographiques, topographiques et archéologiques) sont enregistrées dans une base de données réalisée avec le logiciel FileMaker Pro. Des cartes de répartition des anciens sites de production sidérurgique peuvent donc être dressées et l'ensemble de ces nouvelles données peut désormais alimenter une réflexion plus solidement établie que par le passé, sur la réalité et l'importance de la production ancienne du fer en Puisaye.

1. DES « FERRIERS » RECENSÉS DEPUIS LE XIX^e SIÈCLE : L'ÉTAT DU DOSSIER AVANT LES RECHERCHES ACTUELLES

La Puisaye est une région naturelle de bas plateaux modelés dans des terrains argileux et marneux d'âge tertiaire. Elle est riche en gîtes de minerais de fer limonitique, sous forme de rognons ou de concentrations ferrugineuses plus ou moins épaisses, probablement d'origines assez

diverses et fortement remaniés au cours des temps géologiques, et dont l'étude reste encore largement à faire¹.

Les premières mentions d'amas de scories anciennes (dénommés ferriers ou ferrys) apparaissent dès la première moitié du XIX^e s. (BERTHIER, 1822; NÉE de LA ROCHELLE, 1827; ARCHIAC, 1846; Abbé CLÉMENT, 1852: cités dans BOUTHIER *et alii*, 1987 et BOUTHIER, 2005). Les premiers dénombrements sont effectués par Raulin et Leymarie dans leur *statistique géologique* publiée en 1858, puis par A. Hure et G. Goujon au début du XX^e siècle (HURE, 1920; GOUJON, 1911), qui prennent en compte l'ensemble du département de l'Yonne et non la seule Puisaye².

L'intérêt porté alors à ces amas de scories tient en partie au fait qu'un certain nombre ont été réexploités, à la fois à l'usage de ballast routier et pour l'industrie sidérurgique moderne (fig. 2 et 3). Les scories ont servi notamment à la construction, au cours du XIX^e siècle, de lignes de chemin de fer d'intérêt local ou régional, notamment les lignes de Triguères (Montargis) à Clamecy, d'Auxerre à Gien et de Cosne-sur-Loire à Saint-Amand-en-Puisaye (BOUTHIER *et alii*, 1987; PIÉTAK, 2002; BOUTHIER, 2004). Les ferriers sont exploités de manière intensive au début du XX^e siècle pour être acheminés via Cosne-sur-Loire vers les établissements sidérurgiques de Lorraine (principalement Hayange), de Belgique, d'Allemagne et du Luxembourg (GOUDARD, 1936; BOUTHIER *et alii*, 1987)³. En Lorraine, les scories étaient utilisées en complément de la minette, non seulement pour enrichir en fer la charge des hauts-fourneaux (ces scories étant en moyenne plus riches que le minerai de fer lorrain), mais aussi pour l'enrichir en silice (la minette étant plutôt calcique, l'apport de silice tend à créer une composition plus fondante)⁴ et en manganèse.

Il n'existe pas de comptabilité totale de cette exploitation, les résultats d'analyses effectuées sur chaque envoi ayant été détruits lors de la restructuration par SIDELOR (BOUTHIER *et alii*, 1987). A. Goudard, dont l'étude est la plus complète, donne le chiffre de 500 000 tonnes de scories extraites dans tout le département de l'Yonne pour la période 1925-1929. Il parle même d'une production moyenne de 100 à 120 000 tonnes par an pendant l'ensemble des années 1920, décennie qui correspond à une mise en exploitation généralisée des grands ferriers du département, alors qu'elle ne concernait que le seul secteur de Toucy avant la Première

1. « Le plateau et non la vallée est le domaine du fer et c'est au milieu des couches tertiaires éocènes que se rencontrent ses véritables gîtes. Partout où l'étage sparnacien existe on est susceptible de trouver du minerai sous différents aspects: en grains, en fragments, en amas isolés, enfin à des niveaux variables quelques fois même à fleur de terre. En résumé, on peut ramasser partout sur notre sol des fragments de minerai de fer arrachés de leur initial dépôt » (HURE, 1920, p. 4).

2. Outre la Puisaye, de grandes concentrations d'amas de scories se rencontrent aussi en forêt d'Othe et dans la région de Nitry – forêt de Vézelay (BOUTHIER, 2002).

3. Par exemple, 19.590 tonnes auraient été transportées par chemin de fer de Saint-Amand à Cosne-sur-Loire entre le 1^{er} septembre 1907 et le 21 mars 1908 (LOFFROY, 1998, p. 19). A. Bouthier (2005, p. 312) évoque un total de 150 000 tonnes de scories exportées par l'entreprise Lilliaz vers la Lorraine allemande entre septembre 1907 et février 1909.

4. Information communiquée par l'association « Savoir... fer » de Hayange (Moselle).



Fig. 2. Exploitation du grand ferrier de Tannerre-en-Puisaye au début du xx^e siècle : chantier belge, mai 1916 (collection J. Rapin).



Fig. 3. Exploitation du grand ferrier de Tannerre-en-Puisaye au début du xx^e siècle : chantier italien, mai 1916 (collection J. Rapin).

Guerre Mondiale. Pour le seul *Ferrier de la Roserie*, sur la commune de La Villotte, le cubage enlevé pour la construction de la ligne de chemin de fer, dans les années 1880, a atteint 140 000 tonnes. En 1907, l'entreprise Roulina avait évalué à un million de tonnes les scories à transporter du ferrier de Tannerre-en-Puisaye à la gare PLM de Villiers-Saint-Benoît (LOFFROY, 1998). C'est dire si les chiffres sont considérables. L'exploitation a continué par la suite à d'autres fins⁵, notamment pour le remblaiement des routes et des chemins forestiers. Une soixantaine de très gros ferriers, dont la surface était comprise entre 2 et 30 ha (comme celui de Tannerre), ont tous été exploités intensément, jusqu'à plus de 70 % de leur volume initial.

5. En 1942, les Allemands ont repris l'exploitation de certains ferriers pour en extraire le manganèse. L'entreprise Bernasse exploitait encore certains ferriers dans les années 1950.

Dans son article de 1936, A. Goudard décrit les conditions de l'exploitation, l'organisation des chantiers et les coûts d'exploitation. Les difficiles conditions de rentabilité seront la raison principale de l'abandon assez rapide de la plupart des chantiers dans les années 1930. Au temps fort de l'exploitation, les chantiers sont le plus souvent des carrières à ciel ouvert occupant 10 à 12 hommes (une main-d'œuvre étrangère provenant des chantiers de travaux publics) (fig. 2 et 3). De simples terrassements sont effectués au pic, à la pelle et à la fourche à pierres. Le tri pour éliminer les terres est fait sur place. Le transport hors des chantiers est effectué par traction humaine ou animale le long de voies ferrées étroites (écartement de 0,50 m), exceptionnellement par de petites locomotives Decauville sur les chantiers les plus riches dans les forêts de Dracy, Villiers-Saint-Benoît et Aillant. Des estacades pour le déchargement des wagonnets basculants sur des camions sont créées, ces derniers acheminant les matériaux à la gare la plus proche, de laquelle ils sont transférés vers les usines sidérurgiques de l'Est.

a permis de corriger des confusions et des erreurs perpétuées depuis le XIX^e siècle. La Puisaye, dans son acception de région naturelle, possède une aire estimée à 1 450 km². La zone prospectée couvre environ les deux-tiers de cette surface. Trois grandes ou très grandes concentrations de sites métallurgiques représentent au total une surface de

416 km², soit une densité approximative de six sites au km² (fig. 4). La densité maximale est atteinte dans la forêt entre Saint-Fargeau et Lavau, avec près de quarante sites au km² (fig. 5). Il faut rajouter, à ces grosses concentrations, des zones beaucoup plus clairsemées, constituées souvent de ferriers de grande taille, éparpillés sur la périphérie des

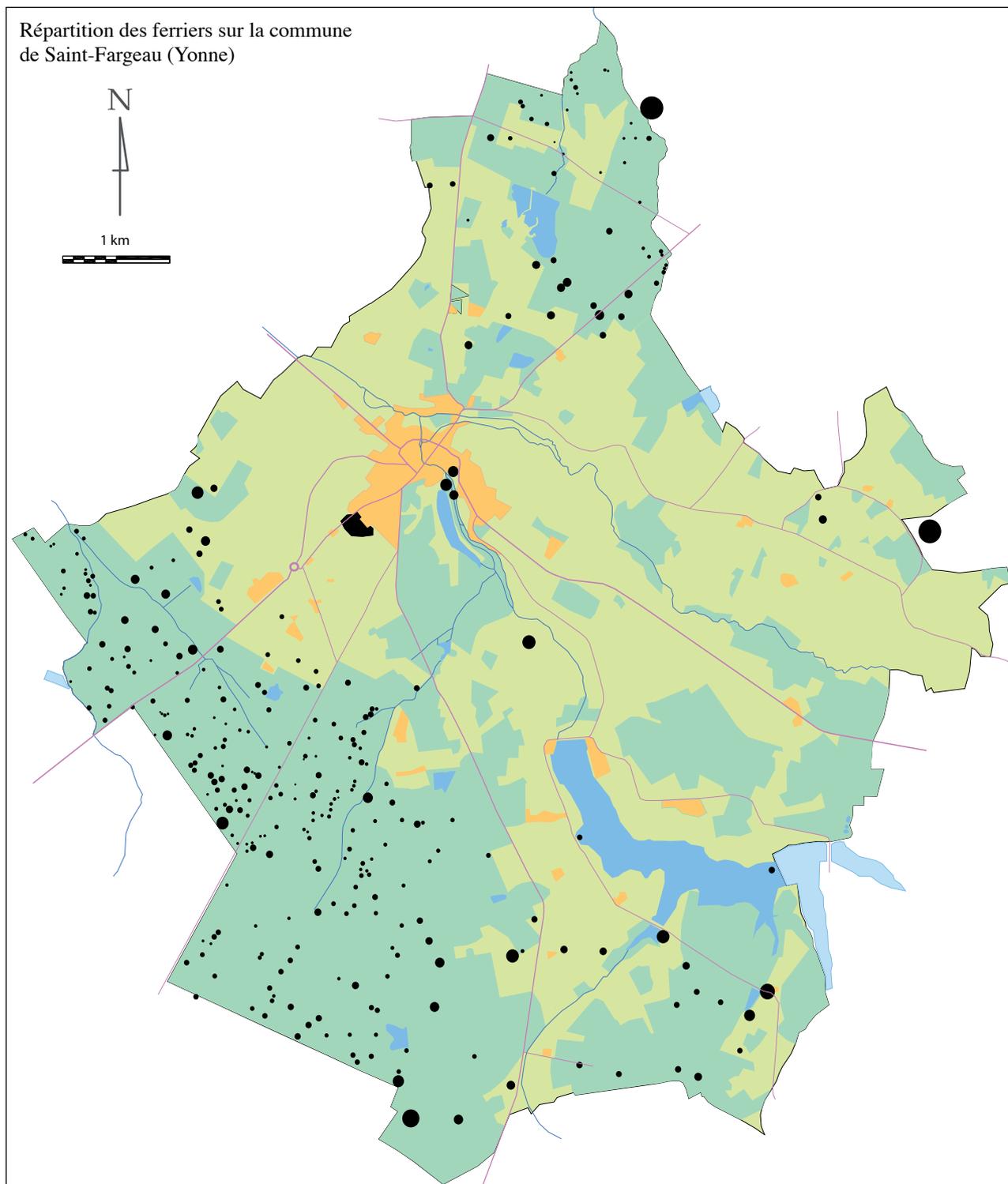


Fig. 5. Un exemple de secteur à forte concentration de ferriers, le territoire de la commune de Saint-Fargeau (Yonne) (document J.-P. Piétak).

ensembles précédents, surtout la zone latérale nord-ouest en direction du Gâtinais. On peut aussi observer quelques grands spécimens au fond des grandes vallées (Ouanne, Loing). Le cumul des surfaces inventoriées contenant des scories avoisine les 700 ha, soit 7 km². Depuis la fin de l'année 2010, la mise en ligne par l'IGN de son fonds de photographies aériennes des années 1945 à 1965 ouvre la possibilité de compléter cet inventaire en permettant d'identifier des zones de scories révélées dans les champs cultivés à l'époque et aujourd'hui masquées par la couverture forestière. Des secteurs jusque-là exclus des prospections vont devoir être revisités.

2.1. Localisation et état de conservation des ferriers

La très grande majorité des ferriers se rencontre sur les plateaux ou à la base des petits vallons d'altitude, le long des petits rus le plus souvent à sec, parfois sur la rupture de pente dominant les fonds de vallées. Il existe aussi quelques ferriers vraiment en fond de vallée, en bordure des cours d'eau. L'implantation des ferriers ne semble pas liée au relief, mais plutôt à la présence ou non de minerai à proximité. Les ferriers dans les espaces labourés, complets ou exploités avant mise en culture, n'offrent plus qu'un aspect très arasé et les scories, très étalées, couvrent parfois des surfaces importantes, de plusieurs hectares. Le taux de destruction est important : seuls 25 % des ferriers sont intacts (principalement les petits) ou présentent très peu de destructions. Ce pourcentage de conservation peut être supérieur dans les forêts, où ils ont été naturellement protégés par leur éloignement des voies de communication entraînant une rentabilité d'exploitation plus faible.

Les amas de scories en milieu forestier sont de dimensions variables, depuis de petits monticules de 10 à 20 m de diamètre pour moins de 1,50 m de hauteur résiduelle, jusqu'à des monticules de 50 à 100 m de diamètre pour 3 à 5 m de hauteur conservée (fig. 6 et 7)⁶. Il existe aussi de très grosses buttes, le plus souvent en grande partie réexploitées, dont il ne subsiste qu'une couronne périphérique plus ou moins continue : les diamètres apparents dépassent 100 m et la hauteur des bordures conservées peut atteindre 10 m (comme à la Vieille Ferté), suggérant des volumes initiaux considérables (> 50 000 m³). J. Monot (1964) signale le groupe des ferriers du bois d'Aillant occupant une surface de 4 ha et dont les buttes atteignaient au moins 15 à 20 m d'élévation⁷, ainsi que les buttes de scories de Tannerre, Mézilles, Lavau, atteignant 10 à 15 m de hauteur.

La superficie des ferriers varie de moins de 20 m² à 30 ha au maximum. Environ 50 % occupent une surface

de moins de 1000 m² et environ 15 % (170) occupent une superficie supérieure à 1 ha. Seule une dizaine d'amas dépasse 5 ha de superficie : 30 ha pour le ferrier de *la Garenne* à Tannerre-en-Puisaye ; 20 ha pour le groupe du *Bois des Ferriers* à Aillant-sur-Tholon ; 16 ha à Mézilles pour le groupe *des Mouillères*, 16 ha pour le groupe de *La Forge* à Saint-Amand, 15 ha à La Villotte *La Roserie*, 14 ha à Fontaines *Les Blards*, 10 ha pour un groupe de sept ferriers fusionnés à Toucy, 10 ha à Villefranche *Saint-Phal*, 8 ha à Arquian *Les Thorins*, 6 ha à Saint-Amand *Les Mottes*.

2.2. Typologie des ferriers

On peut en première approche classer les amas et les concentrations de déchets métallurgiques observés en quatre grandes catégories, qu'une étude plus détaillée devrait pouvoir préciser.

1°) Des concentrations de scories, plutôt que des amas, identifiées par la présence de nombreux fragments de scories, de dimensions pluricentimétriques à décimétriques, emballés dans un sédiment terreux brun, ce dernier présentant parfois des traces de rubéfaction (fig. 8). Parmi les scories se reconnaissent aussi des morceaux de terre cuite pouvant appartenir à des parois de four. Ces éléments sont fréquemment associés à d'énormes blocs massifs scorifiés, de taille pluridécimétrique et pesant plusieurs dizaines de kg, rejetés en bordure des parcelles (fig. 9 et 10). Ces vestiges évoquent manifestement des blocs, plus ou moins fragmentés, de scories accumulées en fond de cuve et non écoulées à l'extérieur des fourneaux. Cette technique de production est reconnue dans de nombreuses régions d'Europe, depuis le premier Âge du Fer jusqu'au haut Moyen Âge. De nombreux sites d'ateliers l'utilisant ont été récemment fouillés dans l'ouest de la France : ils sont le plus souvent datés de l'Âge du Fer (CABBOI *et alii*, 2007 ; VIVET, 2007). En Puisaye, aucun élément précis de datation n'a été recueilli sur ces sites.

2°) Des amas constitués de scories, parois de four, résidus de minerais, emballés dans des sédiments charbonneux, sous forme de monticules parfois très volumineux (fig. 11). Les colorations des sédiments varient du rouge au brun et au noir. Lorsqu'une coupe est accessible, on observe le plus souvent une stratification complexe des dépôts, montrant une accumulation progressive sous forme de tas superposés et imbriqués. Les scories qu'on y trouve révèlent soit un faciès homogène à l'échelle de l'amas (dans le cas de volumes de petites et moyennes dimensions), soit plusieurs faciès différents qui paraissent organisés en fonction de la stratigraphie (cas des amas de gros volumes). A. Bouthier avait déjà observé ces caractéristiques sur les ferriers de la partie nivernaise de la Puisaye (BOUTHIER *et alii*, 1987). Les scories présentent des faciès écoulés (à l'extérieur des fourneaux). Les écoulements superposés peuvent être massifs. La plupart des scories sont noires et cristallisées, mais un certain nombre de sites en livrent des vitreuses, de couleur bleuâtre ou verdâtre, sous forme de portions d'écoulement très épais, en apparence associées aux précédentes (fig. 12). C'est dans cette catégorie de ferriers que se classent les amas les plus volumineux, dont la plupart contiennent du mobi-

6. 220 ferriers ont moins de 100 m², soit des diamètres de 5 à 10 m, et environ 450 (comprenant les précédents) ont une surface inférieure à 250 m², soit moins de 20 m de diamètre.

7. Le grand ferrier d'Aillant est en réalité, d'après nos observations, constitué de quatre groupes de buttes très importantes disposées en carré et reliées entre elles par un plateau central dont la couche continue de scories pourrait atteindre 1 à 3 m d'épaisseur. L'ensemble couvre une surface de 20 ha.



Fig. 6. Petit monticule de scories métallurgiques, d'une dizaine de mètres de diamètre et de quelques dizaines de centimètres de hauteur, conservé en milieu forestier (cliché J.-P. Piétak).



Fig. 9. Bloc de scorie pluridécimétrique évoquant des accumulations d'écoulement en fond de cuve de bas fourneau à scories piégées en fosse (amas de scories et terre brune, commune de Lavau; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 7. Très gros monticule de déchets sidérurgiques, de plusieurs dizaines de mètres de diamètre et plusieurs mètres de hauteur, très partiellement conservé en milieu forestier actuel et ayant fait l'objet de nombreux prélèvements depuis la fin du XIX^e siècle (Bois des Ferriers à Aillant-sur-Tholon; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 10. Bloc massif pluridécimétrique de scorie (Treigny Boutissaint), pouvant correspondre à une accumulation en fond de cuve de fourneau de réduction, associé aux zones de concentration de scories et terre brune ou rouge (cliché J.-P. Piétak).



Fig. 8. Zone de concentration de scories emballées dans un sédiment terreux brun, avec parfois une zone de sédiment rouge, en surface d'un champ labouré (Faverelles, Loiret; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 11. Vestige d'un gros monticule de déchets sidérurgiques de plusieurs mètres de haut, dont la coupe liée à une exploitation en cours révèle une stratigraphie complexe de dépôts successivement empilés (ferrier n° 2 au lieu-dit Ferrier Guillou, commune de Dracy; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 12. Écoulement épais de scories mélangeant des faciès cristallisés gris-noir et des faciès vitreux bleuâtres ou verdâtres (Ferrier Guillou n° 2, cliché J.-P. Piétak). L'une de ces scories a été datée par ^{14}C de la période gallo-romaine.



Fig. 15. Petit monticule de scories à terre noire charbonneuse ne dépassant pas 10 à 20 m de diamètre (Bois du Parc, Saint-Fargeau; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 13. Ferrier de taille moyenne, de plusieurs mètres de hauteur (lieu-dit Vau Souiller à Villiers-Saint-Benoît; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 16. Fragment d'écoulement de scorie gris-noir, dense, moulant un canal en V (Bois du Parc, Saint-Fargeau; cliché J.-P. Piétak).



Fig. 14. Accumulation d'écoulements de scories formant une plaque de plusieurs dizaines de centimètres de longueur et de largeur (Bois de la Réserve, Toucy; cliché Marc Leroy).

lier gallo-romain. Ces ferriers sont répartis assez régulièrement sur toute la Puisaye.

3°) Des amas de scories contenant peu de sédiment, accolés à une grande zone de sédiment rouge prolongeant l'amas et pouvant occuper une surface jusqu'à trois à quatre fois supérieure à l'amas de scories même (et dont l'épaisseur peut atteindre 1 m) (fig. 13). Les scories, de couleur souvent grise, sont très denses, lourdes et cassantes, et présentent des bulles avec cristallisations à reflets irisés. Des écoulements successifs très fluides en cordons larges s'amoncellent en plaques épaisses pouvant atteindre 1 m² (fig. 14). Ces ferriers sont plus nombreux dans la moitié méridionale de l'ensemble nord et dans la partie centrale de la zone d'étude (*infra*).

4°) Des amas compacts, de petites et moyennes dimensions, constitués d'un sédiment noir, très charbonneux, et contenant des scories écoulées à faciès cordé, assez fragmentées mais pouvant avoir constitué à l'origine des écoulements

épais (fig. 15 et 16). Ces monticules n'ont le plus souvent que quelques dizaines de centimètres de hauteur, jusqu'à un maximum d'un mètre. Leurs diamètres ne dépassent pas 10 m. Ces ferriers sont souvent disposés en « chapelets » le long des rus, parfois plus disséminés, notamment dans la partie méridionale de la Puisaye. Plusieurs exemplaires ont même été observés sur la surface d'un ferrier de type 1, qui serait donc plus ancien.

2.3. Répartition géographique

Trois grands ensembles géographiques de concentration de ferriers s'individualisent pour l'ensemble de la Puisaye : au nord, au centre et au sud (fig. 4). Ils sont séparés par les profondes vallées des rivières de l'Ouanne et du Loing. Ces ensembles se différencient par la proportion et la répartition spatiale des différents types de ferriers présents. Les grands ferriers se retrouvent similaires dans les trois ensembles et même au-delà sur leurs marges. De manière générale, on observe des différences dans les types de ferriers présents, entre le nord et le sud de la zone étudiée.

Au nord, on peut isoler une zone allongée sud-est/nord-ouest, suivant la rive droite de l'Ouanne, de Parly à Saint-Denis-sur-Ouanne, à laquelle on peut ajouter trois îlots situés plus au nord (à l'est de La Ferté-Loupière, dans le bois d'Aillant et dans le secteur des Ormes). Ce groupe contient en très grande majorité de grands, voire de très grands ferriers, dont certains sont formellement datés de l'époque gallo-romaine. Les ferriers de la catégorie 1 semblent absents au nord. À l'approche du groupe du centre, les types de ferriers semblent plus diversifiés. On y trouve bon nombre de ferriers de moyennes dimensions avec un vaste prolongement de terre très rubéfiée de plusieurs dizaines de mètres de longueur. Les petits ferriers sont très localisés et ne sont visibles qu'au sud de la forêt de Merry-Vaux et, plus nombreux, au nord de Villiers-Saint-Benoît (de la Rainerie aux limites de Perreux).

Au centre, dans une zone comprise entre l'Ouanne et le Loing, les amas de scories sont nombreux, quoique d'une densité moins forte dans la moitié ouest, mais sans discontinuité notable. Le secteur géographique situé entre Fontaines, Mézilles, Tannerre, Louesme, Villiers-Saint-Benoît, Dracy et Toucy (zone débordant à l'ouest du Branlin) contient beaucoup de très gros ferriers (*la Garenne, les Blards, Ferrier Guillou, les Noirs, les Cornillats*). On y trouve aussi une grande quantité de ferriers de dimensions plus modestes, le long des rus de l'Orcière et de Riot et à la Plaine de Briant. Plus à l'ouest, à partir de la rivière Branlin, la densité des ferriers diminue, toutefois l'occupation spatiale des très grands ferriers reste constante (*les Mouillières, les Rivières, les Matignons, Bois du Ferrier, Parc de Montréal*) au détriment des ferriers moyens, tandis que des petits ou tout petits apparaissent à l'approche de Saint-Fargeau (ru de la Mouillardière, ru des Foltiers). Deux îlots, l'un au sud-ouest de Marchais-Beton et l'autre au sud de Fontaines, présentent des caractéristiques générales identiques à cet ensemble.

Au sud, on délimite une zone située au sud-ouest du Loing, des confins du Loiret jusqu'à Treigny et fléchissant

entre les rivières Cheuille et Vrille, en direction de Faverelles (Loiret). Un îlot de première importance occupe le sud de la commune de Saint-Amand. Ce groupe est le plus important en nombre de sites. Dans ce secteur, excepté l'îlot de Saint-Amand qui n'a que des gros ferriers, on trouve de très nombreux ferriers du type « à scories piégées », ainsi que de très nombreux petits monticules de scories plus particuliers à ce secteur et souvent très proches les uns des autres. Les gros ferriers sont plus espacés, mais toujours présents, et les ferriers de dimensions moyennes ne sont pas absents. Un îlot de ferriers existe aussi aux abords de la commune de La Bussière, dans le Loiret aux confins de la Puisaye.

3. LA DATATION DES SITES : DES APPORTS NOUVEAUX

3.1. Le mobilier recueilli dans les ferriers

La plupart des datations actuellement disponibles concernent la période romaine. Il s'agit surtout des éléments récoltés au cours des deux siècles précédents pendant la réexploitation des ferriers : de nombreux dépôts monétaires, ainsi que de nombreuses céramiques, tuiles à rebords et divers objets. En fait, seuls les plus gros amas, ceux touchés par les réexploitations, ont livré du mobilier datant. Le tableau fourni par A. Bouthier (1996) donne moins de vingt sites datés pour la partie sud de la Puisaye (Nièvre) : plusieurs semblent couvrir toute la période romaine, d'autres simplement les II^e et III^e s. : « *La plupart des sites ont fourni, à défaut de céramique, au moins des fragments de tegulae gallo-romaines. Certains sites semblent occupés dès le I^{er} s. ap. J.-C., mais pour la majorité d'entre elles, ces installations ont fonctionné surtout pendant les I^{er} et III^e s. et assez souvent jusqu'au IV^e s.* » (BOUTHIER *et alii*, 1987). D'après A. Hure (1920), *la Motte Champlay* à Tannerre aurait été construite au XI^e s. sur le ferrier qui lui aurait servi de fondation. Toujours d'après A. Bouthier (1987), le sondage dans le ferrier du *Champ l'Abbé* à Arquian aurait livré du mobilier et des vestiges de construction datés du I^{er} s. dans les couches profondes et du mobilier daté des III^e et IV^e s. dans les couches supérieures. À Toucy *la Cour Batonnerie*, 3 000 tessons ont été étudiés et permettent de dater le ferrier du I^{er} s. au début du V^e s. À Tannerre, les mêmes types de céramique donnent une fourchette du I^{er} au IV^e siècle (PIÉTAK, 2002)⁸.

3.2. De nouvelles datations ¹⁴C

Trois datations au carbone 14 ont été réalisées ces dernières années sur des charbons de bois prélevés à l'intérieur de ferriers, dans des couches de rejets charbonneux (*Ferrier des Noirs*, commune de Dracy ; *aux Grands Usages* n° 1, commune de Villiers-Saint-Benoît), et à l'intérieur d'un

8. Dans cet article, il est fait mention de 1 699 tessons et objets ramassés qui ont été étudiés fin 1999 par Anne Delor. Depuis cette date d'autres artefacts ont été collectés, soit un total actuel atteignant les 3 000. La datation de l'occupation tardive des deux sites est basée notamment sur les quantités ou sur l'absence de sigillée d'Argonne à motifs à la roulette.



Fig. 17. Emplacement de la couche charbonneuse à l'intérieur du Ferrier des Noirs, commune de Dracy, au sein de laquelle a été prélevé l'échantillon de charbon de bois qui a donné une datation de la période romaine (Ly-11877; cliché J.-P. Piétak).

gros écoulement de scorie vitreuse (*Ferrier Guillou* n° 2, commune de Dracy). Dans les deux premiers cas, il s'agit de couches situées au cœur des amas, qui atteignent plusieurs mètres de hauteur (6 m au *Ferrier des Noirs*: prélèvement à mi-hauteur; fig. 17).

Les datations obtenues⁹ concernent la période romaine et particulièrement le Haut-Empire (tabl. 1). Ces résultats peuvent sembler, de prime abord, ne faire que confirmer ce que nous révélait déjà depuis un siècle et demi les découvertes de mobilier archéologique. Il s'agit néanmoins d'un apport considérable, puisque pour la première fois les rejets de production qui constituent les amas sont datés de manière directe par l'intermédiaire des déchets eux-mêmes. C'est donc l'activité métallurgique elle-même, et non d'éventuels remaniements ou réoccupations postérieurs, qui est datée. Ces ferriers, qui font partie de la catégorie des très gros amas, se sont donc constitués pendant la période romaine. Dans les trois cas, les probabilités de datation maximum se situent aux II^e et III^e s. L'accumulation de ces énormes amas doit probablement s'effectuer en plusieurs décennies, peut-être même en plusieurs siècles. Pour déter-

miner la succession des phases réelles d'activité, il faudrait dater plusieurs niveaux à l'intérieur même de ces amas.

Mais, plus important sur le plan des techniques, les datations sont obtenues pour des ferriers présentant des typologies différentes de scories de réduction. À Villiers-Saint-Benoît, les scories paraissent surtout être cristallisées et de couleur noire. En revanche, celles du *Ferrier des Noirs* et du *Ferrier Guillou* sont en apparence très vitreuses et de couleur bleu pastel, bleu turquoise et vert pâle, au moins dans la partie supérieure de l'amas (fig. 12). Ces premières constatations, qui doivent être affinées car ces deux ferriers révèlent un étagement différencié de types de déchets de réduction, laissent penser que les caractéristiques techniques de la production romaine ne sont pas homogènes et varient, soit au cours du temps, soit en fonction des paramètres techniques mis en œuvre (nature du minerai, type de fourneau, etc.)¹⁰.

De plus, le bloc de scorie du *Ferrier Guillou* n° 2 dans lequel a été prélevé le charbon de bois possède des caractéristiques inhabituelles pour un déchet d'époque romaine, qu'on s'attendrait plutôt à trouver à des périodes postérieures (fin du Moyen Âge et Époque moderne). Cette scorie, massive et à pans de cassures conchoïdales (c'est-à-dire comme celle d'un verre), présente une texture très largement vitreuse, de couleur variant du noir au vert en passant par le bleu. Macroscopiquement, la texture de la matrice vitreuse n'apparaît pas homogène: les différentes plages de coloration s'organisent souvent en volutes qui sont les indices de la juxtaposition initiale de liquides de composition différente. De plus, de nombreuses plages cristallisées (c'est-à-dire non vitreuses) s'observent dans la masse, ainsi que des reliques d'inclusions centimétriques de quartz non fondus. Sur les surfaces et sur les cassures, on peut voir de nombreuses billes millimétriques à centimétriques de fer, indiquant que ce dernier s'est formé à l'état liquide. D'une manière globale, ce type de produit ressemble en tous points aux laitiers sidérurgiques anciens issus des hauts-fourneaux ayant fonctionné avant la Révolution industrielle. Tout indique qu'il a été obtenu à assez haute température. Ce type de produit avait déjà été identifié par A. Bouthier sur les ferriers inventoriés au nord du département de la Nièvre, dans le canton de Saint-Amand-en-Puisaye.

SITES	Code laboratoire	Âge ¹⁴ C	Âge calibré	Dates de probabilités maximum
<i>Ferrier Guillou</i> n° 2, commune de Dracy	Ly-11877	-1825 +/- 30 ans BP	de 94 à 316 ap. J.-C.	de 125 à 260 ap. J.-C.
<i>Ferrier des Noirs</i> , commune de Dracy	Ly-13471	-1785 +/- 35 ans BP	de 133 à 339 ap. J.-C.	autour de (par ordre décroissant) 242, 315, 285, 185 et 145 ap. J.-C.
<i>Aux Grands Usages</i> n° 1, commune de Villiers-Saint-Benoît	Ly-13469	-1805 +/- 50 ans BP	de 84 à 379 ap. J.-C.	autour de (ordre décroissant) 237, 185, 145, 315, 285 ap. J.-C.

Tabl. 1. Datations ¹⁴C réalisées en 2006 sur trois gros amas de déchets sidérurgiques (ferriers) de Puisaye.

9. Centre de datation par le radiocarbone, Université Claude Bernard Lyon 1.

10. Dans le *Ferrier des Noirs* et dans les ferriers 1 et 2 de *Ferrier Guillou*, les scories vitreuses sont situées chaque fois dans l'intégralité d'une grosse butte adossée du côté est et prolongeant des buttes avec des sédiments plus charbonneux et sans scories vitreuses apparentes. À La Villotte, Les Ormes et Villiers-sur-Tholon, les scories vitreuses sont dans les couches supérieures.

4. DES SCORIES D'ÉPOQUE ROMAINE RESSEMBLANT À DES LAITIERS DE HAUTS-FOURNEAUX

4.1. La typologie des scories du sud de la Puisaye d'après A. Bouthier

Dans les années 1980, A. Bouthier avait procédé aux premières études pétrographiques et aux premières analyses chimiques sur des scories collectées dans les ferriers de la partie nivernaise de la Puisaye (BOUTHIER *et alii*, 1987; BOUTHIER, 1996). Il avait reconnu quatre faciès principaux :

- des scories denses en blocs montrant une surface cordée, caractéristique de l'empilement d'écoulements successifs, et dont la structure interne contient des vacuoles de tailles diverses ;
- des écoulements denses massifs, sans bulles, constituant fréquemment des blocs épais de plusieurs dizaines de kg ;
- des scories vitreuses massives (qu'il qualifiait de laitiers), à structure dense et à pans de cassures conchoïdales, de couleur variant du noir au bleu et au vert.
- des scories vitreuses plus légères et d'aspect spongieux en raison de l'abondance des porosités.

Les deux premiers groupes montraient une structure cristallisée composée de cristaux de fayalite (2FeSiO_4) dans un verre interstitiel ; leur composition était riche en fer et en silice (FeO : 30 à 60 %, SiO_2 : 30 à 40 %, Al_2O_3 : 5 à 10 %, MnO et MgO : jusqu'à 1,5 %, CaO et P_2O_5 : < 0,5 %). Les deux autres groupes étaient plutôt constitués de verre silico-alumineux alcalin, riche en silice (et parfois aussi en chaux et en alumine), mais pauvre en fer (SiO_2 : 35 à 60 %, Al_2O_3 : 10 à 20 %, CaO : 1 à 35 %, FeO : 1 à 37 %), les teneurs en manganèse pouvant être élevées (MnO : 1 à 9 %).

4.2. Les études chimiques et minéralogiques menées en 2007 et 2008

Les études menées (Cécile Le Carlier) sur des échantillons collectés lors des prospections récentes ont confirmé la présence dans les gros ferriers de ces deux grands types, tout en précisant l'existence de variations morphologiques et minéralogiques à l'intérieur de ces catégories, aussi bien dans les scories cristallisées que dans les scories vitreuses (tabl. 2).

Site	Référence	Nature	ICP	Section polie	Photo	Année
DRACY Ferrier Guillo 1	GUILLOU1-S01	Laitier gris bleu	2389		X	2007
DRACY Ferrier Guillo 1	GUILLOU1-S02	Scorie grise très dense à morphologie écoulee, ép. 25-30 mm		X	X	2008
DRACY Ferrier Guillo 1	GUILLOU1-S03	Laitier gris noir très bulleux, morphologie cordée en surface		X	X	2008
DRACY Ferrier Guillo 2	GUILLOU2-S01	Laitier bleu avec billes de fer	2388		X	2007
LAVAU Jubin	JUBIN-S01	Laitier bleu-vert	2390		X	2007
LAVAU Jubin	JUBIN-S02	Laitier gris-bleuté en surface, gris-verdâtre en coupe, morphologie de gros cordon un peu boursoufflé, billes de fer		X	X	2008
LAVAU Jubin	JUBIN-S03	Scorie frise dense très compacte avec plage de laitier vert-bleuté en surface ; morphologie écoulee moulant un canal ; ép. 45 mm ; larg. 65 mm		X	X	2008
TOUCY les Cornillats	COR-S01	Laitier gris noir en partie supérieure et bleu-vert dans $\frac{3}{4}$ inférieure ; morphologie cordée et plissée en surface ; ép. 45 mm ; structure dense avec bulles = billes		X	X	2008
VILLIERS-sur-THOLON, Gros ferrier	VILTOLGF-S01	Scorie écoulee cordée gris dense ; agglomération de coulures en cordons à peau lisse ou ridée ; ép. 10 à 20 mm ; structure très dense avec fines bulles inframm sous la surface sup, et très grosse cavité allongée au milieu de l'échantillon.		X	X	2008
VILLIERS-sur-THOLON, Gros ferrier	VILTOLGF-S02	Scorie vitreuse noire brillante (laitier) à cassures conchoïdales ; aspect d'un gros boudin (ép. 50 mm) aux surfaces lisses ; structure dense avec bulles mm dans la masse		X	X	2008
VILLIERS-sur-THOLON, Gros ferrier	VILTOLGF-S03	Scorie vitreuse noire mat (laitier) ; aspect d'un écoulement en boudin aplati (larg. 90 mm, ép. 35 mm), peau de surface lisse mais terne ; structure bulleuse (porosités non serrées)		X	X	2008

Tabl. 2. Liste descriptive des échantillons de scories prélevées dans les ferriers de Puisaye et étudiées au Laboratoire de Métallurgies et Cultures, IRAMAT, en 2007 et 2008.

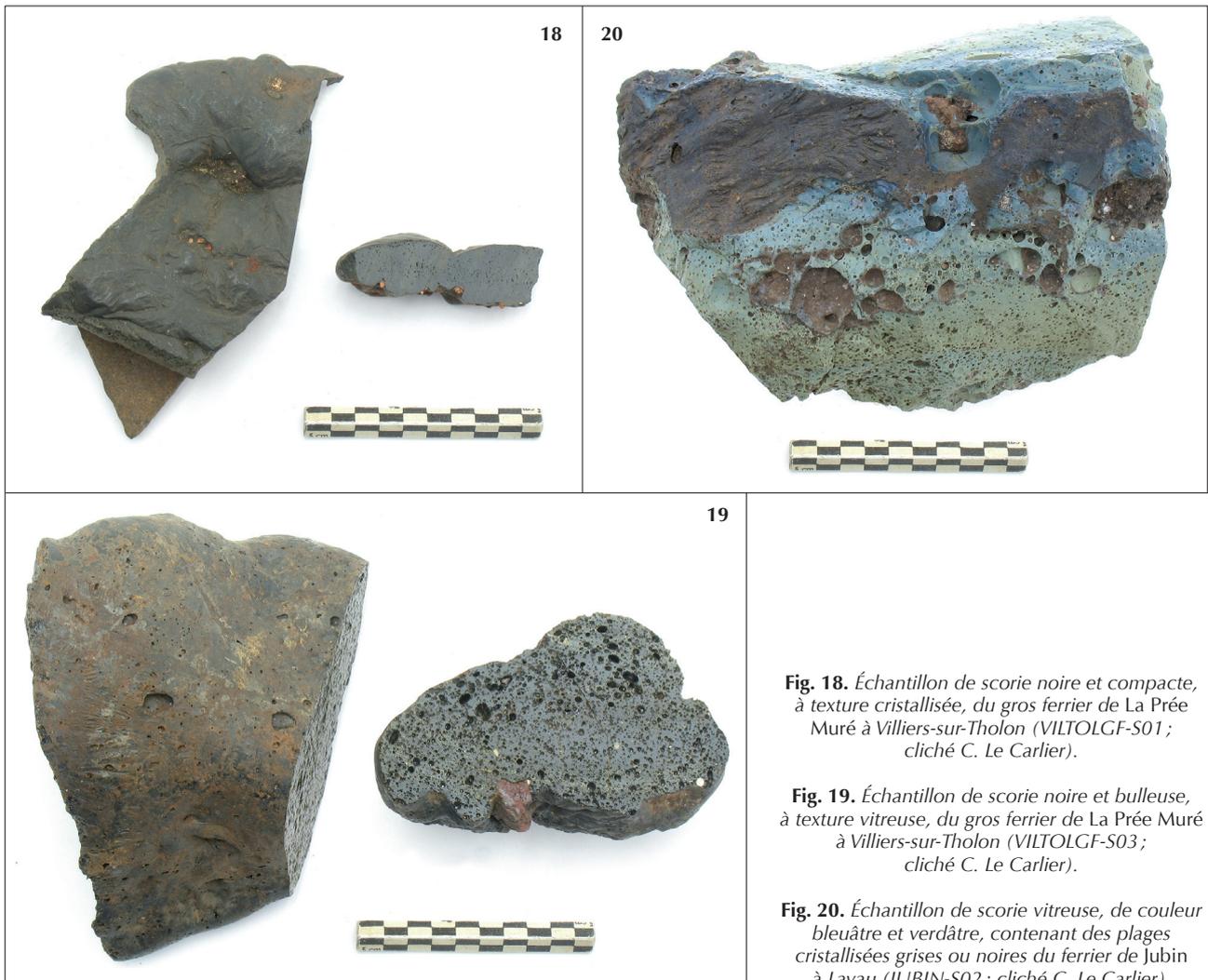


Fig. 18. Échantillon de scorie noire et compacte, à texture cristallisée, du gros ferrier de La Prée Muré à Villiers-sur-Tholon (VILTOLGF-S01 ; cliché C. Le Carlier).

Fig. 19. Échantillon de scorie noire et bulleuse, à texture vitreuse, du gros ferrier de La Prée Muré à Villiers-sur-Tholon (VILTOLGF-S03 ; cliché C. Le Carlier).

Fig. 20. Échantillon de scorie vitreuse, de couleur bleuâtre et verdâtre, contenant des plages cristallisées grises ou noires du ferrier de Jubin à Lavau (JUBIN-S02 ; cliché C. Le Carlier).

Les échantillons observés peuvent être classés, globalement, en trois catégories :

- les scories noires et compactes (fig. 18) ;
- les scories noires et grises bulleuses (fig. 19) ;
- les scories bleu-vert (fig. 20) ;

Chacun de ces types, définis à partir de certains caractères macroscopiques communs, présente également des caractères microscopiques identiques. Pour l'ensemble des échantillons, on peut cependant noter la faible teneur en fer.

1°) Les scories noires et compactes présentent une texture cristallisée, dans laquelle dominant des cristaux en longues lattes (éch. VILTOLGF-S01) ou de formes plus trapues et squelettiques (éch. GUILLOU1-S02), qui correspondent à un silicate de type fayalite (fig. 21). Entre ces cristaux peuvent se développer de fines et petites dendrites globulaires de wüstite (FeO) ou anguleuses de magnétite (Fe₃O₄). Il n'y a pas de métal visible.

2°) Les scories noires et bulleuses (éch. VILTOLGF-S02, VILTOLGF-S03, GUILLOU1-S03) sont entièrement vitreuses. Plus la scorie est compacte (éch. VILTOLGF-S02), plus elle paraît riche en fer métallique sous forme de billes et de parcelles arrondies informes (fig. 22). Les scories noires les plus bulleuses (éch.

VILTOLGF-S03) ont une texture qui se rapproche de celle des scories bleu-vert vitreuses (ci-après), avec peu de métal et des reliques de grains de quartz.

3°) Les scories de couleur bleu-vert sont majoritairement vitreuses (éch. COR-S01), mais peuvent contenir

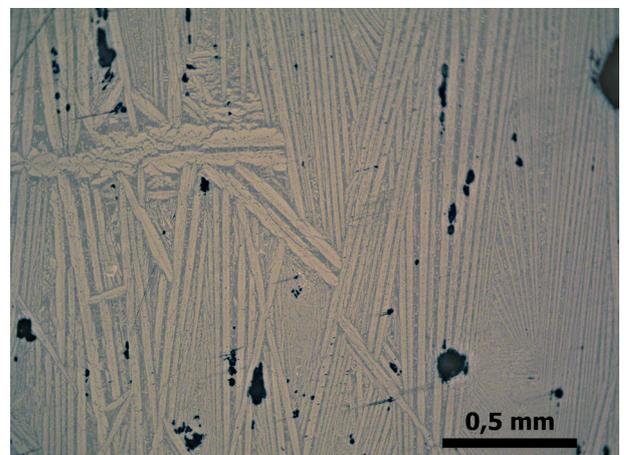


Fig. 21. Texture cristallisée en longues lattes de fayalite dans une scorie noire compacte (éch. VILTOLGF-S01 ; cliché C. Le Carlier).

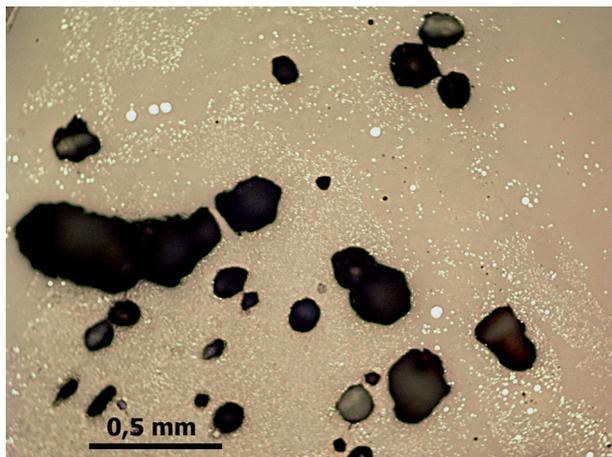


Fig. 22. Texture vitreuse contenant de nombreuses billes micrométriques de fer métallique dans une scorie noire, bulleuse (éch. VILTOLGF-S02; cliché C. Le Carlier).

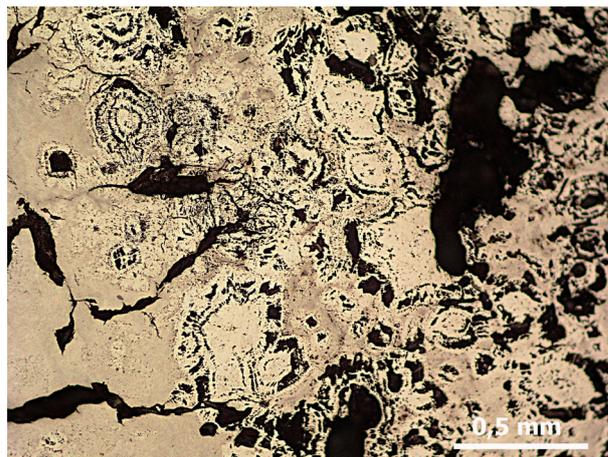


Fig. 24. Relique de structure de minerai peu transformée dans une scorie vitreuse noire (éch. VILTOLGF-S03; cliché C. Le Carlier).

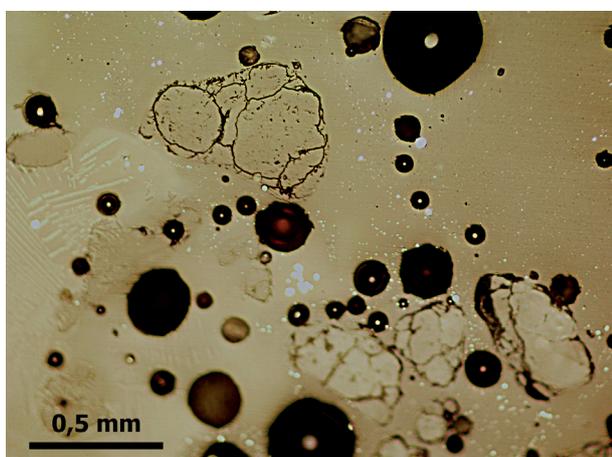


Fig. 23. Texture de scorie bleu-vert où se juxtaposent une plage vitreuse contenant des billes micrométriques de fer métallique et une plage cristallisée en fines lattes évoquant des fayalites. Les plages arrondies dans le verre sont des reliques de grains de quartz partiellement fondus (éch. COR-S01; cliché C. Le Carlier).

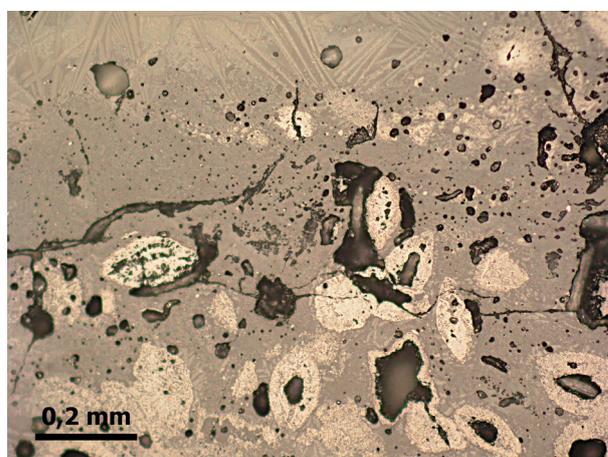


Fig. 25. Relique de structure de minerai en cours de transformation dans une scorie gris-noir. Des grains d'oxydes et de carbonates de fer sont progressivement transformés en parcelles métalliques (éch. GUILLOU1-S03; cliché C. Le Carlier).

aussi quelques baguettes de silicates, ou être zonées (éch. JUBIN-S02), avec une bordure vitreuse et un centre cristallisé (fig. 23). La forme des baguettes évoque la fayalite. Comme dans la catégorie précédente, on y trouve des reliques de grains de quartz et il y a assez peu de fer métallique. Certains de ces grains de quartz ont été transformés à haute température en cristobalite, ce qui permet d'envisager des températures de fonctionnement atteignant ponctuellement 1500° C.

Dans plusieurs des scories étudiées, on peut observer la présence de reliquats de minerai, sous forme de petites zones localisées dans l'échantillon (éch. VILTOLGF-S01), ou de plages plus grandes (éch. GUILLOU1-S03 et VILTOLGF-S03), qui parfois occupent toute la base de l'écoulement (éch. JUBIN-S03; fig. 24). Dans un autre échantillon (éch. GUILLOU1-S03), le reliquat est beaucoup plus transformé et il est possible de constater que les grains qui se sont détachés de la matrice ont plutôt une forme losangique: cette forme fait penser à des minéraux

de carbonates contenant du fer (sidérite) (fig. 25). On voit parfaitement que ce sont ces grains qui se transforment en oxydes de fer (d'où l'identification comme relique de minerai). Dans l'échantillon JUBIN-S03, on peut même suivre l'évolution de la transformation de ces grains: en assemblages de petits cristaux anguleux, puis en cristaux de tailles plus importantes, toujours anguleux et de couleur rosée (sans doute composés de magnétite), puis enfin en dendrites de wüstite.

Plusieurs des échantillons de scorie bleu-vert (GUILLOU1-S02, JUBIN-S03) associent des zones entièrement vitreuses et des zones cristallisées (fig. 20 et 23). Le passage de l'une à l'autre peut être tranché (cas du premier échantillon), indiquant plutôt la superposition de deux écoulements. Mais la transition entre ces faciès peut aussi être beaucoup plus progressive. Ainsi, nous pouvons constater qu'au sein d'un même écoulement (donc d'une même opération de réduction), plusieurs faciès minéralogiques différents sont présents, ce qui complexifie la caractérisa-

Éléments chimiques majeurs (teneurs en % du poids total)	Scorie vitreuse bleu-vert Palsid n° 2388	Scorie vitreuse gris bleuté Palsid n° 2389	Scorie vitreuse bleu-vert Palsid n° 2390
SiO ₂	55,33	50,77	51,87
Al ₂ O ₃	11,05	13,16	9,70
Fe ₂ O ₃	24,18	24,17	19,11
MnO	4,82	9,78	5,80
MgO	1,09	0,83	1,94
CaO	2,41	2,15	9,18
Na ₂ O	0,08	0,08	0,10
K ₂ O	1,62	1,20	2,10
TiO ₂	0,46	0,59	0,43
P ₂ O ₅	0,21	0,22	0,24
Perte au Feu	-2,33	-3,21	-2,02
Total	98,92	99,73	98,44

Tabl. 3. Composition chimique (éléments majeurs) de trois scories vitreuses bleu-vert à billes de fer prélevées dans trois ferriers de Puisaye (référence dans tabl. 2 : analyses ICP-MS, CRPG-CNRS-Nancy).

tion des processus techniques mis en œuvre. D'une manière globale, les scories vitreuses, même contenant des parties cristallisées, sont beaucoup moins riches en fer que des scories denses classiquement retrouvées sur les amas de scories anciennes issues de bas fourneaux. Certaines d'entre elles présentent même des caractéristiques de composition chimique et minéralogique qui les rapprochent des laitiers anciens de hauts-fourneaux (tabl. 3).

Les teneurs élevées en manganèse de ces scories (entre 4,8 et 9,8 % pour les trois échantillons analysés), qui ont probablement pour origine des teneurs élevées dans le minerai, ainsi que, au moins pour l'un des échantillons, en calcium (9,2 % de CaO), sont probablement responsables de leur caractère vitreux. En se substituant au fer, manganèse et calcium limitent en effet la formation de cristaux de silicate de fer lors du refroidissement des scories, jouant ainsi le même rôle que le seul calcium dans les scories vitreuses de bas fourneaux issues de la réduction de la minette en Lorraine (LEROY, 1997). De plus, en limitant le piégeage du fer dans la scorie, le manganèse permettrait d'augmenter les rendements en fer de l'opération métallurgique.

CONCLUSION

Cet espace géographique, jusqu'à présent assez mal défini, est référencé chez de nombreux auteurs, depuis plus d'un siècle, comme une énorme zone de production antique. Certains y situent même une exploitation contrôlée directement par l'État romain (TRYON-MONTALEMBERT, 1955)¹¹. Des amas considérables de scories anciennes sont en effet connus et sans doute des millions de tonnes ont été réexploitées dans la première moitié du XX^e s. au bénéfice d'établissements sidérurgiques de Lorraine et de Belgique, ainsi que de la construction des routes et voies de chemin de fer locales. Au vu des travaux d'inventaire en cours, des

ferriers de volume considérable ont effectivement existé. La production ancienne a donc sans doute été importante. L'apport des premières datations ¹⁴C confirme de façon indéniable l'existence d'une phase de production antique, ayant probablement entraîné la constitution de certains gros ferriers. Mais tout se rapporte-t-il à la période romaine ?

L'apport principal des recherches en cours est d'avoir permis de définir plus précisément l'extension spatiale de la zone de production sidérurgique à l'intérieur de la Puisaye (sud-ouest du département de l'Yonne, sud-est du département du Loiret et nord-ouest du département de la Nièvre), en tant que région naturelle et espace géographique ; de saisir ses limites par rapport aux autres zones d'exploitation minière et sidérurgique environnantes, notamment au nord, la forêt d'Othe, et au sud, le Nivernais, voire au nord-ouest, le Gâtinais ou à l'est, la forêt de Vézelay.

On peut considérer qu'une des avancées capitales de ces premières investigations est la mise en évidence d'une « production » (dont il faut encore qualifier l'importance) de déchets sidérurgiques vitreux, comparables d'un point de vue pétrographique et chimique aux laitiers des hauts-fourneaux anciens. Ces déchets paraissent se rattacher à la période du Haut-Empire romain. Cet aspect est d'importance relativement aux techniques mises en œuvre (nature des fourneaux et du processus de réduction) et aux produits métalliques obtenus (fers, aciers, voire fonte, et techniques de traitement). Bien qu'il faille rester prudent quant à l'identification des types de procédés et de processus physico-chimiques à l'origine de ces déchets, il convient de souligner qu'ils rappellent les indices de l'existence d'un processus de production du fer à haute température découvert sur le site de l'atelier du *Latté* à Oulches (Indre), daté du Bas-Empire (MAHÉ-LE CARLIER *et alii*, 1998 ; DIEUDONNÉ-GLAD, 2001).

Outre les questions d'ordre spatial et chronologique qui viennent d'être évoquées, le potentiel de cette région tient aussi à la morphologie très diverse des sites inventoriés (petits ferriers de quelques dizaines de m² constitués de scories cordées mélangées à un sédiment charbonneux,

11. Des entraves et des « fers d'esclave » ont été trouvés lors des phases de ré-exploitation de certains ferriers (TRYON-MONTALEMBERT, 1955).

jusqu'à d'énormes buttes de plusieurs mètres de hauteur et plusieurs hectares de superficie, recelant une riche stratigraphie), ainsi qu'à la diversité des déchets de production rencontrés (scories grises lourdes cordées, mais aussi écoulements très vitreux).

Il s'agit donc d'un vaste champ d'investigations paléosidéurgiques, qui constitue une réserve scientifique pour l'étude de la sidérurgie ancienne. Encore faut-il que cette documentation potentielle soit conservée pour les

recherches futures. La destruction de ces amas de scories est toujours en cours (exploitation de matériaux tout-venants par les propriétaires privés ou par les communes elles-mêmes). Certains d'entre eux risquent ainsi d'être totalement rasés dans peu de temps, faisant disparaître définitivement des informations archéologiques pourtant essentielles. Or, cette exploitation n'est sans doute pas économiquement indispensable et pourrait être évitée par des mesures de protection patrimoniale adéquates.

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHIAC A. d', 1846, «Études sur la formation crétacée des versants sud-ouest, nord et nord-ouest du plateau central de la France», *Mémoires de la Société géologique de France*, 2 (2^e série), p. 1-148.
- BERTHIER P., 1822, «Sur la nature des scories des forges catalanes et des foyers d'affinerie», *Annales des Mines*, 7, p. 377-422.
- BOUTHIER A., 1996, «Displacement of both iron mines and metallurgic sites related to the change in reduction process in Northwestern Nivernais (France)», in: MAGNUSSON G. dir., *The importance of Ironmaking: technical innovation and social change*, vol. I. *Papers presented at the Norberg Conference on May 8-13, 1995*, Stockholm, Jernkontorets Berghistiska Utskott, p. 255-262.
- BOUTHIER A., 2002, «Les ferriers et la métallurgie dans l'Yonne à l'époque romaine», in: DELOR J.-P. dir., *L'Yonne*, Paris, Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres, p. 122-123 (*Carte Archéologique de la Gaule*, 89-1).
- BOUTHIER A., 2004, «La ligne Cosne – Saint-Sauveur-en-Puisaye et le tacot Cosne – Saint-Amand», in: *Les chemins de fer en Nivernais, Actes des 6^{èmes} Rencontres d'histoire de la métallurgie, Guérisny, 3-4 oct. 2003*, Guérisny, éd. les Amis du Vieux Guérisny.
- BOUTHIER A., 2005, «La producción de hierro en las Galias del Norte en la época galo-romana», in: PUCHA RIART O., AYARZAGÜENA SANZ M. dir., *Minería y Metalurgia históricas en el sudoeste europeo*, Madrid, SEDPGYM-SEHA, p. 309-318.
- BOUTHIER A., DUPÉRON J., VELDE B., 1987, «La métallurgie du fer à l'époque gallo-romaine dans le nord-ouest de la Nièvre et le nord du Berry», *Caesarodunum*, XXII, p. 252-270.
- CABBOI S., DUNIKOWSKI Ch., LEROY M., MERLUZZO P., 2007, «Les systèmes de production sidérurgique chez les Celtes du Nord de la France», in: MILCENT P.-Y. dir., *L'économie du fer protohistorique: de la production à la consommation du métal, XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004*, Pessac, p. 35-62 (*Aquitania*, suppl. 14/2).
- CLÉMENT (abbé), 1852, communication au *congrès archéologique de France*, 18^e session, Paris, Derache, Caen, Hardel, p. 179-183.
- DIEUDONNÉ-GLAD N., 2001, «L'atelier sidérurgique gallo-romain du Latté à Oulches (Indre)», in: DOMERGUE Cl., LEROY M., «L'état de la recherche sur les mines et les métallurgies en Gaule, de l'époque gauloise au haut Moyen Âge», *Gallia*, 57, Paris, CNRS éd., p. 63-75.
- GOUDARD A., 1936, «Notes sur l'exploitation des gisements de scories de fer dans le département de l'Yonne», *Bull. de la Société archéologique de Sens*, 38, p. 151-182.
- GOUJON G., 1911, «La Puisaye», *Revue Géographique annuelle*, 5, p. 1-148.
- HURE A., 1920, «Origine et formation du fer dans le Sénonais, ses exploitations et ses fonderies dans l'Yonne», *Bull. de la Société historique et naturelle de l'Yonne*, 73, p. 33-74.
- LEROY M. et coll., 1997, *La sidérurgie en Lorraine avant le haut-fourneau: l'utilisation du minerai oolithique en réduction directe*, Paris, CNRS éd., 310 p. (*Monographie du CRA*, 18).
- LEROY M., 2001, «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: évolution, continuités et ruptures (Italie et provinces occidentales)*, Actes du 2^{ème} colloque d'Erpeldange, 26-28 oct. 2001, Montagnac, éd. M. Mergoïl, p. 79-95 (*Monographies Instrumentum*, 20).
- LEYMERIE A., RAULIN V., 1858, *Statistique géologique du département de l'Yonne*, Auxerre, Perriquet et Rouillé, XVI, 864 p.
- LOFFROY R., 1998, «Histoire d'un chemin de fer en Puisaye, Tannerre-La-Garenne - Villiers-Saint-Benoit Gare PLM», *Bull. de l'Association d'études, de recherches et de protection du vieux Toucy et de ses environs*, n° 68, p. 18-25.
- MAHÉ-LE CARLIER C., DIEUDONNÉ-GLAD N., PLOQUIN A., 1998, «Des laitiers obtenus dans un bas fourneau ? Étude chimique et minéralogique des scories du site de Oulches (Indre)», *Revue d'archéométrie*, 22, p. 91-101.
- MANGIN M., LEROY M., LAURENT H., BOUKEZZOULA M., RAÏSSOUNI B., 2000, «La sidérurgie dans l'est de la Gaule: l'organisation spatiale de la production de l'Âge du Fer au haut Moyen Âge», *Gallia*, 57, p. 11-21.
- MONOT J., 1964, «Les ferriers du département de l'Yonne», *Revue d'Histoire de la Sidérurgie*, Nancy, p. 273-297.
- NÉE de LA ROCHELLE J.-Fr., 1827, *Mémoires pour servir à l'histoire civile, politique et littéraire, à la géographie et à la statistique du département de la Nièvre, et des petites contrées qui en dépendent*, Bourges, Souchois, Paris, Merlin, I, 422 p.
- PIÉTAJ J.-P., 2000, «Toucy, 'le site Gallo-Romain la Cour Batonnerie'», *Bull. de l'Association d'études, de recherches et de protection du vieux Toucy et de ses environs*, n° 70, p. 3-12.
- PIÉTAJ J.-P., 2002, «Les ferriers en Puisaye icaunaise», in: DELOR J.-P. dir., *L'Yonne*, Paris, Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres, p. 129-139 (*Carte Archéologique de la Gaule*, 89-1).
- TRYON-MONTALEMBERT R. de, 1955, «La sidérurgie en Gaule aux époques: Primitive, Gauloise et Gallo-romaine jusqu'à la fin de l'Empire Romain», *Techniques et Civilisations*, vol. IV, n° 5, p. 155-172.
- VIVET J.-B., 2007, «La production du fer protohistorique en haute Bretagne d'après les résultats des prospections, des fouilles d'ateliers et des analyses archéométriques», in: MILCENT P.-Y. dir., *L'économie du fer protohistorique: de la production à la consommation du métal, XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004*, Pessac, p. 63-84 (*Aquitania*, suppl. 14/2).