Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie

Sylvain Bauvais, Stéphane Gaudefroy, Frédéric Gransar, François Malrain, Philippe Fluzin

▶ **To cite this version:**

Sylvain Bauvais, Stéphane Gaudefroy, Frédéric Gransar, François Malrain, Philippe Fluzin. Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie. Pierre-Yves Milcent. L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. Actes du XXVIIIe colloque international de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer (Toulouse, 20-23 mai 2004), Supplément Aquitania (14/2), Fédération Aquitania, pp.239-261, 2007, 978-2-910763-08-4. hal-02535535

HAL Id: hal-02535535
https://hal.science/hal-02535535

Submitted on 10 Feb 2023

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

L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation, p. 239-261

Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie

Sylvain Bauvais, Stéphane Gaudefroy, Frédéric Gransar, François Malrain, Philippe Fluzin

Résumé

Dans une zone dépourvue de sites de réduction, la Picardie semble contrainte à s'approvisionner à moyenne et longue distance en métal destiné à la forge. L'analyse des déchets sidérurgiques de trois sites de forge contemporains de La Tène Finale révèle une qualité différente du métal travaillé. Ces trois sites ont un statut hiérarchique relativement équivalent, ainsi cette différence apparaît plutôt liée au type d'activité artisanale réalisé dans chacun d'eux. À partir d'études récentes, nous tentons de replacer ces sites à l'intérieur d'une organisation schématique de la production pour la période dans cette région.

Mots-clés

La Tène, Picardie, activité artisanale, sidérurgie ancienne, forge, post-réduction, scorie, culot, demi-produit, analyses métallographiques

Abstract

In a sector without known ore-reducing sites, Picardy seems obliged to depend on mid- or long distance supply of the metal used for smithing. Metallurgical analysis of ironworking waste of three contemporary Late la Tene smithing sites revealed the different quality of the worked metal present on each. These three sites have a relatively equivalent hierarchical status, thus the difference appears to be related rather to the type of craft activities practiced on each one of them. Based onrecent studies, we attempt to place these sites within a schematic organisation of iron production in late Iron Age Picardy.

Keywords

La Tène, Picardie, craft activity, early ironworking, smithing activity, post-reduction, slag, slag cake, semi worked product, metallurgical analysis

INTRODUCTION

La Picardie n'est pas connue comme une zone importante de production de fer à quelque époque que ce soit, et qui plus est, aucun site de réduction tant pour l'époque gauloise que pour l'époque gallo-romaine n'y est connu. Cependant, on y a constaté une forte consommation de métal. La région est environnée de zones de production importantes : au sud, les sites sénons, tels "Les Clérimois", à l'est, la Montagne de Reims et les Ardennes (indices de réduction à l'âge du Fer), tandis qu'au sud-ouest, les fouilles sur l'A28 ont révélé une importante production dans la région du Mans[1].

Dans ce contexte, les activités de post-réduction (forge) ont nécessité des approvisionnements à moyenne ou longue distance qui ont entraîné la commercialisation de demi-produits.

Les activités de forge de trois sites picards de La Tène finale caractérisés par un statut social élevé sont présentées dans cet article.

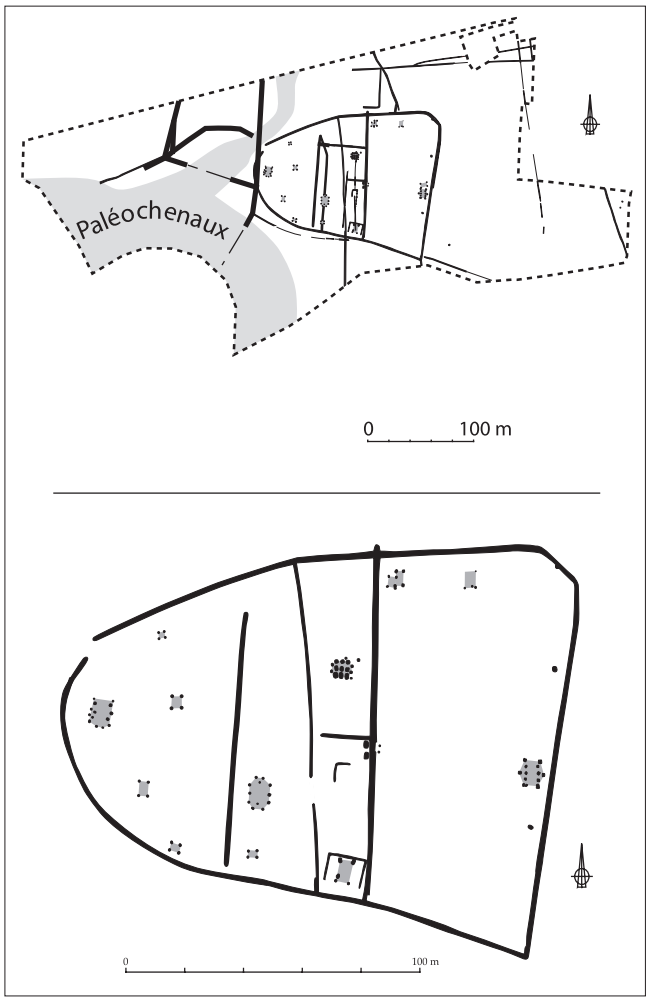


Fig. 1. Présentation du site de Bazoches-sur-Vesle. En **haut**, plan général de la parcelle à La Tène D1 ; en **bas**, plan schématique de l'enclos principal.

1. PRÉSENTATION DES SITES

1.1. Bazoches-sur-Vesle "Les Chantraines" (Aisne)

1.1.1. Présentation du site

Le site de Bazoches-sur-Vesle, "les Chantraines", est localisé dans le département de l'Aisne, à quelques kilomètres de sa limite avec la Marne[2]. Il est implanté en fond de vallée, le long de la Vesle, sur une terrasse sablo-graveleuse bordée d'un paléochenal, à une centaine de mètres d'un gué légèrement en amont qui marque l'interruption de la zone navigable de la rivière. Le site, décapé sur une surface de 8,5 ha, a livré de très nombreuses occupations protohistoriques et historiques, parmi lesquelles un vaste établissement rural gaulois intégralement exploré. Son occupation principale peut être datée de la seconde moitié du IIe s. a.C., entre 150 et 100 environ[3]. L'enclos, de morphologie irrégulière, couvre une surface de 1,55 ha et l'espace interne se répartit en plusieurs zones par des fossés de séparation (fig. 1). Le statut aristocratique de cet établissement rural est prouvé par :

— la surface importante du site et sa structuration spatiale rigoureuse ;

— la dimension des fossés, ouverts au début de l'occupation, palissadés à la fin ;

— une architecture ostentatoire (dimensions des bâtiments d'habitation, présence d'une tour et d'une entrée monumentale) ;

— un mobilier abondant et riche (forte proportion de céramique tournée, inhabituelle à La Tène D1a ;

1- Dunikowski 1995 ; Dunikowski & Cabboi 1995.
2- Pommepuy & Gransar 1998 ; Pommepuy *et al.* 2000.
3- La Tène D1a – étape 2, Pion 1996.

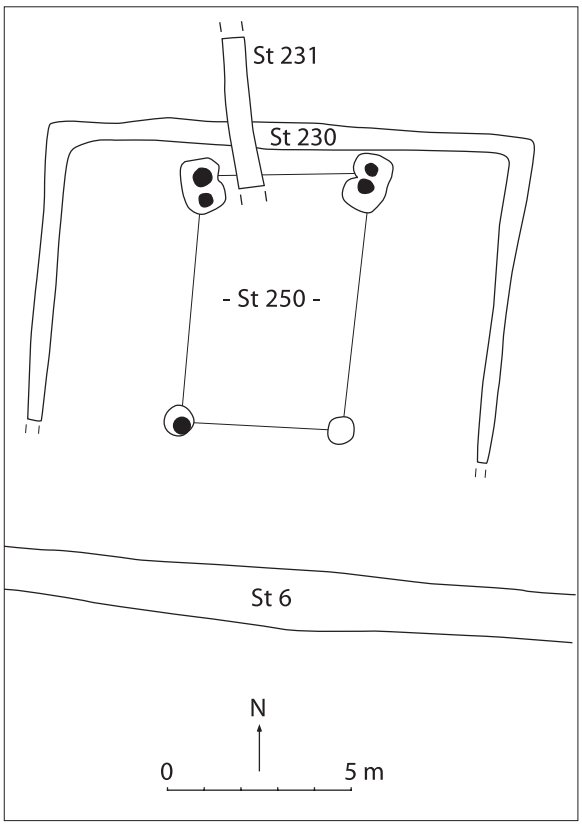


Fig. 2. Plan de la forge du site de Bazoches-sur-Vesle (d'après Pommepuy & Gransar 1998).

grande abondance d'amphores gréco-italiques, de monnaies gauloises et d'un denier républicain en argent ; présence d'armement ; indices matériels de pratique de banquets et présence de dépôts symboliques dans les fossés).

De nombreux bâtiments bordant les fossés d'enclos ont été identifiés, parmi lesquels des habitations, des greniers, une tour au nord, et un bâtiment rectangulaire bordé d'un petit fossé en agrafe au sud, interprété comme une forge.

1.1.2. Présentation de la forge

Cet ensemble est situé à l'angle formé par les fossés 5 et 6, à l'ouest du fossé 5 (fig. 2).

Le petit fossé en agrafe (St 230) mesure 13 m de long sur son tronçon nord et 8 à 9 m sur les côtés est et ouest. Cependant, ni d'un côté ni de l'autre, une réelle interruption n'a été observée : le fossé semble en effet arasé et devait se prolonger légèrement. Sa largeur varie de 0,45 m à 0,75 m et sa profondeur de 0 à 0,27 m sous le niveau de décapage. Ce fossé, de dimensions plutôt modestes, a livré un mobilier abondant (293 objets tous matériaux confondus), dont des rejets sidérurgiques ainsi qu'un soc d'araire et deux fragments de couteaux en fer.

Le bâtiment (St 250) se trouve à l'intérieur du fossé en agrafe (St 230). Il s'agit d'une structure rectangulaire sur poteaux, dont l'axe longitudinal est strictement parallèle aux tronçons nord-sud du fossé 230. De plus, ses parois longitudinales sont équidistantes des tronçons nord-sud de ce fossé. Cet alignement suggère que les deux structures.

Le bâtiment est doté de deux trous de poteau doublés au nord et de deux simples au sud. Il mesure 6,80 m de longueur (axe nord-sud) et 4,50 m de largeur (axe est-ouest) : sa surface est donc de 30,60 m^2.

Comme le site est en partie érodé, ni structure de combustion ni aménagement interne n'ont été mis au jour. Seule la répartition spatiale du mobilier lié à la sidérurgie permet d'interpréter ce bâtiment comme un atelier métallurgique.

1.1.3. Répartition spatiale du mobilier sidérurgique

Deux zones de rejet du matériel lié aux activités de post-réduction (culots, scories informes, parois scorifiées et demi-produits) ont été mises en évidence lors de la fouille (fig. 3).

La première de ces zones, qui est également la plus dense, se concentre dans les fossés 5 et 230 à proximité du bâtiment 250. La seconde se situe dans la partie biseautée de l'angle nord-est du fossé d'enceinte, entre le fossé 4 et le fossé 3. Ces deux concentrations sont assez éloignées l'une de l'autre (environ 120 m). Il peut s'agir, à la fois, de deux zones de rejet du même atelier, mais aussi de deux phases chronologiques dans l'organisation des activités artisanales du site. Toutefois, la faible quantité de matériel scoriacé n'accrédite pas l'hypothèse de plusieurs phases chronologiques de production. D'autres éléments sidérurgiques plus anecdotiques se répartissent préférentiellement dans les fossés d'enceinte, sans former de réelles concentrations.

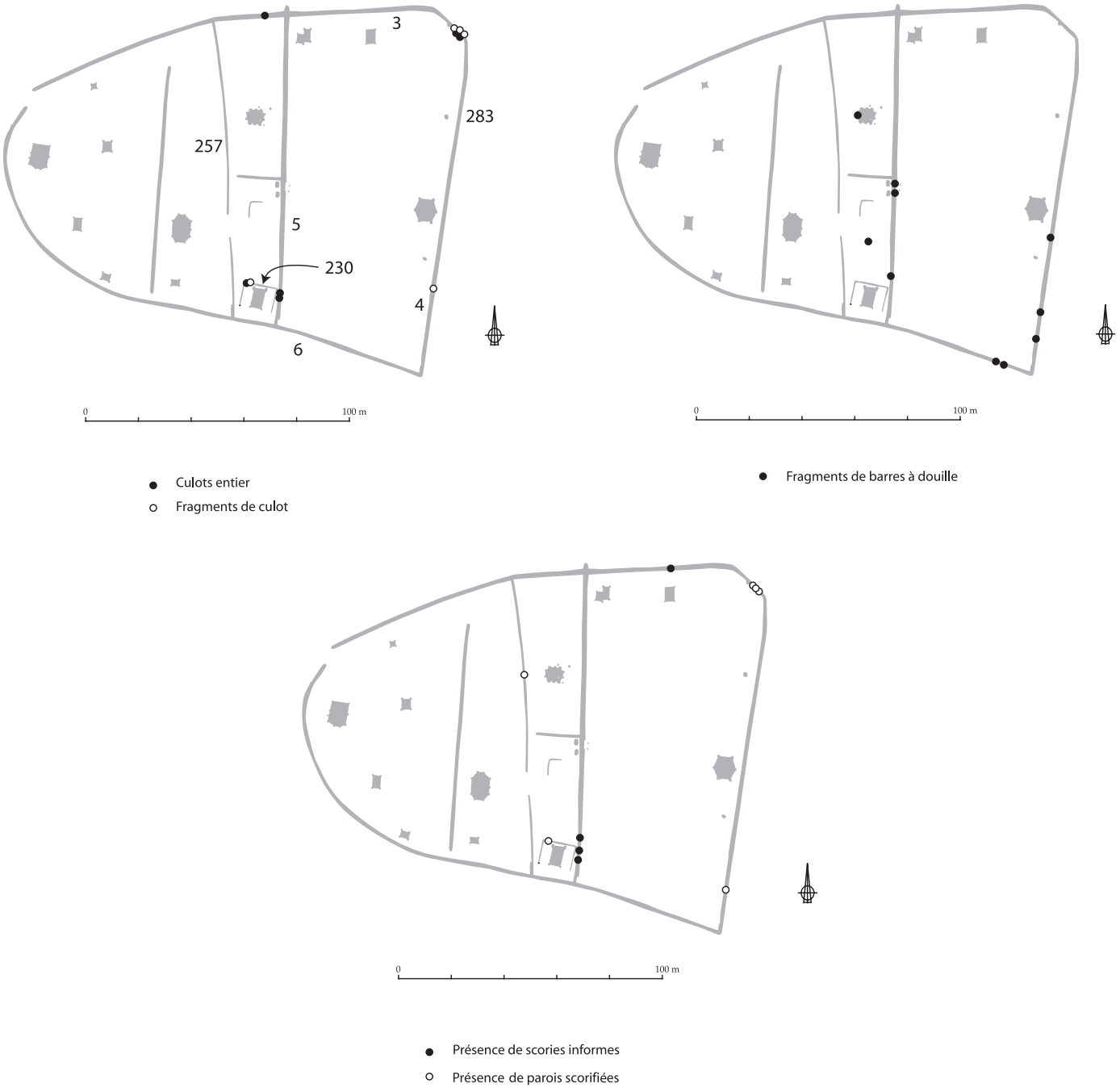


Fig. 3. Répartition spatiale des déchets liés aux activités de forge du site de Bazoches-sur-Vesle.

1.1.4. Mobilier lié à la forge

Le matériel scoriacé

La totalité du mobilier scoriacé retrouvé sur le site représente une quantité très faible avec 1,2 kg (tab. I). Comme pour les autres sites que nous allons présenter, aucun vestige scoriacé n'est à relier à des activités de réduction du minerai de fer. Ces déchets se divisent en quatre catégories : les culots entiers, les fragments de culot, les scories informes et les parois scorifiées. Seule la première de ces catégories sera étudiée.

Les culots entiers (6 individus) sont très disparates et peu nombreux (tab. II). Ils vont d'une cinquantaine de grammes pour les plus petits à 320 g. pour le culot n°1. Toutefois ce culot est double, et son poids doit donc être approximativement divisé par deux. En effet, cette scorie résulte d'une superposition de deux culots qui se sont formés successivement. Lorsqu'il y a interruption de l'activité, et donc mise en sommeil du foyer, et que l'artisan ne le vidange pas, l'activité suivante formera un nouveau culot. Celui-ci peut se former au-dessus, comme c'est le cas sur cet échantillon, mais peut aussi se former à côté si le premier a été légèrement déplacé. Nous sommes donc, en définitive, en présence de 7 culots. La moyenne arithmétique du poids de ces culots est d'environ 120 g.

La petite taille de ces culots et leur poids relativement faible suggèrent qu'ils sont issus de phases d'activité très courtes et/ou engendrant peu de pertes. Hormis cela, leur morphologie générale très hétérogène semble indiquer un panel d'activités large.

Les demi-produits

Le site a également livré 10 fragments de demi-produits, qualifiés de "barres à douille" (tab. III). Il s'agit en effet de petites barres dont la morphologie rappelle celle des *currency bars*, mais d'un gabarit beaucoup plus modeste. Sont-elles représentatives d'un certain type de demi-produit destiné à l'élaboration d'objets de petite taille ? Nos travaux en cours à l'échelle régionale devraient le préciser.

Le terme de demi-produit représente la totalité des formes que peut prendre le métal lors de sa diffusion, à partir de la masse brute de fer (sommairement compactée) à la sortie du bas fourneau jusqu'à l'ébauche d'objet. Il représente un

Catégories de mobilier	Poids en g
Culots entiers	843
Fragments de culot	150
Scories informes	42
Parois scorifiées	118
Total	1153

Tab. I. Présentation du matériel scoriacé de Bazoches.

N° St	N° INV	Long. en cm	Larg. en cm	Epais en cm	Poids en g
St 4 M116/117	1	93	74	43	320
St 4 M116/117	2	66	45	22	48
St 3 M82	3	63	44	43	152
St 5 M9	4	67	53	30	140
St 5 M10A	5	72	51	30	129
St 230 M13	6	56	45	20	54
Total					843

Tab. II. Présentation des culots entiers de Bazoches.

N° St	N° US	Passe	Observation
4	15A	1	1 extrémité de barre à douille
4	45B	2	1 barre à douille
4	23	1	1 frgt de barre à douille
5	48B	1	1 frgt de barre à douille
5	45	4	1 frgt de barre à douille
5	15 et 16	1	1 frgt de barre à douille
6	5 et 6	3	2 frgts de barre à douille
226	pot 11		1 frgt de barre à douille
231	19	1	1 frgt de barre à douille

Tab. III. Présentation des fragments de demi-produits de Bazoches-sur-Vesle suivant leur provenance.

objet à la fois technique et économique, qui s'intègre dans les réseaux d'acquisition/redistribution.

Ces fragments de demi-produits n'ont pas été en notre possession et n'ont par conséquent pas pu être analysés. Toutefois, l'étude de plusieurs centaines de barres, provenant à la fois de sites d'ateliers (débitées en forge) et de sanctuaires (déposées et/ou sacrifiées), montrent des dimensions entre 1,3 et 3 cm de large et entre 0,2 et 0,8 cm d'épaisseur.

Les polissoirs

Trois polissoirs de tailles et de formes diverses ont été interprétés lors de la fouille comme des outils de finition et d'entretien d'objets métalliques[4]. Deux d'entre eux sont en grès (poids de 90 g) et le troisième est en calcaire. Ils présentent tous trois des traces importantes de polissage ainsi que des stries caractéristiques de cette fonction.

1.2. Croixrault, "l'Aérodrome" (Somme)

1.2.1. Présentation du site

Le site de Croixrault "l'Aérodrome" se trouve dans la Somme, à une trentaine de kilomètres au sud-ouest d'Amiens. C'est une région de plateau entaillé par de petites vallées sèches. Localisé au niveau d'un échangeur de l'autoroute A29, qui relie Amiens à Neufchâtel-en-Bray, le site a pu être exploré par sondages sur une quinzaine d'hectares et décapé sur environ 7 ha. L'étude est en cours[5].

L'occupation concerne au moins cinq états successifs de fermes (fig. 4). L'état le plus ancien est attribué à La Tène C2 tandis que le plus récent est une villa des Ier et IIe s.

L'évolution des établissements se fait d'abord sur place. La première ferme est mal connue parce qu'elle se développe en partie à l'extérieur de l'emprise (couleur verte). On reconnaît toutefois une large entrée encadrée de fossés ainsi qu'une entrée secondaire en chicane.

La phase suivante, à La Tène D1, voit un léger déplacement et la mise en place d'un enclos rectangulaire (couleur bleue). Cette ferme est par la suite entourée de fossés linéaires, qui forment un découpage parcellaire faisant le lien avec un nouvel établissement situé à 350 m du premier (couleur rouge). C'est un enclos double, de plan trapézoïdal, avec une cour intérieure de 7300 m², abritant deux greniers et deux grands bâtiments. Cette phase attribuée à La Tène D1 précède l'installation de la villa, située à 200 m à l'est.

À la même époque, des fossés bordiers sont creusés de part et d'autre de chemins (750 m de voie ont été identifiés) vraisemblablement gaulois qui durent encore au début de l'époque gallo-romaine (couleur jaune).

Dès le deuxième état, les occupants des établissements semblent bénéficier d'un statut élevé, qui s'exprime dans la richesse de la vaisselle, la présence d'amphores et les traces d'activités saunières. La forme de l'enclos du dernier état laténien n'est d'ailleurs pas sans évoquer celle d'une villa.

Toutes les phases ont livré des restes liés à l'activité métallurgique. Dans le cadre de cette présentation, nous ne détaillerons que les vestiges découverts dans le fossé d'enceinte de la première ferme (fig. 5). Aucun bâtiment n'est associé à ces rejets.

1.2.2. Présentation du mobilier

Comme pour le site de Bazoches, la quantité de matériel scoriacé, quoique plus importante, reste assez faible avec 6,2 kg (tab. IV). Il faut toutefois relativiser ce poids, car cet établissement rural n'a été que partiellement exploré. De la même manière, la faible quantité de scories informes et de parois rubéfiées doit être corrélée à l'absence de zones de rejet préférentiel de ces types de mobilier.

Catégories de mobilier	Poids en g
Culots	4004
Fragments de culot	1795
Scories informes	205
Parois scorifiées	255
Total	6259

Tab. IV. Présentation du matériel scoriacé de Croixrault.

4- Pommepuy & Gransar 1998.
5- Gaudefroy, en préparation.

Fig. 4. Plan simplifié de Croixrault "l'Aérodrome" (Somme), Autoroute A29 Amiens/Neufchâtel-en-Bray.

N° St	N° INV	Long. en cm	Larg. en cm	Épais. en cm	Poids en g
St 109 M 04-05	1	11	8,4	3,6	294
St 109 M 04-05	2	9,4	8,6	4,2	213
St 109 M 15-16	3	10,3	8,8	3,8	306
St 109 M 19-20	4	11,6	10,3	3,4	328
St 109 M 19-20	5	12,2	9,1	3,7	324
St 109 M 09-11	6	11,8	7,8	4	476
St 109 M 21-22	7	11,5	10,1	3,5	492
St 109 M 21-22	8	7,4	7	2,9	139
St 109 M 22-24	9	14,6	12,1	4	749
St 109 M 22-24	10	10,2	9,5	4,8	473
St 108 M 04-06	11	6,3	6,7	3,9	156
St 106 M 02-07	12	4,3	3,9	2,5	54
Total					4004

Tab. V. Présentation des culots entiers de Croixrault.

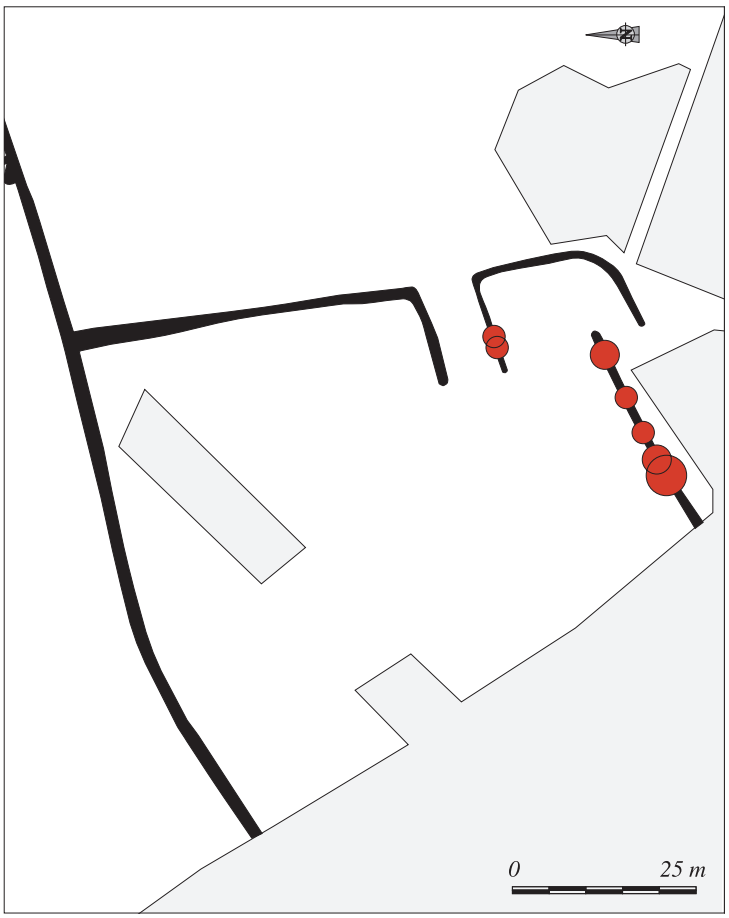


Fig. 5. Croixrault, "l'Aérodrome", état de La Tène C2, distribution des rejets de forge.

Seuls les 12 culots entiers ont été étudiés (tab. V). Les culots de ce site sont tous magnétiques et leur masse va de 139 à 749 g. Seul le n° 12 se démarque car il ne pèse que 57 g. La moyenne arithmétique du poids de ces culots est de 330 g environ, ce qui les différencie beaucoup de ceux de Bazoches-sur-Vesle.

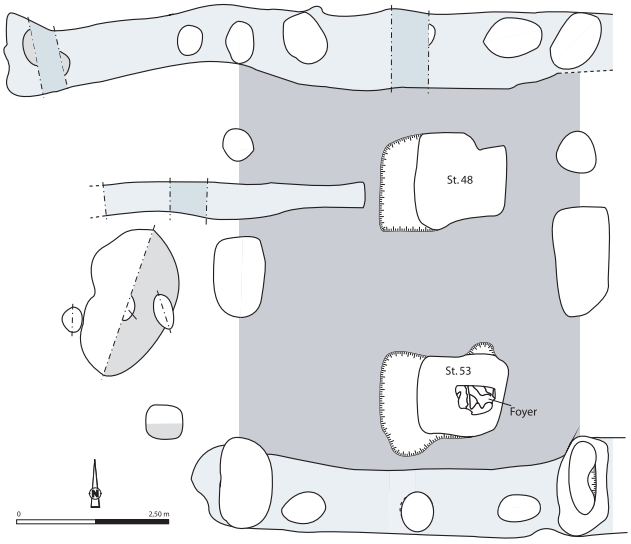
Ajoutons qu'ils se répartissent en différentes catégories morphologiques, et que la quasi-totalité de ces scories contient des éléments magnétiques.

1.3. Ronchères, "le Bois de la Forge" (Aisne)

1.3.1. Présentation du site

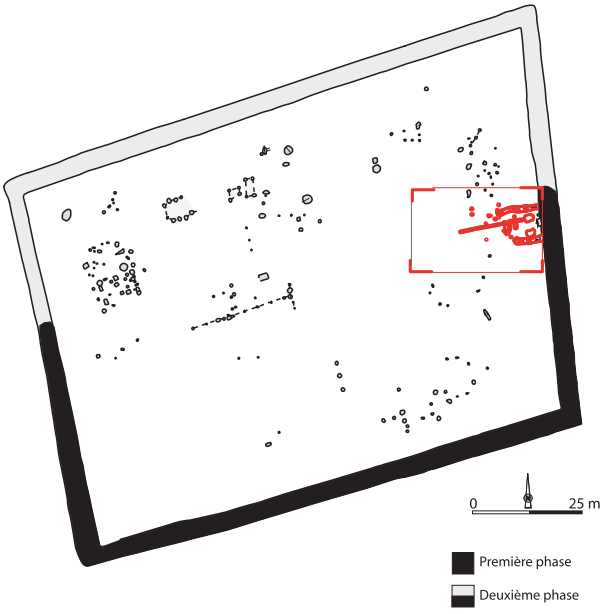
Le site de Ronchères, "le Bois de la Forge" est localisé dans l'Aisne, à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Château-Thierry[6]. Il est implanté sur un plateau qui culmine à 226 m, où l'Ourcq prend sa source. Les deux hectares décapés ont permis de reconnaître un enclos trapézoïdal d'une surface d'un

6- Malrain 2003 ; Malrain *et al.* 2004.



2

Plan de l'atelier de forge du site de Ronchères "le Bois de la Forge" (Aisne)



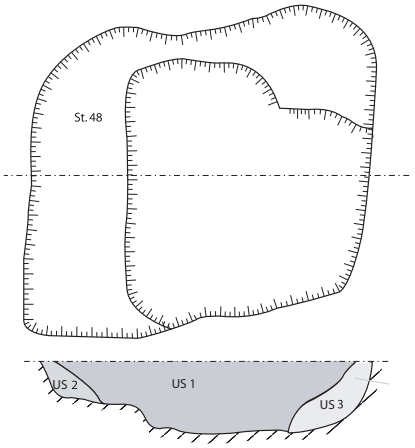
1

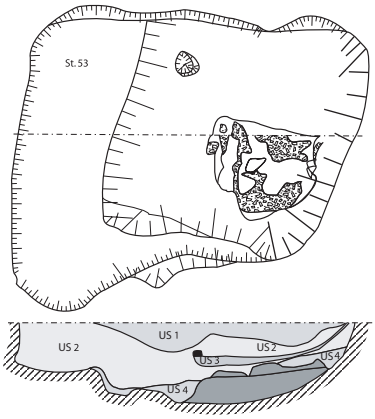
Plan du site de Ronchères

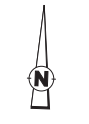
US 1 : limons sableux brun-gris avec des charbons de bois, de la terre-cuite et des traces de manganèse

US 2 : limons gris, très et légèrement orangés plus compact que l'US 1, avec quelques charbons de bois

US 3 : limons bruns clairs et orangés avec du manganèse et quelques charbons de bois







US 1 : limons sableux compacts bruns hétérogènes avec quelques charbons et de la terre-cuite

US 2 : limons sableux compacts bruns clair à beige avec des traces de manganèse et d'oxyde et des charbons de bois, de la terre-cuite et des traces de rubéfaction

US 3 : lentille cendreuse grise avec nombreux charbons de bois et des nodules de terre-cuite (orange)

US 4 : limon compact ocre jaune à gris avec des charbons de bois et des nodules de terre rubéfiés

US 5 : argile rubéfiée

Zone du foyer fortement rubéfiée (rose à orange)

3

Plans et coupes des structures localisées à l'intérieur de l'atelier de forge

Fig. 6. Plan du site et de l'atelier de forge de Ronchères, "le Bois de la Forge" (Aisne).

peu moins d'un hectare. Deux grandes phases d'aménagements sont clairement distinguées pour la période laténienne. La première se manifeste par un fossé d'une largeur moyenne de 4 m pour une profondeur avoisinant les 2 m ; il adopte la forme d'une agrafe et ne présente pas de retour sur tout le côté septentrional. Lors de la seconde phase, un enclos fermé est édifié. Les fossés qui le délimitent reprennent le tracé du premier. L'occupation est principalement datée de La Tène D1 et D2 avec un prolongement jusqu'au IIe s. p.C. La position stratégique du site, ses fossés imposants, la pratique attestée de banquets, et la qualité de la vaisselle confèrent à cette occupation un caractère aristocratique.

À l'intérieur de l'enclos, des bâtiments d'habitation alternent avec des constructions annexes. L'un de ces bâtiments a abrité une forge (fig. 6, 1).

1.3.2. Présentation de la forge

L'atelier est installé en bordure du segment oriental du fossé de l'enclos à distance des autres constructions. Son mode d'édification se démarque des autres bâtiments. Son élévation, bien qu'elle repose, comme les autres, sur des poteaux porteurs, n'a pas été réalisée selon le même procédé. Pour mettre en place cet édifice, deux tronçons de fossés parallèles et équidistants de 6 m ont été creusés. À la manière d'un fossé palissadé, des poteaux y ont été installés et leur maintien a été assuré par le remblaiement des structures avec les matériaux provenant de leur extraction. Toutefois, certains creusements ont été réalisés dans le comblement des fossés, peut-être lors de réfections. Dans le fossé nord, huit éléments porteurs ont été installés. Dans le fossé sud, on dénombre seulement cinq trous de poteau. Les côtés est et ouest sont délimités par deux poteaux. L'ensemble forme un plan rectangulaire de presque 42 m^2. Un autre plan est également possible. Des poteaux localisés à l'ouest peuvent former une troisième ligne et accroître la taille de la construction jusqu'à 56 m^2. Cette dernière hypothèse, même si elle présente l'avantage d'englober l'ensemble des structures de ce secteur, paraît moins probante que la première. Les structures situées à l'ouest, sont en effet d'un plus petit module et elles sont plus faiblement inscrites dans le substrat géologique ; il pourrait simplement s'agir des vestiges d'un auvent (fig. 6, 2).

Dans l'aire circonscrite par les poteaux se trouvent deux grosses fosses et un petit fossé. Les fosses (St. 48 et St. 53) sont parfaitement l'une en face de l'autre et distantes de 2 m. Elles se situent à moins d'un mètre de la paroi est et à un peu plus de 0,5 m des parois sud et nord. Elles sont de forme rectangulaire avec des excroissances arrondies et mesurent 2 m de long pour 1,5 m de large. En surface, elles ont des points communs, mais leur stratigraphie est nettement différente :

— la fosse 48 est pourvue d'une banquette large d'une quarantaine de centimètres et profonde de 0,20 m sur son côté ouest. Le fond de fosse est plat et se trouve à une dizaine de centimètres en dessous du niveau de la banquette. Le remplissage se décompose en trois couches de nature limoneuse qui contiennent toutes des charbons de bois. Elles ne se différencient que par leur coloration ;

— la fosse 53 présente un remplissage plus complexe. Comme la précédente, elle est pourvue d'une banquette disposée à l'ouest à une profondeur de 0,30 m et large de 0,40 m. Le fond de la structure, plus bas d'une quinzaine de centimètres, est arrondi. Juste à l'aplomb de la banquette, un léger surcreusement évoque un trou de poteau. Du côté est, plusieurs couches colmatent la structure. La première en partant du bas est composée d'argile rubéfiée. Elle est surmontée par une couche de limons contenant des charbons de bois et des nodules de terre cuite. Cette dernière est colmatée par une lentille cendreuse avec de nombreux charbons de bois. C'est aussi à ce niveau que se trouve une zone fortement rubéfiée. L'unité stratigraphique 2 se développe dans l'ensemble de la fosse. Elle est composée de limons sableux présentant des traces de rubéfaction, des charbons de bois et des fragments de terre cuite. Le comblement final est de nature limoneuse avec quelques nodules de terre cuite et des charbons de bois (fig. 6, 3).

Le petit fossé (St. 49), se présente comme une trace fugace d'un peu plus de 4 m de long et de 0,50 m de large. Son extrémité orientale est fermée. À l'ouest il n'a pas été possible de le suivre car il fait moins de cinq centimètres d'épaisseur.

1.3.3. Répartition spatiale du mobilier sidérurgique

L'analyse spatiale de la répartition des mobiliers menée selon le protocole défini lors de l'étude des sites enclos de la moyenne vallée de l'Oise[7] aide à la compréhension du fonctionnement de cet établissement (fig. 7).

Toutes catégories confondues, elle montre deux pôles principaux de rejets particulièrement importants dans l'angle nord-ouest de l'enclos. L'un est à proximité d'un grand édifice et le second en regard d'un bâtiment sub-circulaire. Dans les autres secteurs, le matériel se répartit régulièrement avec des zones ponctuellement plus denses, à l'exception de l'angle sud-est qui est presque vide de tout artefact.

Les cartes de répartition par catégorie de mobilier affinent cette première perception : les déchets de métallurgie sont principalement concentrés dans l'angle sud-est de l'enclos. Les culots, les parois de fours et les scories se répartissent de la même manière, à des emplacements proches. En revanche, les objets métalliques ont une répartition différente qui doit davantage être mise en relation avec leur lieu d'utilisation plutôt qu'avec le lieu de leur élaboration. De plus, bien que des objets aient dû être fabriqués sur le site, il est impossible de prouver qu'ils ont été réalisés *in situ* (fig. 7).

1.3.4. Mobilier spécifique associé à l'atelier de forge

Le mobilier scoriacé

Le mobilier scoriacé est le plus abondant des sites présentés dans cette étude (tab. VI).

Les culots entiers (31) sont les plus nombreux, avec un poids total de 5,8 kg (tab. VII). Dans l'ensemble, une certaine hétérogénéité morphologique se dégage. Les poids vont de quelques dizaines de grammes à 851 g, ce qui laisse présager un panel large d'activités. La moyenne des poids (181 g) place ce site entre les deux précédents. On peut également remarquer une forte hydrooxydation périphérique de la majorité de ceux-ci, principalement les plus magnétiques.

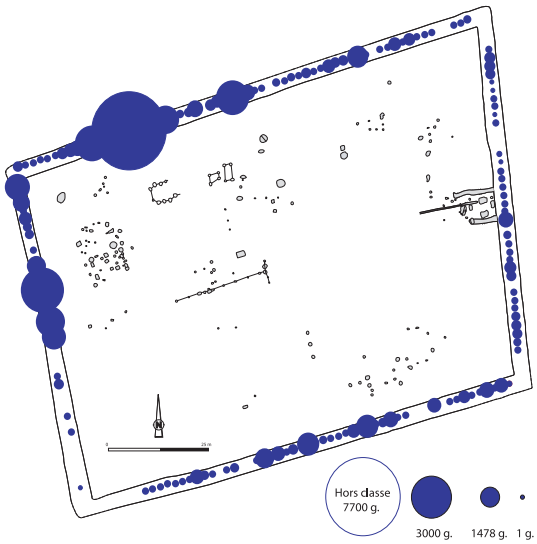
7- Malrain *et al* 1996 ; Gransar *et al.* 1997 ; Malrain 2000 ; Malrain *et al.* 2002.

Catégorie de mobilier	Poids en g
Culots entiers	5791
Fragments de culot	2257
Scories informes	2179
Parois scorifiées	2491
Total	12718

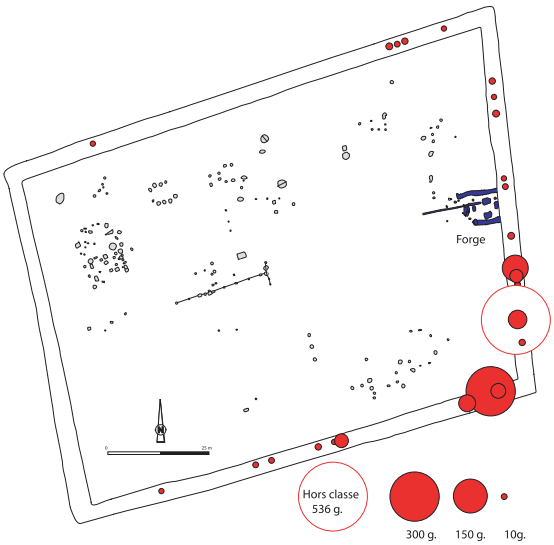
Tab. VI. Présentation du matériel scoriacé de Ronchères.

N° US	N° INV	Long. en cm	Larg. en cm	Épais. en cm	Poids en g
St 1001 M 162-164	1	6,4	5,5	3	105
St 1001 M 124-126	2	6,7	6,3	3,1	93
St 1001 M 122-124	3	6,3	5,6	2,9	78
St 1001 M 208-210	4	6,6	5,5	4,1	111
St 1001 M 192-194	5	5,5	5,3	3,6	90
St 1001 M 236-238	6	8,2	7,6	5,8	335
St 1001 M 236-238	7	6,6	6,1	2,6	171
St 1001 M 198-200	8	4,3	4,3	1,7	40
St 1001 M 268-270	9	6,1	5,6	2,1	45
St 1001 M 280-282	10	6,7	6,5	2,8	80
St 1001 M 192-194	11	7,1	6,3	4	151
St 1001 M 218-220	12	8,5	7,2	4,6	307
St 1001 M 222-224	13	6	5,2	2,9	61
St 1001 M 222-224	14	8,4	7,4	5,5	336
St 1001 M 122-124	15	9,3	7,7	5,2	225
St 1001 M 188-190	16	8,4	5,5	4,2	121
St 1001 M 188-190	17	8,7	7,7	4,6	275
St 1001 M 168	18	8,4	8,1	6,1	176
St 1001 M 180-182	19	13,2	6,6	4	323
St 1001 M 220-222	20	6,3	5,9	3,3	140
St 1001 M220-222	21	5,5	5,1	4,3	137
St 1001 M 220-222	22	7,8	6,8	2,9	192
St 1001 M 220-222	23	8,6	6,3	2,7	125
St 1001	24	13,3	11,1	6,5	851
St 1001 M 202-204	25	11,8	9,8	4,9	455
St 1001 M 202-204	26	9,3	6,8	4,8	244
St 1001 M 202-204	27	7,5	6,4	2	128
St 1001 M 202-204	28	5,4	4,9	2,4	62
St 1001 M 190-193	29	7,1	7	1,8	131
St 1001	30	7,9	6,3	2,9	125
St 1001 M 10-12	31	5	4,1	2,9	78
Total					5791

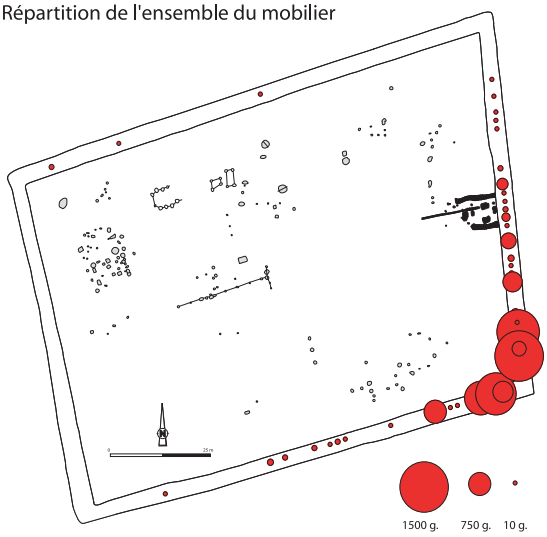
Tab. VII. Présentation des culots entiers de Ronchères.



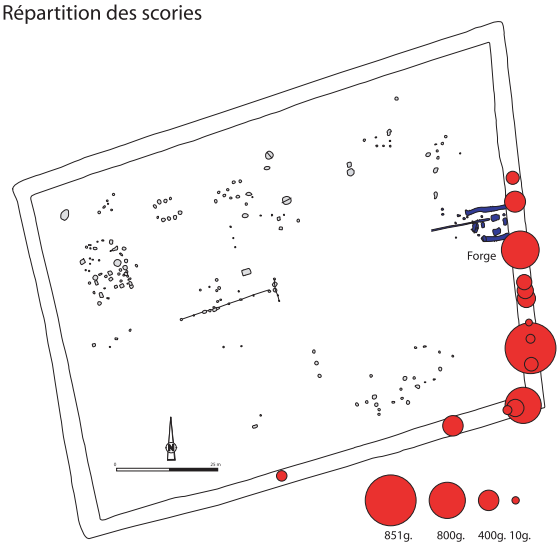
Répartition de l'ensemble du mobilier



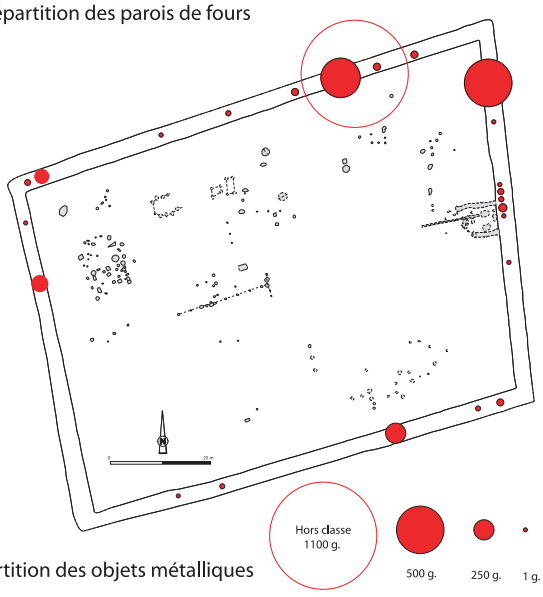
Répartition des scories



Répartition des parois de fours



Répartition des culots



Répartition des objets métalliques

Fig. 7. Répartition des mobiliers sur le site de Ronchères, "le Bois de la Forge" (Aisne).

Les enclumes, tas ou broyon

Deux outils ont été découverts dans le fossé qui jouxte l'atelier (fig. 8). Ils sont de morphologie différente. Le premier, petite enclume, a été taillé dans un bloc de grès. D'aspect globalement rectangulaire, l'un de ses côtés est de forme naviculaire. Sa face supérieure a été aplanie, un peu comme pour une meule et elle présente des aspérités. Une petite surface a semble-t-il servi d'aire de travail : elle est marquée par une série de martèlements. En coupe, l'outil montre qu'il a été taillé en biais par rapport à la partie effilée, son épaisseur la plus importante est au centre, puis il est de forme arrondie. Cette morphologie suggère qu'il pouvait être calé dans le sol ou dans une bille de bois.

L'autre pièce se présente sous la forme d'un prisme dont la partie inférieure est en pointe d'aspect émoussé. La partie supérieure est grossièrement circulaire et légèrement bombée. Son pourtour et sa surface présentent des stigmates liés à son utilisation. Réalisé dans un calcaire gréseux, il est relativement tendre et offre peu de résistance mécanique. Il peut avoir servi de broyon ou encore d'enclume "tas". Un objet proche de celui-ci a été trouvé dans le Maine-et-Loire à Marcé, "Hélouine". L'auteur s'interroge sur sa fonction de tas ou d'enclumette[8] (fig. 8).

Pierre à aiguiser ou polissoir

Cet outil cassé provient également du fossé qui borde la forge. Il mesure 7,5 cm de long et est de section ovale. De la partie supérieure à sa base, le corps de l'objet s'épaissit. Il a été fabriqué dans du schiste dont la surface a été finement polie. Sur la partie sommitale, de fines stries sont visibles. Elles résultent de l'utilisation de l'objet (fig. 8).

Les creusets

Dans ce contexte, des indices de métallurgie des matériaux non ferreux ont également été mis au jour. Un nombre minimum de cinq creusets a pu être décompté parmi les fragments de ces récipients. Ils ont été grossièrement modelés, mais leur bord est toujours arrondi. Certains portent les traces d'une rubéfaction intense qui va jusqu'au stade de la vitrification (fig. 8).

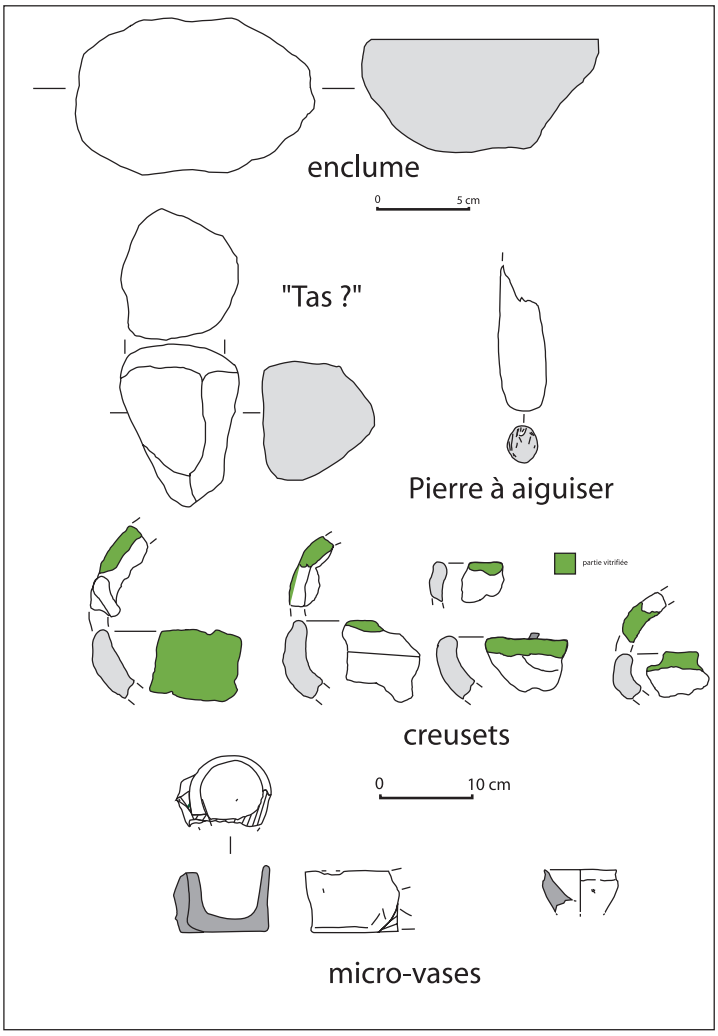


Fig. 8. Matériel lié à l'atelier de forge du site de Ronchères.

8- Nillesse 1999.

2. Présentation méthodologique

Les analyses réalisées sur ces sites ont porté sur les déchets scoriacés les plus pertinents pour une étude des séquences techniques.

De ce fait, seuls les culots de forge entiers ont été étudiés car ils représentent une succession cohérente d'activités dans une durée de temps plus ou moins définie (entre deux curages).

Ces culots ont également été échantillonnés à l'aide d'un classement réalisé à partir de leur morphologie. Celle-ci est définie par les activités dont ils sont issus, que ce soit la qualité inclusionnaire du métal travaillé, les types d'adjuvants et le type de charbon utilisé, la quantité des pertes métalliques, les températures atteintes et les durées de chauffe. L'examen d'un très grand nombre de culots montre qu'il est très délicat de définir un standard de la morphologie des culots applicable à plusieurs sites. La création de familles morphologiques n'a de sens qu'à l'intérieur d'un corpus et doit être redéfinie pour chaque étude de site afin de caractériser le mobilier avec précision et rigueur.

À l'intérieur de ces familles morphologiques, les deux culots les plus représentatifs ont été sélectionnés pour étude.

Ces analyses sont de types métallographiques sur surface polie en suivant le protocole d'étude défini par Ph. Fluzin[9].

3. Caractérisation des activités

3.1. Bazoches-sur-Vesle, "les Chantraines"

Il est possible de différencier deux catégories à l'intérieur de ces déchets si l'on considère uniquement leur masse. La première correspond à des culots peu denses avec un poids moyen d'environ 50 g (échantillons n° 2 et 6), la seconde, d'environ 150 g en moyenne, correspond au reste du corpus (échantillons n° 1/1bis/3/4 et 5). Toutefois, leur morphologie générale très disparate ne permet pas d'accréditer cette division en deux catégories. Seuls les culots n° 4 et n° 5 correspondent au même type. Ils sont magnétiques, d'aspect granuleux et boursouflé, avec une forte hydrooxydation périphérique sur une masse de scorie gris sombre. Parmi ces deux échantillons, seul le n° 5 a été sélectionné pour analyse. La totalité des autres a fait l'objet d'investigations.

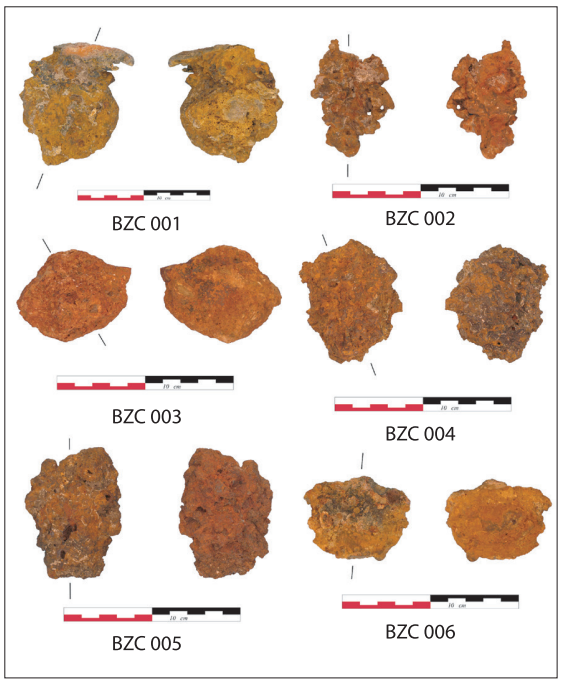


Fig. 9. Planche de présentation des culots analysés de Bazoches-sur-Vesle.

Cette étude portera donc sur 5 échantillons (fig. 9).

L'analyse de ces 5 culots révèle un panel assez large d'activités d'élaboration d'objets.

Un premier constat s'impose. Les pertes en métal sont très faibles. Cela dénote un travail soigné qui ne génère pas de chutes de métal dans le foyer. Le métal de base (demi-produit) travaillé est donc relativement homogène (bien épuré) et les opérations réalisées sont classiques et/ou bien maîtrisées. Rappelons qu'une dizaine de fragments de petits lingots, sous la forme de "barre à douille", ont d'ailleurs été trouvés, sans pouvoir, hélas, être étudiés.

9- Mangin *et al.* 2000a et b.

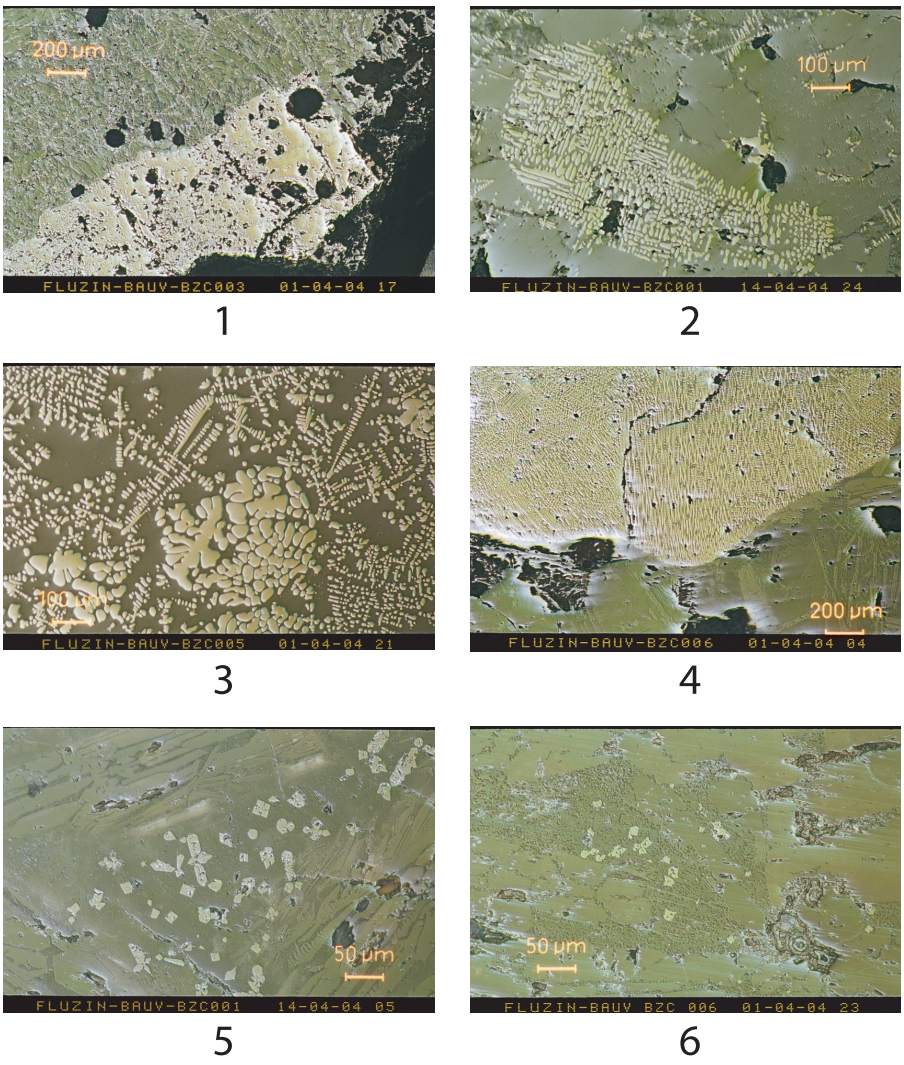


Fig. 10. Planche de présentation des culots analysés de Bazoches-sur-Vesle.

La production assez large va de produits plats de taille conséquente au travail de petits objets. En effet, l'échantillon 3 renferme des battitures très longues et très épaisses avec des angles vifs qui impliquent un choc mécanique important sur une surface plate (fig. 10 n° 1). L'intensité du martelage est, en effet, en relation avec la taille et l'épaisseur de l'objet. Notons que l'amincissement du métal (plat, lame, tôle...) nécessite un matériau le plus propre possible (l'abondance d'inclusions peut provoquer des cavités voire des fissures) et une frappe d'autant plus intense que l'épaisseur est faible.

L'échantillon n° 2 présente les caractéristiques de plusieurs chauffes très courtes avec plusieurs phases de wustite, une matrice très hétérogène avec une forte proportion de porosités. Cela va plutôt dans le sens du travail à faible température et des séquences de travail très courtes que réclame l'élaboration de petits objets, afin d'éviter les pertes au feu.

À l'intérieur de ces grandes lignes de production il est possible de repérer quelques spécificités techniques.

Un certain nombre d'indices dans la majorité des culots révèle une pratique probable de la soudure. Tout d'abord, le cyclage thermique important lié à d'autres indices est révélateur, surtout lorsqu'il y a présence d'une forte quantité de battitures globu-

laires et de battitures billes comme dans les culots 1/5/6 (fig. 10 n° 2/3/4). La présence en grande quantité d'inclusions argilo-sableuses peut également renforcer cette impression dans les culots 1/6, comme élément d'adjuvant antioxydant et décapant nécessaire à cette activité. En effet, lors de la chauffe de fragments métalliques en vue d'une soudure, l'ajout de sable permet d'éclater et de liquéfier les oxydes et d'empêcher ainsi une ré-oxydation tout en facilitant la liaison intermétallique. Le mélange liquide de sable et d'oxyde vient s'ajouter dans le foyer à la matrice fayalitique ($Fe_2 SiO_4$) de la scorie[10]. Aussi, la forte pression d'oxygène dans ces mêmes culots avec la présence de magnétite et non d'hercynite (fig. 10 n° 5/6) proche de l'arrivée de la tuyère indique une volonté de monter très fortement en température.

Enfin, l'échantillon n° 1 a livré un fragment d'alliage cuivreux pouvant provenir d'une activité de polymétallurgie. Toutefois, il peut aussi s'agir d'une perte lors de la réparation d'un objet polymétallique.

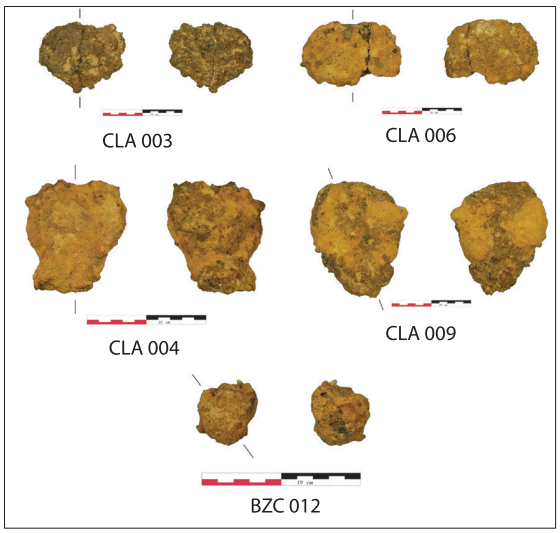


Fig. 11. Planche de présentation des culots analysés de Ronchères.

3.2. Croixrault, "l'Aérodrome"

Tous les culots de ce site sont magnétiques et leur couleur tourne autour des teintes sombres bordeaux/noir. Seul le degré d'hydrooxydation périphérique permet d'individualiser les culots de la famille n° 2 qui contrairement aux autres en sont dépourvu. Les culots des deux autres familles se distinguent par leurs aspects et textures.

Les culots de la famille n° 1 (culots n° 1/2/4/5/7/9) ont une surface supérieure d'aspect légèrement irrégulier et de forme concave tandis que la surface inférieure comporte de légers bourrelets qui correspondent aux empreintes de charbon de bois de module relativement important. Plusieurs d'entre eux comportent à l'extrémité opposée à la tuyère une sorte de "langue" inclinée vers le bas, qui reste difficilement interprétable. Il s'agit peut-être de la trace de l'arrachement de la scorie alors que celle-ci était encore pâteuse ?

La famille n° 2 (culots n° 3/8), hormis l'absence d'hydrooxydation externe, se caractérise par une surface supérieure concave et d'aspect relativement régulier et parfois coulé ainsi que par une surface inférieure poreuse et d'aspect granuleux (formation sur un lit de charbon de petit module, de type frasil). Ces deux culots comportent également de nombreuses inclusions de charbon de bois et quelques battitures plates visibles à la périphérie.

Les culots de la famille n° 3 (culots n° 6/10/11) ont une surface supérieure légèrement concave à plate et d'aspect irrégulier avec des porosités de dégazage. Leur surface inférieure est granuleuse et poreuse.

Le culot n° 12 n'entre dans aucune de ces familles.

Les familles n° 2 et 3 ne comptant que 2 et 3 culots, un seul a été étudié. Au total, il s'agit donc de 5 culots qui ont fait l'objet d'investigations métallographiques (fig. 11).

L'analyse des importantes chutes de métal incluses dans les culots révèle un travail à partir de demi-produits comportant encore d'importantes porosités et inclusions de scorie. La partie finale de l'épuration a eu lieu sur le site au moment de l'élaboration d'objet. Les "lingots" arrivaient donc

10- Fluzin 2002.

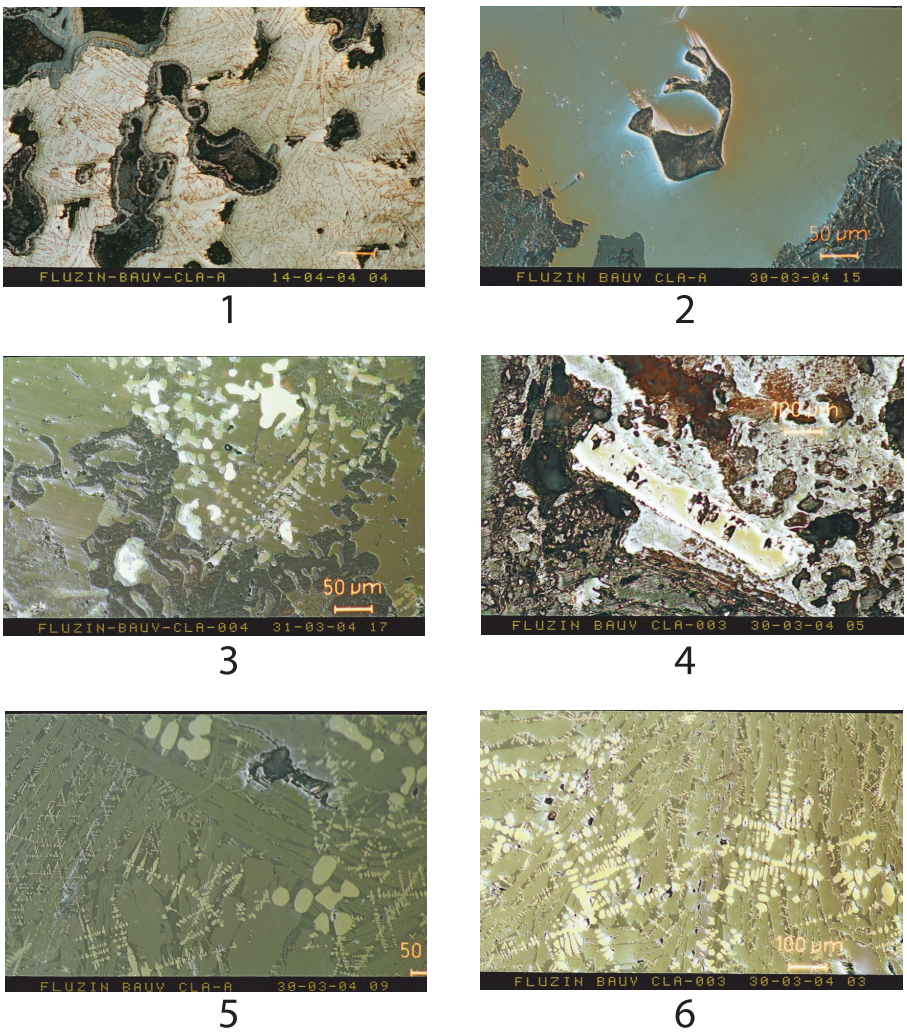


Fig. 12. Micrographies de coupe des échantillons analysés de Croixrault.

avec un degré d'épuration médiocre. En effet, l'échantillon n° 12 présente d'importants fragments de métal relativement hétérogène (allant de 0,2 à 0,6 % de carbone) (fig. 12 n° 1) avec de nombreuses porosités pleines de scorie ainsi que des replis plus ou moins vidés (fig. 12 n° 2). L'échantillon n° 4 révèle également de très fortes pertes de métal sous la forme de chapelets de billes et de globules réoxydés à chaud (fig. 12 n° 3). Il est intéressant de remarquer dans les culots 3/6/9 que ces fortes pertes de métal ont lieu en début d'activité en relation avec des battitures de types globulaires et billes tout comme pour les deux échantillons précédents, mais que les phases finales ne présentent plus que des battitures lamellaires (plates) sans pertes de métal (fig. 12 n° 4), ce qui peut signaler l'enchaînement des phases de travail (du plus grossier au plus fin).

La forte hétérogénéité thermique relevée dans les culots 3/4/12 semble également caractériser ce site. La succession de chauffes courtes, qui produit de nombreuses phases de wustite et de fayalite dans la scorie, indique un travail très haché (fig. 12 n° 5/6). Cela peut provenir à la fois de la qualité du métal et donc des précautions prises lors des dernières phases d'épuration, mais aussi de la production de petits objets afin d'éviter qu'ils "brûlent" au feu et ce d'autant plus que l'alliage est riche en carbone.

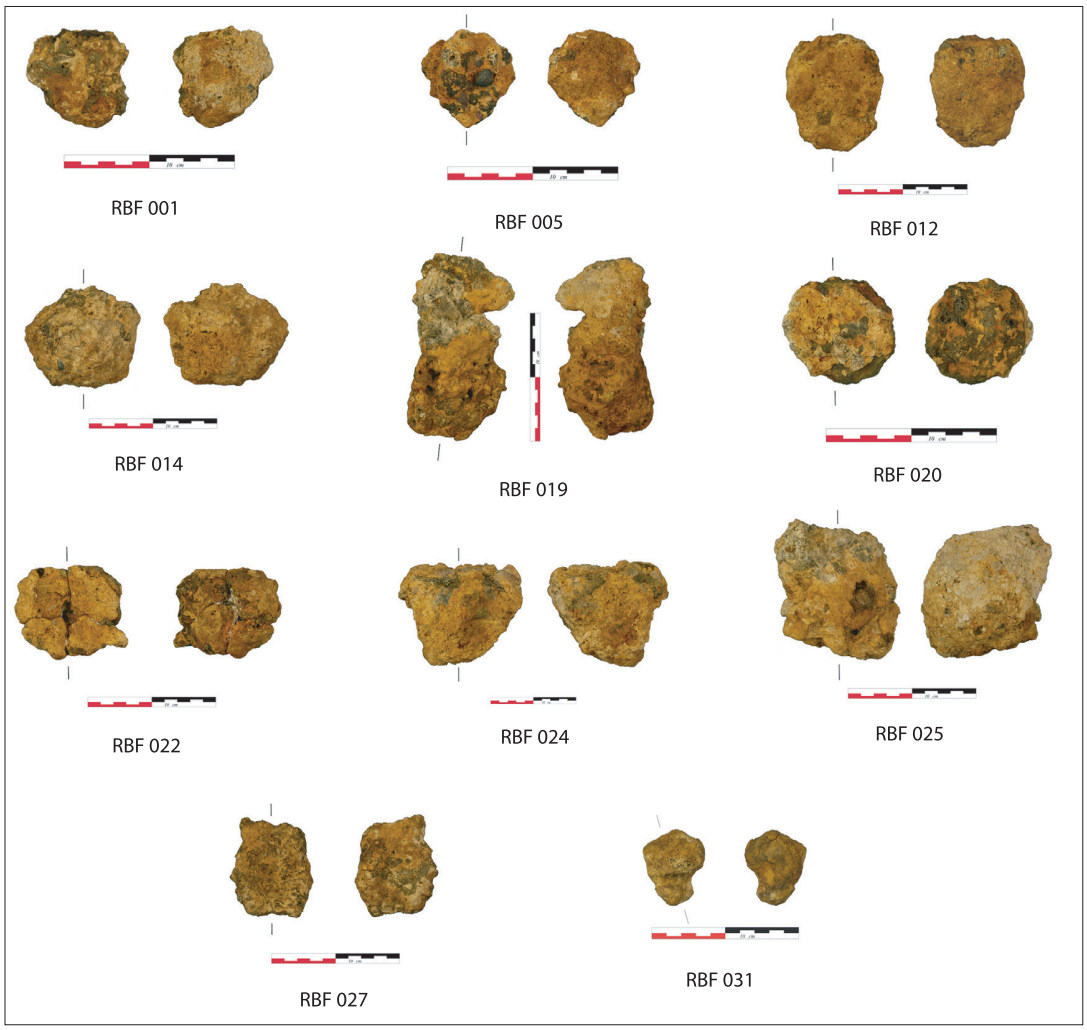


Fig. 13. Planche de présentation des culots analysés à Ronchères.

3.3. Ronchères, "le Bois de la Forge"

Le site du Bois de la Forge est celui des trois qui a livré la quantité la plus importante de déchets avec 31 culots entiers. Ces scories se répartissent entre quatre familles morphologiques.

Les culots de la famille n° 1 (culots n° 6/ 15/18/ 24/25/26) se caractérisent par une taille relativement importante comparée au reste du lot avec des poids assez disparates allant de 175 g à 851 g. Ils peuvent être magnétiques ou non et possèdent tous des traces de parois rubéfiées et scorifiées. Leur aspect de surface présente de nombreuses porosités de dégazage dans un ensemble fortement hydrooxydé. Certaines possèdent une surface supérieure en partie vitrifiée due à la présence de scorie argilo-sableuse. Leurs couleurs générales sont le noir et le rouille avec des nuances verdâtres pour les culots vitrifiés. Tout comme pour les autres familles, les éventuelles concavités et convexités des faces supérieures et inférieures n'ont pas été retenues comme critères discriminants.

La famille n° 2 (culots n° 12/14/22/23/27/29/ 30) se caractérise par une taille moyenne et une forte homogénéité morphologique. Hormis le culot 21 qui est plus petit, ils mesurent entre 8,4 et 8,7 cm de long, entre 7,2 et 7,7 cm de large pour une épaisseur de 4,6 à 5,5 cm. Ces culots sont également très denses avec un poids aux alentours de 300 g. Ils sont magnétiques et possèdent de nombreuses inclusions de charbon de bois en périphérie. Leur aspect de surface est fortement oxydé et leur couleur tourne autour des couleurs noir, rouille et gris.

Les culots de la famille n° 3 (culots n° 7/ 19/22/23/27/29/30) sont de taille moyenne, de 6,6 à 8,6 cm de long, de 6,1 à 7 cm de large et d'une épaisseur allant de 1,8 à 2,9 cm. Ils se caractérisent également par une densité assez faible aux alentours des 130 g. Seul le culot n°19 n'entre pas dans ces normes car il s'agit d'un culot double. Ils sont par ailleurs tous magnétiques et comportent de nombreuses inclusions de calcaire et de charbon de bois. Leur surface supérieure est fortement oxydée avec des porosités de dégazage et l'ensemble est relativement irrégulier. Leur surface inférieure est également poreuse et oxydée. L'ensemble de ces culots est teinté de couleurs rouille, noir et beige.

Il s'agit, pour la famille n° 4 (culots n°1/2/3/4/ 5/8/9/10/11/13/16/20/28) de petits culots circulaires ou sub-circulaires, tous magnétiques et peu denses avec quelques inclusions de charbon de bois. Leur surface supérieure est globalement poreuse, oxydée et boursouflée avec pour certains des traces de vitrification liées à la présence d'éléments argilo-sableux. Leur surface inférieure est également poreuse et oxydée avec des empreintes granuleuses liées à un charbon de bois de petit calibre. Leurs teintes générales sont autour du noir, rouille et gris clair.

Étant donné le grand nombre de culots de certaines familles, un tiers a pu être analysé (10 échantillons au total ; fig. 13).

Il faut préciser que le milieu d'enfouissement de ces déchets a particulièrement hydroxydé les fragments de métal qu'ils renfermaient, sachant que la majorité de ceux-ci a été rejetée dans le fossé d'enceinte en eau durant son fonctionnement.

L'investigation micrographique a permis de mettre en évidence, malgré les différences morphologiques, une forte homogénéité autour de deux types d'activités.

La première semble caractériser une forge d'élaboration standard très propre à partir de demi-produits bien épurés. Elle se caractérise par de très faibles pertes de métal sous la forme de billes de fer, de semis épars, de chapelets ou de globules dans les échantillons n° 1/12/19/20/22/25 (fig. 14 n° 1/2/3). En revanche, ces activités engendrent de fortes pertes d'oxydes sous la forme de très grosses battitures. Ces dernières sont parfois uniquement globulaires ou sous forme de billes dans les échantillons n° 19/20/22 (fig. 14 n° 4/5/6), mais peuvent être aussi à la fois globulaires et lamellaires pour les échantillons n° 1/12/25. Pour ces derniers, les battitures lamellaires interviennent en fin d'activité, ce qui peut indiquer une transition vers une meilleure mise en forme de l'objet forgé (finition). Les échantillons n° 1 et 22 présentent des phasages thermiques multiples dans la formation des dendrites de wustite, allant dans le sens d'un travail plus haché que les autres échantillons.

La seconde activité se caractérise par la forge d'un acier très carburé. En effet, les culots n° 5/14/27 contiennent de très nombreuses pertes métalliques sous la forme de gros fragments et de quelques chapelets et semis métalliques (de 20 % à 30 % de la surface globale de la coupe) (fig. 14 n° 7/8/9). Ces fragments sont entièrement hydroxydés et seuls des

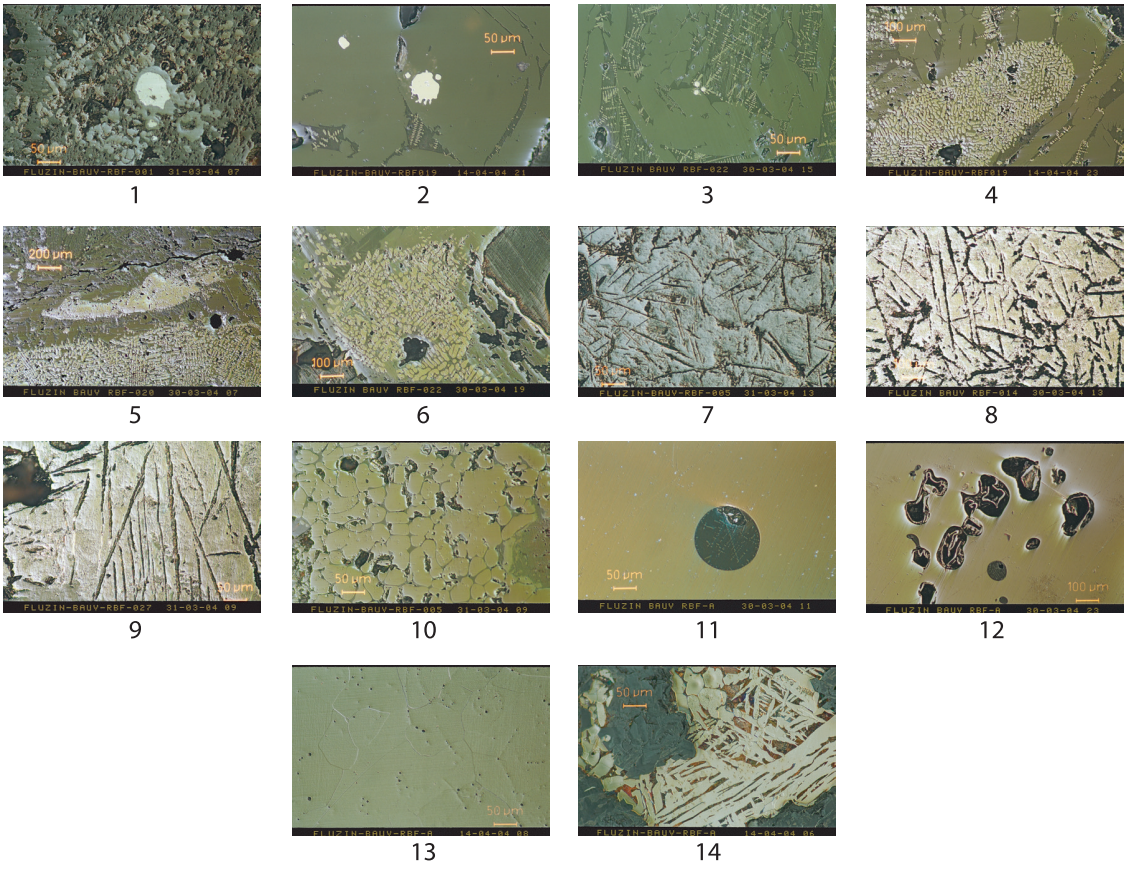


Fig. 14. Micrographies de coupe des échantillons analysés de Ronchères.

fantômes de lamelles de ferrite permettent d'identifier un acier très fortement carburé proche de l'eutectoïde (entre 0,4 % et 0,8 % de carbone). La forte carburation de ce métal le rend plus cassant et peut expliquer la grande quantité de pertes. De plus, l'échantillon n° 5 révèle des aiguilles de martensite caractéristiques d'une trempe qui rend ce métal encore plus difficile à forger sans recuit préalable. L'hydrooxydation totale empêche de caractériser avec précision la propreté inclusionnaire de ce métal. Toutefois, la taille et la morphologie très irrégulières de ces fragments, ainsi que la très forte proportion de battitures globulaires (fig. 14 micro 10) dans ces trois échantillons, les rapprocheraient du travail d'un matériau de base hétérogène (demi-produit mal épuré ?).

Enfin, l'échantillon n° 31 présente quelques divergences avec les culots précédents. Il se caractérise par une très forte proportion de perte de métal sous la forme de gros fragments et de fragments épars (environ 50 %). Ces pertes de métal sont particulièrement hétérogènes. Il s'agit à la fois de fragments pouvant avoir une très bonne propreté inclusionnaire, une morphologie régulière avec parfois des restes de plans de frappe encore visibles, mais aussi de fragments très irréguliers comportant de nombreuses inclusions de scorie (fig. 14 n° 11) originelle ainsi que des replis plus ou moins vidés de leur scorie (fig. 14 micro 12). Leur composition est également très disparate. Il peut en effet s'agir de fer doux à moins de 0,1 % de carbone (fig. 14 n° 13) ou d'acier à 0,3 % (fig. 14 n° 14). On retrouve également des battitures globulaires, des billes ainsi que des battitures lamellaires. La présence d'éléments argilo-sableux au cœur de l'échantillon laisse penser à une possible activité de soudure. Ce culot se place en intermédiaire entre les deux catégories citées précédemment.

Conclusion

Les sites étudiés semblent révéler deux types d'activités assez différentes. À Bazoches, le travail du métal se cantonne à des activités d'élaboration standard de petits objets et de plats à partir de demi-produits de taille modeste et bien épurés. Les déchets y sont d'ailleurs peu nombreux.

Le site de Croixrault comporte quant à lui une phase supplémentaire dans ses activités de post-réduction. Il est probable que le métal arrive sur le site sous la forme de demi-produits relativement mal épurés. La forge standard d'objets qui s'y déroule est donc précédée d'une dernière épuration du métal. Ces deux phases interviennent sans interruption de l'activité et se trouvent plus ou moins stratifiées dans les culots.

Enfin, le site de Ronchères révèle des activités relativement comparables à celles de Croixrault, avec des pertes en métal encore plus importantes. Il s'agit également d'une production standard d'objets qui suit une dernière épuration de demi-produits dont la propreté inclusionnaire est médiocre. Ce qui le caractérise est la forte hétérogénéité du métal, tant sur le plan de sa structure que de sa composition (teneur en carbone élevée).

Une comparaison quantitative de la production des trois sites est très hasardeuse du fait, d'une part, de la différence de degrés d'érosion de chacun d'eux, et d'autre part (et c'est le point le plus important), que seul le site de Ronchères a été fouillé exhaustivement. En effet, l'enclos de Croixrault n'a été exploré que sur son côté oriental tandis que les fossés du site de Bazoches ont été échantillonnés à hauteur de 50 % en moyenne.

Il est intéressant en revanche d'aborder ces productions sur un aspect qualitatif. Il est notamment important de remarquer les différences entre le degré d'épuration des demi-produits arrivant dans chacun des sites. Cela peut provenir de plusieurs facteurs. Il peut s'agir d'une différence entre les "arrivages" de matière première dont la qualité n'est pas forcément constante, de la nature des objets travaillés, mais cela peut également être fonction de la place de chacun de ces sites dans le réseau d'acquisition/redistribution (type d'activité en relation avec les voies de communication ?). La question se pose d'autant plus pour les sites de Ronchères et de Bazoches qui sont à la fois géographiquement et chronologiquement très proches.

Au regard des recherches récentes[11], il est aujourd'hui possible de différencier trois niveaux

11- Bauvais 2000 ; Bauvais 2001 ; Bauvais & Fluzin 2005.

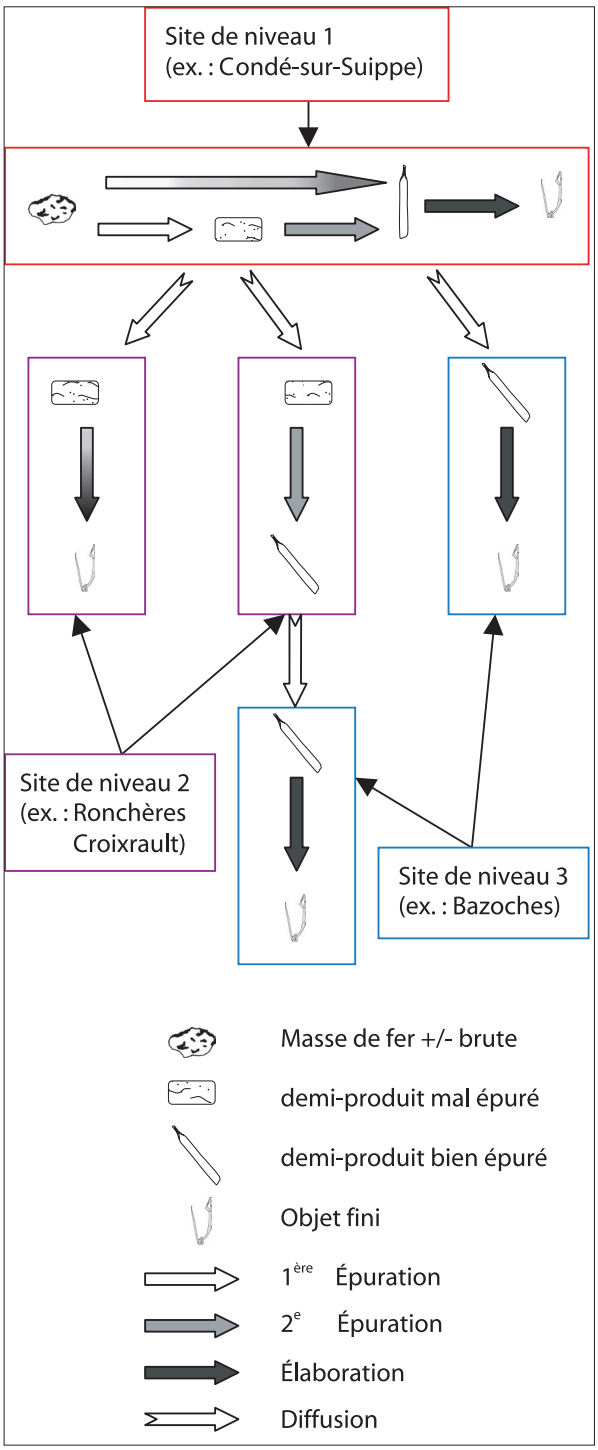


Fig. 15. Schéma hypothétique de division des activités de post-réduction en Picardie à La Tène D.

d'intégration des sites à l'intérieur de l'organisation régionale des activités de post-réduction (fig. 15).

L'*oppidum* de Condé-sur-Suippe (Aisne), qui est également en partie contemporain des trois sites étudiés (LT D1b – étape 3 dans Pion 1996), se place au premier rang avec une présence dans ses ateliers de la totalité des phases de post-réduction, de la masse de métal plus ou moins brute à l'objet fini[12]. Les sites de Ronchères et de Croixrault se situent au second rang avec en leur sein les dernières activités d'épuration jusqu'aux objets finis. Enfin le site de Bazoches se concentre exclusivement sur la production d'objets finis à partir d'un métal homogène (déjà bien épuré).

Un quatrième niveau pourrait être ajouté, composé des sites où seule l'utilisation d'objets en fer s'y déroule. Il s'agit du reste et donc de la majorité des sites, mais l'on sort ici d'une approche purement technologique.

Pour terminer, il convient d'insister sur les aspects quantitatifs des déchets trouvés en fouille. En effet, selon le type d'activité sidérurgique, et mis à part les aspects différentiels de conservation, les déchets peuvent être très différents tant par leur taille que par leur quantité. La production de déchets engendrés par les activités sidérurgiques diminue tout au long de la chaîne opératoire (toute proportion gardée suivant la nature intensive où non de l'activité). Autant une activité de réduction du minerai de fer est particulièrement flagrante, car la quantité de déchets produits est abondante, autant une simple activité de réparation d'objet, qui produit extrêmement peu de déchets, peut très facilement rester ignorée. C'est pourquoi aucun déchet ne doit être mis de côté, tant lors de la fouille que lors du traitement du mobilier (aussi faible, que soient les quantité), car ils entrent tous dans une organisation générale de la production/utilisation du fer. La moindre petite chute a son importance dans le cadre d'une approche métallographique globale[13].

12- Bauvais 2000 ; Bauvais & Pion à paraître.
13- Mangin *et al.* 2000a.

Bibliographie

Bauvais, S. (2000) : *Analyse de la Chaîne-Opératoire de sidérurgie sur l'oppidum de Condé-sur-Suippe (Aisne),* mémoire de maîtrise.

— (2001) : *La sidérurgie dans la civilisation des oppida : approches théoriques et état des connaissances:* mémoire de DEA.

Bauvais, S. et P. Fluzin (2005) : "Analyses métallographiques des déchets de forge du site de Bazoches-sur-Vesle 'les Chantraines' : confrontation et perspective régionale (Aisne)", in : *Hommage à Claudine Pommepuy*, Revue Archéologique de Picardie n° spécial 22.

Bauvais, S. et P. Pion (à paraître) : "Analyse de la chaîne opératoire de la sidérurgie sur l'*oppidum* de Condé-sur-Suippe. Protocole d'étude d'un quartier d'artisanat sidérurgique Gaulois", *Gallia*.

Dunikowski, Chr. (1995) : "Approche méthodologique d'un ferrier : l'exemple du site des Clérimois", in : *Paléométallurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne*, *Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, Paris, 325-332.

Dunikowski, Chr. et S. Cabboi (1995) : *La sidérurgie chez les Sénons : les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)*, Paris, DAF 51.

Fluzin, Ph. (2002) : La chaîne-opératoire en sidérurgie : matériaux archéologiques et procédés. Apport des études métallographiques, in : *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique. Une ancienneté méconnue,* Paris, *Mémoire des peuples*, 59-91.

Gaudefroy, St. (en préparation) : *Croixrault "l'Aérodrome"*. Document final de synthèse, SRA Picardie.

Gransar, Fr., Fr. Malrain et V. Matterne (1997) : "Analyse spatiale d'un établissement rural à enclos fossoyé du début de La Tène finale : Jaux 'le Camp du Roi' (Oise)", in : *Espaces physiques, espaces sociaux dans l'analyse interne des sites du Néolithique à l'âge du Fer*, 119e *congrès national des Sociétés Historiques et Scientifiques, Amiens, octobre 1994*, Paris, 159-181.

Malrain, Fr. (2000) : "Contribution à l'étude des fermes", in : *Les installations agricoles de l'âge du Fer en France septentrionale*, Paris, Études d'histoire et d'Archéologie 6, 15-37.

— (2003) : "Le site de La Tène finale de Ronchères "le Bois des Forges" (Aisne)", *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude de l'âge du Fer*, 34-35.

Malrain, Fr., V. Matterne et P. Méniel (2002) : *Les Paysans Gaulois (IIIe siècle, 52 av. J.-C.)*.

Malrain, Fr., Fr. Gransar, I. Le Goff et V. Materne (1996) : "Une ferme gauloise de La Tène D1 et sa nécropole : Jaux 'le Camp du Roi', *Revue Archéologique de Picardie*, 3/4, 245-306.

Malrain, Fr., S. Bauvais, M. Boulen, K. Fechner, B. Hénon, V. Legros, M. Saurel et V. Pissot (2004) : *Ronchères (Aisne) "le Bois de la Forge" : site artisanal de La Tène finale et du Gallo-Romain*, Document final de synthèse, SRA Picardie.

Mangin, M., J.-L. Courtaudon, P. Fluzin et E. de Laclos (2000a) : *Village, forges et parcellaire aux sources de la Seine. L'agglomération antique de Blessey-Salmaise (Côte-d'Or),* Besançon, Annales littéraires de l'Université de Franche-Comté 699.

Mangin, M., P. Fluzin, J.-L. Courtaudon et M.-J. Fontaine (2000b) : *Forgerons et paysans des campagnes d'Alésia. Haut Auxois (Côte-d'Or), Ier siècle av. J.C. – VIIIe siècle apr. J.C.,* Paris.

Nillesse, O. (1999) : Nos *ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique*, Catalogue d'exposition sous la direction de M.-H. Santrot, Nantes, 70.

Pion, P. (1996) : *Les habitats latèniens tardifs de la Vallée de l'Aisne (IIe, Ier siècle av. J.C.) et la périodisation de la fin du second Âge du Fer en Gaule nord-orientale (LT. C - début de l'époque augustéenne)*, Thèse de doctorat nouveau régime, Paris, I-III.

Pommepuy, Cl. et Fr. Gransar (1998) : *Bazoches-sur-Vesle "les Chantraines" (Aisne)*, Document final de synthèse, SRA Picardie, AFAN Nord-Picardie, I-II.

Pommepuy, Cl., G. Auxiette, S. Desenne, Fr. Gransar et B. Hénon (2000) : "Des enclos à l'âge du Fer dans la vallée de l'Aisne : le monde des vivants et le monde des morts", in : *Les enclos pourquoi faire ? Actes de la table ronde de Ribemont-sur-Ancre*, *Revue archéologique de Picardie*, 1/2, 197-217.