HAL
open science

L'artisanat du fer dans la villa de Touffréville (Calvados) à l'époque augusto-claudienne

Marion Berranger, Nicola Coulthard, Mélanie Demarest, Nadine Dieudonné-Glad, Philippe Fluzin

▶ To cite this version:

Marion Berranger, Nicola Coulthard, Mélanie Demarest, Nadine Dieudonné-Glad, Philippe Fluzin. L'artisanat du fer dans la villa de Touffréville (Calvados) à l'époque augusto-claudienne : approches archéométallurgique et archéométrique. Archeosciences, revue d'Archéométrie, 2014, 38 (1), p. 183-203. 10.4000/archeosciences.4259 . hal-01394022

HAL Id: hal-01394022

https://hal.science/hal-01394022

Submitted on 13 Dec 2017

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.

ArcheoSciences

38 (2014)
Varia

Marion Berranger, Nicola Coulthard, Mélanie Demarest, Nadine Dieudonné-Glad et Philippe Fluzin

L'artisanat du fer dans la villa de Touffréville (Calvados) à l'époque augusto-claudienne : approches archéométallurgique et archéométrique.

Avertissement
Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.
Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.
Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique
Marion Berranger, Nicola Coulthard, Mélanie Demarest, Nadine Dieudonné-Glad et Philippe Fluzin, « L'artisanat du fer dans la villa de Touffréville (Calvados) à l'époque augusto-claudienne : approches archéométallurgique et archéométrique. », *ArcheoSciences* [En ligne], 38 | 2014, mis en ligne le 30 novembre 2016, consulté le 16 décembre 2014. URL : http://archeosciences.revues.org/4259

Éditeur : Presses universitaires de Rennes
http://archeosciences.revues.org
http://www.revues.org

Document accessible en ligne sur : http://archeosciences.revues.org/4259
Ce document est le fac-similé de l'édition papier.

Cet article a été téléchargé sur le portail Cairn (http://www.cairn.info).

CAIRN
Chercher. Repérer. Avancer.

Distribution électronique Cairn pour Presses universitaires de Rennes et pour Revues.org (Centre pour l'édition électronique ouverte)
Tous droits réservés

L'artisanat du fer dans la *villa* de Touffréville (Calvados) à l'époque augusto-claudienne : approches archéométallurgique et archéométrique

Iron Production at the Touffréville Villa (Calvados) during the Augusto-claudian Period: An Archaeometallurgical and Archaeometric Approach

Marion Berranger[a], Nicola Coulthard[b], Mélanie Demarest[c], Nadine Dieudonné-Glad[d] et Philippe Fluzin[e]

Résumé: Plusieurs opérations archéologiques menées dans une carrière d'argile à Touffréville (Calvados) ont permis la fouille quasi exhaustive d'un vaste établissement rural occupé de La Tène finale au IVe s. apr. J.-C. De la période augustéenne à la période claudienne, on constate la présence d'une « proto-*villa* » florissante construite en matériaux mixtes. L'activité sidérurgique s'y déroule exclusivement pendant la première moitié du Ier s. apr. J.-C. La forge, située en bas d'un coteau, à 200 m des secteurs bâtis, occupe une surface d'environ 200 m². Les foyers définissent quatre espaces de travail dont deux comportent deux foyers successifs. Le croisement des données archéologiques et des résultats métallographiques obtenus sur les déchets de l'activité (culots de forge, chutes métalliques et battitures) permet de proposer une vision générale des opérations effectuées dans l'atelier. La production est essentiellement tournée vers la forge d'élaboration, même si des indices d'épuration du métal sont présents. Les données quantitatives et qualitatives obtenues permettent de proposer l'hypothèse de la présence d'un atelier répondant aux besoins de l'établissement agricole, sans pour autant exclure une vente ponctuelle ou partielle de la production au delà des limites du *fundus*, peut-être en direction des établissements agricoles voisins.

Abstract: *Fieldwork carried out over ten years in a clay quarry at Touffréville (Calvados) resulted in the almost total excavation of a vast rural establishment occupied from the Late Iron Age to the 4th century AD. A flourishing proto-villa built with mixed materials distinguishes a phase spanning the Augustan to Claudian periods. The iron producing activity takes place exclusively during the first half of the first century AD. Situated 200 m from the built-up sectors, at the bottom of a hillside, the forge covers around 200 m². The forge hearths define four working areas, two consisting of two successive hearths. The integration of archaeological data and metallographic results from the iron slag (hearth bottoms, iron scraps and hammer scales) enables us to put forward a general picture of the operations carried out in this workshop. Production is essentially oriented towards blacksmithing, even if there is some evidence of bloomsmithing. Based on both the quantitative and qualitative data, we hypothesise a workshop responding to demands emanating from the agricultural establishment itself, but not excluding occasional or partial sales beyond the fundus, possibly to neighbouring agricultural settlements.*

Mots clés : forge, villa romaine, archéométallurgie, scories, fer, Ier s. apr. J.-C.

Keywords: *forge, Roman villa, archaeometallurgy, slag, iron, 1st century AD.*

[a] *Laboratoire « Métallurgies et Cultures », UMR 5060 – CNRS-IRAMAT, Université de Technologie Belfort Montbéliard, Site de Sévenans, 90010 Belfort Cedex. (marion.berranger@utbm.fr)*

[b] *Service Archéologie, Conseil général du Calvados, 36 rue Fred Scamaroni, 14 000 Caen. (nicola.coulthard@calvados.fr)*

[c] *Evéha, 34 rue de Marais, 14000 Caen. (melanie.demarest@eveha.fr)*

[d] *HeRMA, EA3811, Faculté des Sciences Humaines, 8 rue Descartes, 86 022 Poitiers Cedex. (nadine.dieudonne.glad@univ-poitiers.fr)*

[e] *Laboratoire « Métallurgies et Cultures », UMR 5060 – CNRS-IRAMAT, Université de Technologie Belfort Montbéliard, Site de Sévenans, 90 010 Belfort Cedex. (philippe.fluzin@utbm.fr)*

La *villa* antique de Touffréville (fig. 1), installée sur un coteau et couvrant 7 ha, a été fouillée quasi-intégralement, sous la direction de Nicola Coulthard, entre 1992 et 2003, avant l'exploitation d'une carrière d'argile. Dès sa découverte, le site a fait l'objet d'un débat quant à sa fonction, et ce, en raison de la quantité très importante de témoignages d'activités artisanales : production de terre cuite architecturale, de chaux, d'objets en alliages de cuivre, en fer et en bois. La chronologie des productions a permis de démontrer que leur rôle économique n'était pas le même selon les phases d'occupation (Coulthard, 2008 : 109-112). Si aujourd'hui on peut conclure que les productions sont, pour la plupart, bien intégrées au sein de l'économie d'une villa dont l'agriculture demeure l'activité principale, on peut encore s'interroger sur l'importance des productions de chaux et surtout de fer, qui ont eu lieu pendant la première phase d'occupation gallo-romaine.

Les analyses métallographiques réalisées permettent de mieux qualifier la nature de la production de la forge, alimentant le débat qui nous ramène toujours vers les questions principales : l'échelle et la qualité de la production sont-elles en corrélation avec les seuls besoins de la villa ? Qu'est-ce qu'une telle production peut nous apprendre sur le statut de l'établissement ?

1. Le site : données archéologiques

La villa

Le site a été occupé en continuité à partir du Ier s. av. J.-C. jusqu'au IVe s. apr. J.-C. De nombreux tronçons de fossés constituant plusieurs enclos successifs datent de la fin du Hallstatt-La Tène ancienne, de La Tène moyenne et de La Tène finale D2, mais seule l'occupation de La Tène finale a livré des structures bien conservées, associées à des niveaux en place. À la fin de la période gauloise, un grand enclos quadrangulaire de près de 9 000 m^2 situé à mi-pente, domine la Campagne de Caen qui s'étend vers l'ouest. Au bas de la pente, un deuxième grand enclos qui se développe en dehors de la zone d'étude, a été partiellement observé.

Dès la période augustéenne, l'établissement rural (fig. 2) affiche une première phase d'occupation d'envergure qui reflète un modèle « romain » de par son architecture et la disposition de ses bâtiments. Le dernier tiers du Ier siècle apr. J.-C. voit une importante phase d'expansion. Une grande *villa* composée de nombreux bâtiments maçonnés est érigée, dont une maison de maître (1 500 m^2) dotée de pièces chauffées, de sols en mosaïque et de peintures murales, ainsi qu'un *fanum*. Une partie importante de la *villa* est laissée à l'abandon dès le deuxième tiers du IIe siècle apr. J.-C. Des analyses concordantes[1] dépeignent des secteurs en friche et l'empiètement de la forêt aux alentours. En revanche, une activité de production de terre cuite architecturale se développe. Quatre fours ont produit, simultanément, des tuiles, des briques et des briquettes. Cette production s'arrête à la fin du IIe siècle et l'occupation se replie vers le centre du site lors d'un « renouveau agricole ». La *villa* est alors dotée d'installations de confort ostentatoires mais peu fonctionnelles : des bains privés alimentés par un système souterrain d'adduction ont été installés, mais le système hydraulique s'est rapidement envasé et les bains ont été abandonnés. Pendant le IVe siècle, les traces d'habitation sont plus ténues, mais la pratique d'activités agricoles est encore nettement perçue, à travers la carpologie notamment[2]. Les marqueurs chronologiques les plus tardifs, en particulier la céramique[3], situent l'abandon du site durant le dernier tiers du IVe ou au début du Ve s. apr. J.-C.

La première phase d'occupation gallo-romaine, s'étendant de la période augustéenne à la période julio-claudienne, est particulièrement bien documentée, montrant un établissement dynamique, organisé et prospère. Les bâtiments, dont l'organisation spatiale autour de cours annonce celle de la *villa* « en dur » qui leur succèdera, sont de grande taille et de construction soignée. Erigés en terre et en bois, parfois peints, ils utilisent mortier et béton de chaux pour certains sols et pour une salle d'eau avec bassin. L'intégration de l'établissement dans les réseaux d'échanges du monde antique est patente au vu de la variété et de la qualité du mobilier (céramique et *instrumentum*[4]). L'assemblage zoologique montre plusieurs éléments qui semblent révéler des modifications, en termes de modalités d'élevage et de consommation carnée, témoignant de l'influence de la culture romaine (Baudry, 2002). On note l'expression d'une acculturation romaine affirmée, d'une ouverture vers l'extérieur et d'un pouvoir d'achat important.

Les activités non agricoles sont attestées par la présence d'une forge, d'un atelier de travail des alliages cuivreux, d'une production de chaux et de nombreuses structures de combustion dont la fonction n'est pas déterminée, témoignage d'une *villa* très active, avec un personnel suffisant pour assurer les activités domestiques, agricoles et artisanales.

1. Analyses carpologiques effectuées par Véronique Matterne et analyses archéo-entomologiques par Jean-Hervé Yvinec (CRAVO).

2. Les analyses carpologiques de Véronique Matterne (CRAVO) démontrent l'existence de la culture de céréales et la pratique du battage.

3. Etude céramologique par K. Jardel, Conseil général du Calvados, Rapports de fouille de Touffréville, Calvados 1997-2003.

4. Etude *instrumentum* par Mélanie Demarest, Evéha (Demarest 2002).

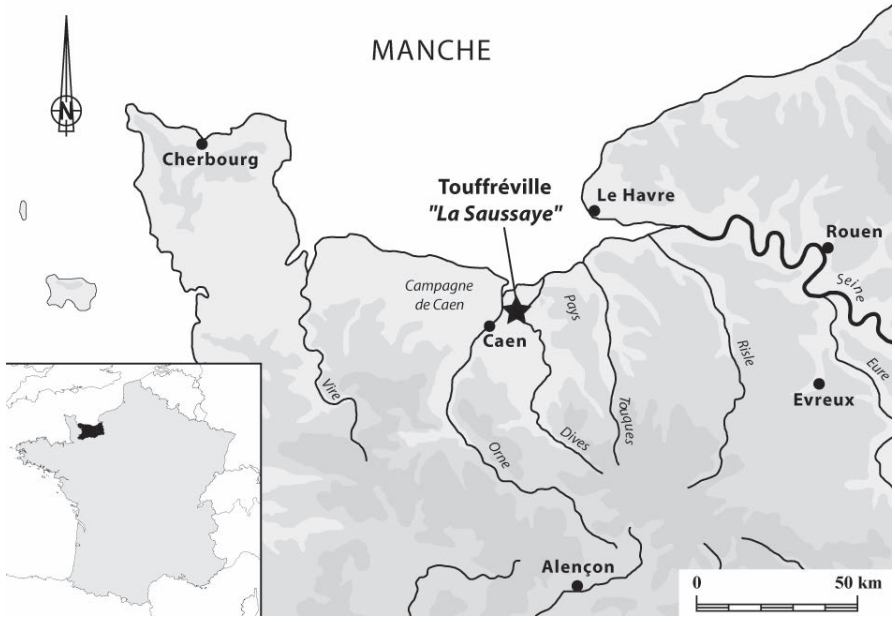

Figure 1 : Carte de localisation de la *villa* de Touffréville.
Figure 1: Localisation map of the Touffréville villa.

L'atelier de forge

La forge (Coulthard *et al.*, 2005 : 256-284) est située tout en bas du coteau, à 190 m du bâtiment principal[5], à l'écart des secteurs bâtis (fig. 2). Les structures sont organisées sur une surface d'environ 100 m^2, avec des foyers de forge installés le long du bord occidental d'un grand fossé d'enclos antérieur (D53, fig. 3), datant de la fin du Ier s. av. J.-C. (Coulthard, 2011 : 175-184). Ce fossé est comblé par des déchets provenant de l'activité métallurgique pendant la période augusto-claudienne et son comblement complet est effectif avant la fin de la première moitié du Ier s. apr. J.-C. Une fenêtre de fouille ouverte au nord de la zone de forge a permis d'observer que les niveaux de comblement du fossé contenaient à cet endroit du matériel à caractère majoritairement domestique, même si l'on y trouvait encore des déchets provenant de la forge.

Les foyers, au nombre de cinq (fig. 3), définissent quatre espaces de travail différents que nous qualifions d'ateliers, dont l'un comporte deux foyers successifs (FF2 et FF10). Le terrain étant très arasé, aucune trace de construction (murets, appentis…) n'a été mise en évidence autour de ces structures. Rectangulaires ou sub-rectangulaires, excavés, à fond plat avec des parois verticales (fig. 4), ces foyers mesurent environ 1,50 x 1,10 m. La grande taille des foyers interpelle, en raison des difficultés qu'il pouvait y avoir pour maintenir une température adéquate pour chauffer le métal dans un si grand espace. En effet, l'apparente homogénéité de rubéfaction ne semble pas indiquer l'installation d'une succession de petits foyers à l'intérieur de ces grandes structures, mais l'état d'arasement de celles-ci ne nous permet pas d'être formels. La taille de ces foyers pourrait laisser penser que des objets assez volumineux y ont été fabriqués.

5. On trouve une disposition similaire pour la forge de la *villa* du Buy en Suisse (Reymond 2009, p. 59).

Les rejets de l'atelier, nature et localisation

Des micro-rejets, sans doute liés au piétinement du forgeron, étaient conservés auprès des foyers, mais en quantités relativement peu importantes, à cause, en particulier, de l'arasement du site. Les déchets produits au sein des ateliers ont essentiellement été rejetés dans le grand fossé protohistorique servant de dépotoir. Celui-ci a été étudié par sondages mécaniques et manuels (fig. 4), avec une attention particulière portée à la stratigraphie. Immédiatement à l'est du fossé, au niveau des foyers, une grande fosse peu profonde (F36 : 5 m de diamètre, 25-30 cm de profondeur) semble avoir été creusée spécialement pour cette fonction. Les rejets remplissant cette fosse dont un quart a fait l'objet d'une fouille fine, débordent sur le fossé presque comblé, et représentent donc la fin de l'activité métallurgique. Les niveaux remplissant ces structures en creux étaient charbonneux ou cendreux, contenaient des scories et des fragments de paroi de foyer ; seuls quelques fragments argileux pourraient provenir de tuyères. La taphonomie de ces dépôts les a protégé de l'érosion et permet de considérer que la quasi-totalité des rejets de l'atelier nous est parvenue.

L'intégralité du mobilier métallique et scorifié recueilli a fait l'objet d'une détermination typologique par Mélanie

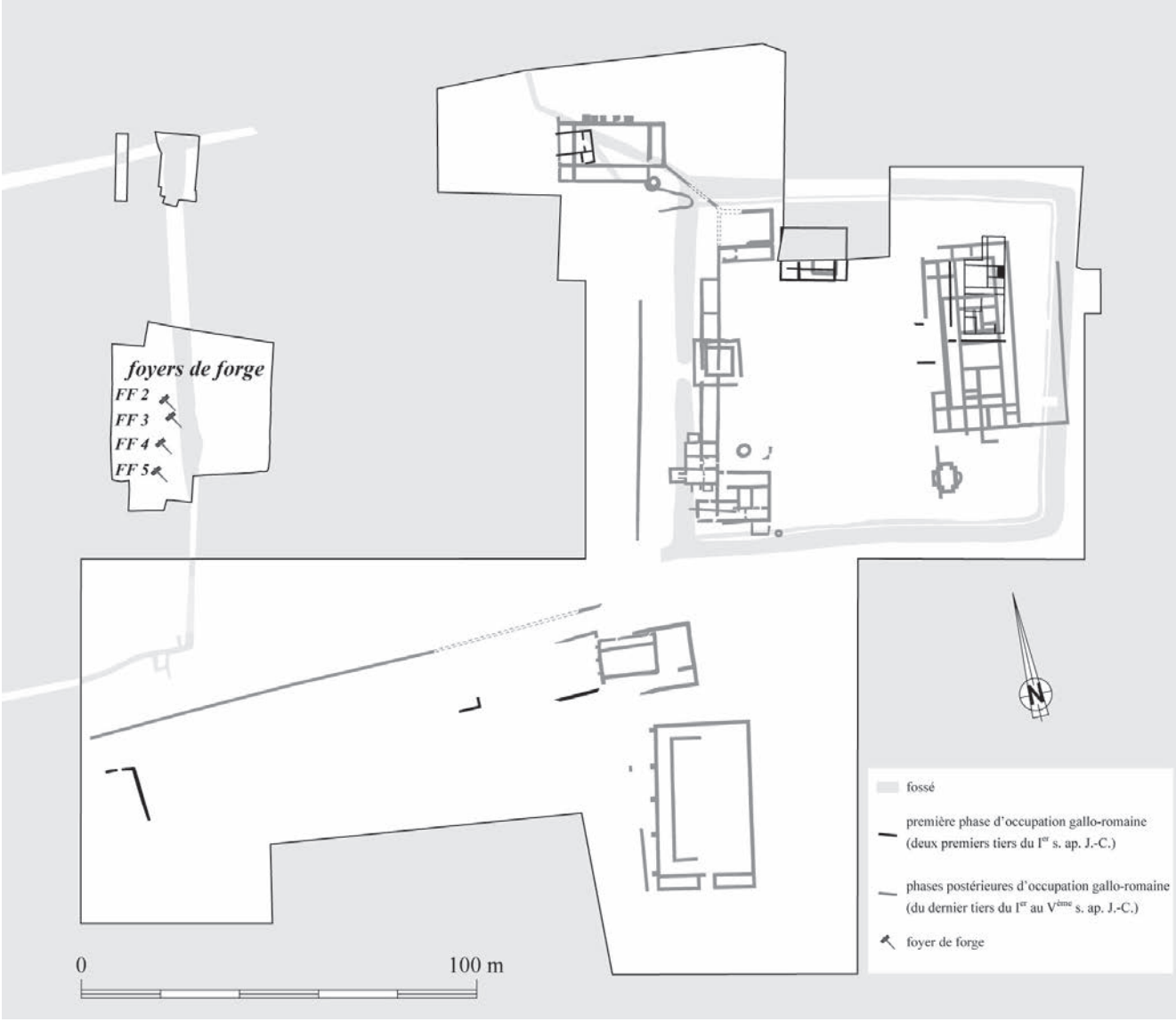

Figure 2 : Plan de la *villa* et localisation de la forge.
Figure 2: Plan of the villa situating the forge.

Demarest[6]. Une partie du matériel métallique, quant à lui, a été dessiné par Annabelle Cocollos[7].

Les outils

Deux outils peuvent être mis en relation avec l'activité métallurgique. Une pince de forgeron (fig. 5), identifiable à ses longues branches, a été découverte dans le comblement d'un fossé, un peu à l'écart de l'atelier. L'épaisseur des arcs de sa gueule et la faible profondeur de celle-ci en font un type rare, encore non signalé (Duvauchelle, 2005 : 23 ; Manning, 1985 : pl. 2 et 3). L'ouverture limitée de ses mâchoires interdit la manipulation d'objets épais. Un polissoir en grès portant des rainures dues aux frottements a également été découvert au milieu des déchets métallurgiques. Il servait probablement à la finition des objets fabriqués.

6. Dans le cadre d'un contrat au Conseil Général du Calvados. Sa participation à la publication a été financée par Eveha.

7. Dessinatrice-graphiste, Service Archéologie, Conseil général du Calvados.

Figure 3 : Plan des structures métallurgiques et répartition des battitures autour des foyers de forge.
Figure 3: Plan of the iron working features and hammer scale distribution around the forge hearths.

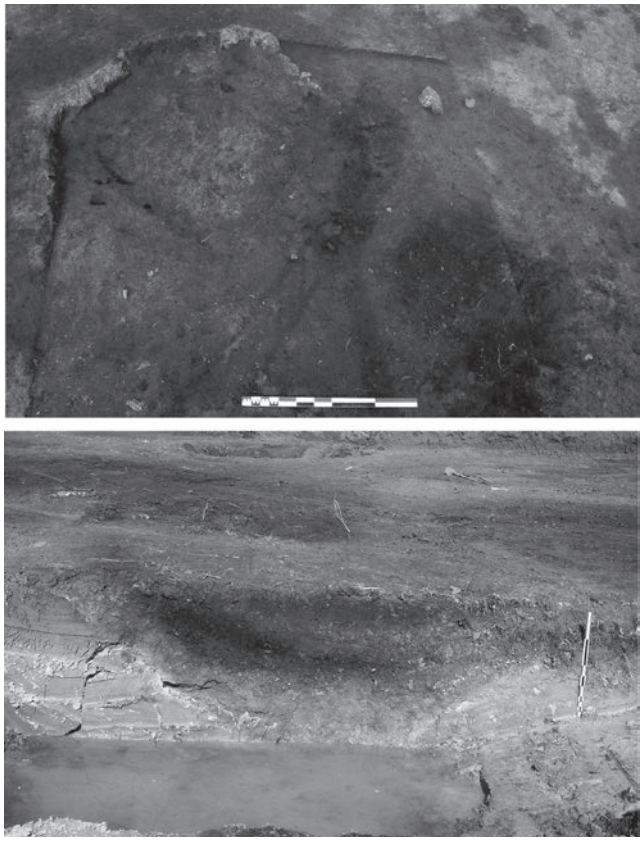

Figure 4 : (Voir planche couleur), Les foyers FF10 et FF2, en haut, et les dépôts de déchets métallurgiques dans le fossé D53, en bas.
Figure 4: (See colour plate) Above – forge hearths FF10 and FF2; below – iron slag deposits in the ditch D53.

Les débris métalliques (fig. 6)

Une quarantaine de fragments métalliques pesant en tout 1,6 kg semblent n'avoir été que peu ou pas martelés. Leur surface a un aspect déchiqueté. Ils mesurent généralement moins de 5 cm de longueur, pour une masse comprise entre une trentaine et une centaine de grammes.

Un nombre plus important d'objets peut cependant être classé dans la catégorie des « ratés de fabrication » (1,7 kg pour 149 restes). Ils ont été assez travaillés pour avoir une forme relativement complexe, mais leur façonnage a été interrompu. On a pu identifier des tôles portant un appendice (fig. 6, 1359/03), des tôles enroulées (fig. 6, 1247/03, 1251/03) et des lames. On trouve également des tiges effilées à une extrémité et portant la marque d'une découpe à l'autre (fig. 6, photographie de gauche). À Touffréville, elles sont de section quadrangulaire, mesurant de quelques millimètres à 1 centimètre de côté. Leur longueur varie de 1,2 à 7,4 cm. Environ 60 % d'entre elles ont été identifiées grâce aux radios. Elles sont abondantes à la fois dans la fosse de rejet F36 et dans le fossé D53 qui contiennent à eux deux plus de 85 % de ce type de chutes (94 exemplaires de masse totale 494 g). Leur masse moyenne est donc d'environ 5 g. On ne peut exclure que certaines d'entre elles soient des ébauches de clous. Une étude métallographique de plusieurs de ces exemplaires avait été envisagée, mais leur corrosion était telle que le métal avait complètement disparu, empêchant toute observation.

Des tôles et des tiges (fig. 6, photographie de droite), souvent cassées à leurs extrémités, constituent la majorité des éléments métalliques répertoriés et ne peuvent être

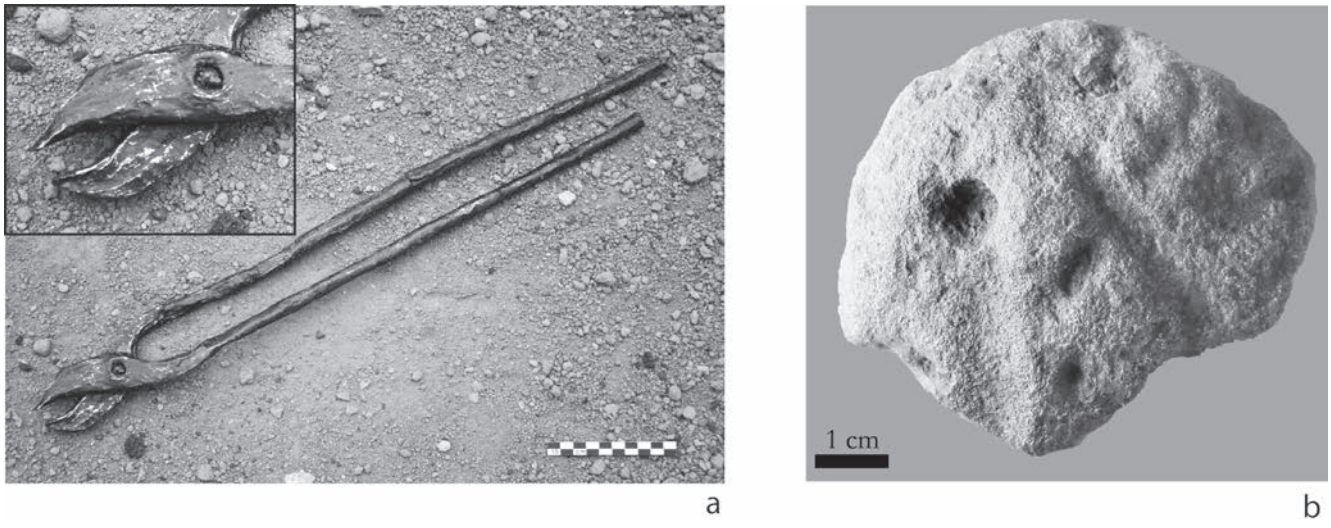

Figure 5 : (Voir planche couleur) Outils liés à l'activité métallurgique : a – pince de forgeron après traitement de stabilisation-conservation ; b – polissoir en grès.
Figure 5: (See colour plate) Tools related to the iron working: a- blacksmith forge tongs after conservation; b- sandstone honing stone.

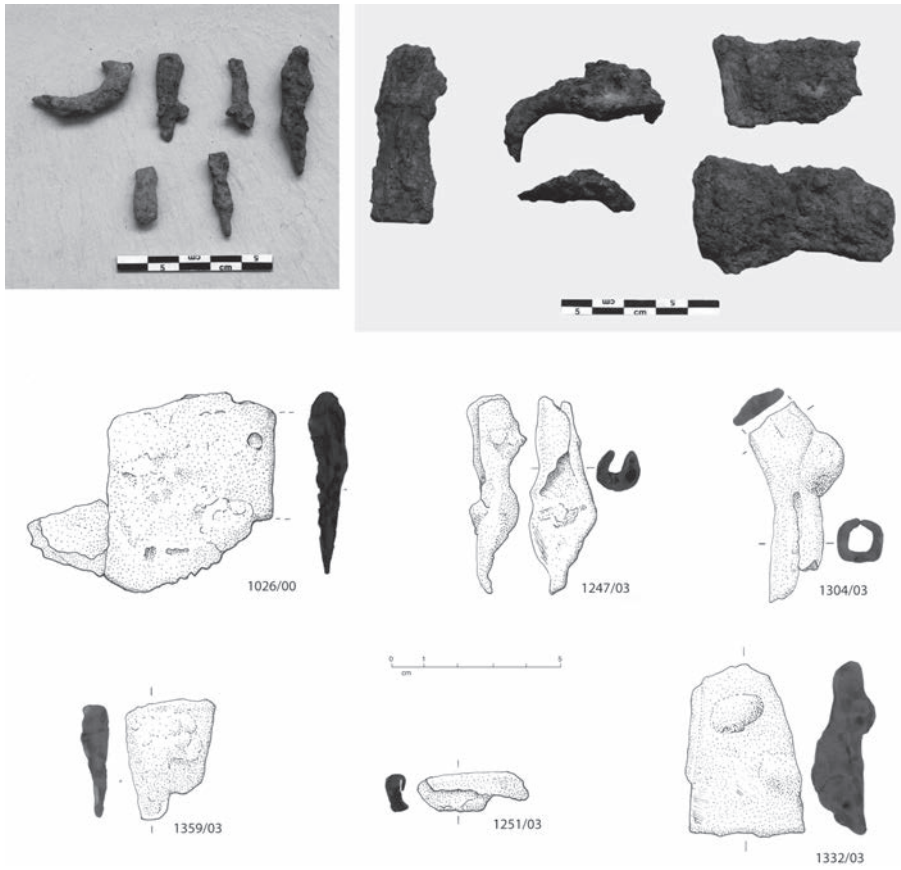

Figure 6 : (Voir planche couleur) Chutes métalliques.
Figure 6: (See colour plate) Metallic waste.

interprétés avec certitude comme des chutes de fabrication (701 exemplaires pour une masse de 7,7 kg). Les radios montrent que les tôles possèdent souvent deux bords parallèles et constituent probablement l'extrémité de « bandes » de métal dont la fonction nous échappe. Les éléments non métalliques constituent néanmoins la majorité des rejets.

Les déchets non métalliques

Les battitures

Les battitures sont les fragments de la croûte d'oxydes de fer qui s'est formée à la surface du métal lors de son passage dans le foyer et qui se détachent au moment où le marteau entre en contact avec le métal chauffé. Elles peuvent se mélanger au sol de l'atelier ou être balayées régulièrement et jetées dans des dépotoirs. À Touffréville, les battitures proviennent de deux contextes différents : d'une part les foyers de forge et leur environnement immédiat, où elles sont en dépôt primaire, d'autre part la fosse F36 et le fossé D53 où elles sont en dépôt secondaire. La fouille des foyers et de leur environnement proche a été conduite suivant un carroyage de 0,5 m de côté. Dans chacun des carrés un demi seau de sédiment a été prélevé. Après tamisage à l'eau, les battitures ont été séparées du reste des refus de tamis de maille 4 mm et 2 mm. Dans les dépôts secondaires, les prélèvements ont été effectués au fur et à mesure de la fouille et tamisés à l'eau suivant la même procédure.

Les battitures sont très peu abondantes autour des structures de combustion mais se trouvent en très grande quantité dans les dépôts secondaires. Les battitures présentes dans un seau de sédiment provenant des abords des foyers sont environ 5 fois moins nombreuses que dans la même quantité de terre provenant des structures en creux. Deux hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ce phénomène : soit l'arasement des structures a fait disparaître les couches d'occupation contenant les déchets de l'atelier, soit un nettoyage systématique et régulier des sols de travail a été effectué au cours du fonctionnement du site, y compris au moment de la fin de l'activité.

Une zone de plus forte densité de battitures est cependant présente autour de chaque foyer. Si l'on admet que la répartition observée reflète, bien qu'atténuée, la répartition initiale des battitures, les foyers FF4 et FF5 présentent la plus grande quantité de battitures à proximité du coin sud-est de leur structure (fig. 3). Une organisation similaire pourrait être proposée si on attribue la concentration de battitures observée dans la zone du foyer FF3 à l'aire de

	Nombre de seaux tamisés	Battitures plates lisses		Battitures plates boursouflées sur une face		Billes de diamètre > 4 mm		Billes de diamètre < 4 mm		battitures informes		**Nombre total de battitures**
		Nombre	Pourcentage dans le prélèvement	Nombre	Pourcentage dans le prélèvement	Nombre	Pourcentage dans le prélèvement	Nombre	Pourcentage dans le prélèvement	Nombre	Pourcentage dans le prélèvement	
US 3002	2	486	63%	86	11%	8	1%	91	12%	100	13%	**771**
US 3002	2	55	26%	31	14%	5	2%	40	19%	81	38%	**212**
US 3002	2	60	48%	24	19%	1	0,8%	10	8%	31	24%	**126**
Total US 3002	**6**	**601**	**54%**	**141**	**13%**	**14**	**1,2%**	**141**	**13%**	**212**	19%	**1109**
US 3015	2	67	46%	10	7%	11	8%	31	21%	26	18%	**145**
US 3017	1	40	25%	8	5%	1	0,6%	19	12%	90	57%	**158**

Tableau 1 : Proportions des différents types de battitures présents dans les dépôts secondaires.
Table 1: Proportions of the different types of hammer scales present in the secondary deposits.

travail du foyer FF2, situé juste au nord. Dans la mesure où les plus fortes concentrations de battitures se trouvent habituellement autour de l'enclume, ce schéma traduirait une organisation relativement récurrente des différentes zones de travail. Cette disposition des ateliers, avec l'enclume positionnée à la gauche du forgeron lorsqu'il est placé devant un des grands côtés du foyer a été observée dans plusieurs autres ateliers antiques[8].

L'étude typologique et quantitative des battitures a été menée sur les échantillons recueillis dans les dépôts secondaires, la fosse F36[9] et le fossé D53[10] (fig. 3), le matériel y étant plus abondant qu'autour des foyers de forge, la représentativité de l'échantillon a été estimée meilleure. Cependant, le fait d'étudier des déchets en position secondaire ne permet pas de percevoir d'éventuelles zones spécialisées en relation avec certains foyers, mais seulement d'évaluer globalement l'activité des ateliers. Trois types de battitures ont été repérés dans tous les prélèvements : en forme de plaques, en forme de billes, mais aussi des battitures « informes » se présentant sous la forme de grains anguleux. Nous avons distingué les battitures plates lisses sur leurs deux faces et les battitures plates boursouflées sur une face, indication possible de la présence d'une phase vitreuse ayant atteint l'état liquide. Les battitures en billes recueillies dans le tamis de maille 4 mm ont été comptabilisées séparément des battitures en billes recueillies dans le tamis de maille 2 mm (tabl. 1). Les battitures plates sont généralement les plus nombreuses, sauf dans le prélèvement de l'US 3017 où une majorité de scories informes a été identifiée. Dans tous les cas, les battitures plates lisses sont beaucoup plus abondantes que les battitures plates boursouflées et la quasi-totalité des battitures en bille ont un diamètre inférieur à 4 mm.

Les scories en culots

Formés dans le foyer au débouché de l'arrivée d'air, les culots correspondent à une accumulation de déchets (battitures, adjuvants, charbon, fragments de parois…) tombés dans le foyer durant les différentes étapes de travail. On considère qu'ils correspondent à une phase unique, entre le moment où le forgeron allume et le moment où il éteint le foyer, c'est-à-dire au maximum à une journée de travail. Les culots mis au jour à Touffréville ont été dénombrés et classés par types en fonction de leurs caractéristiques macroscopiques (morphologie, magnétisme, densité etc). Ces indices peuvent, dans le cadre d'une première approche, refléter

8. A Rom (Deux-Sèvres), cf. Dabas *et al.*, 2002, et probablement à Vieux (Calvados), cf. Dieudonné-Glad 2006.
9. US 3002 et 3015.
10. US 3017.

des opérations différentes. Par la suite, l'identification, par l'analyse archéométrique, de la nature et de l'organisation des éléments accumulés dans ces culots permet de préciser ces informations.

Les culots entiers recueillis pendant la fouille sont au nombre de 110. Deux principaux types ont été distingués : le type SDG/SFR (pour scories denses grises/scories ferreuses rouillées ; 54 exemplaires – fig. 7) correspond à des culots massifs et denses de couleur marron à brunâtre, dont certains sont magnétiques. Le type SAS (scories argilo-sableuses ; 56 exemplaires – fig. 7) regroupe des culots légers et peu denses, de couleur blanche à jaunâtre, d'aspect boursouflé, montrant en surface de nombreux éléments argilo-sableux et qui ne sont pas magnétiques. Globalement, les culots de SDG/SFR sont plus gros et plus lourds que les culots de type SAS (tabl. 2). La masse moyenne d'un culot de type SDG/SFR est de 353 g et celle d'un culot de type SAS de 90 g.

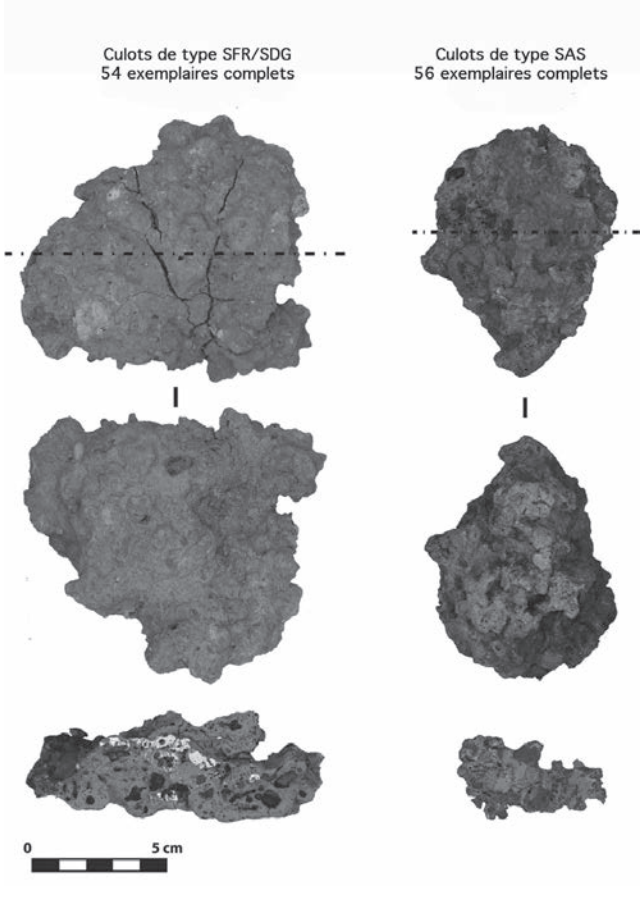

Figure 7 : Caractéristiques macroscopiques des deux types de scories en culots.
Figure 7: Macroscopic characteristics of the two types of hearth bottoms.

Les études typologiques et quantitatives des déchets, mises en relation avec des analyses archéométriques qui suivent permettent de dresser un panorama de la nature et de l'intensité des opérations effectuées par les artisans.

2. Archéométrie des matériaux métallurgiques

Des études archéométriques ont été entreprises sur un échantillon le plus représentatif possible de la totalité des types de rejets de travail identifiés dans l'atelier afin d'établir la nature des activités et l'intensité des travaux effectués. Un échantillon de battitures, neuf produits métalliques et quatorze déchets scorifiés, ont été étudiés par métallographie par Nadine Dieudonné-Glad, Marion Berranger et Philippe Fluzin (Berranger, Fluzin, 2006). Le protocole adopté (Mangin, 2004 : 159-160) consiste, après prises de vues macroscopiques et enrobage à froid, en l'observation au microscope métallographique de sections complètes polies avec des abrasifs de granulométrie comprise entre 80 µm jusqu'à la poudre diamantée de 1 µm. Des clichés microphotographiques sont pris pour enregistrer les caractéristiques structurales des déchets étudiés. Pour le métal, les observations sont réalisées avant et après attaque chimique au nital 3 %.

Le métal

Les fragments de métal brut (fig. 8, tabl. 3)

Deux fragments d'aspect informe ont été étudiés à l'échelle microscopique (TF1 et TF3). Leurs sections comprennent une forte proportion (supérieure à 30 %) de vides plus ou moins déformés (replis) et des inclusions non métalliques centimétriques. Un enrichissement en carbone en périphérie de certaines porosités est observé sur l'un des exemplaires (TF3). Il s'agit d'un héritage de l'opération de réduction, durant laquelle les porosités, qui contenaient du charbon de bois, ont joué le rôle de puits de diffusion gazeux. La forte carburation de certaines zones (fonte blanche – lédéburite) est une autre caractéristique généralement notée sur des objets à un stade de manufacture peu avancé. En effet, la fonte, dure et cassante, produite accidentellement durant le processus de réduction, est généralement fragmentée, et donc évacuée, durant le processus d'épuration précédant la mise en forme des objets. Les traces de martelage, observées à la surface et à l'intérieur du métal (replis déformés), ainsi que sa décarburation périphérique, indiquent qu'un compactage a été entrepris en maintenant une atmosphère

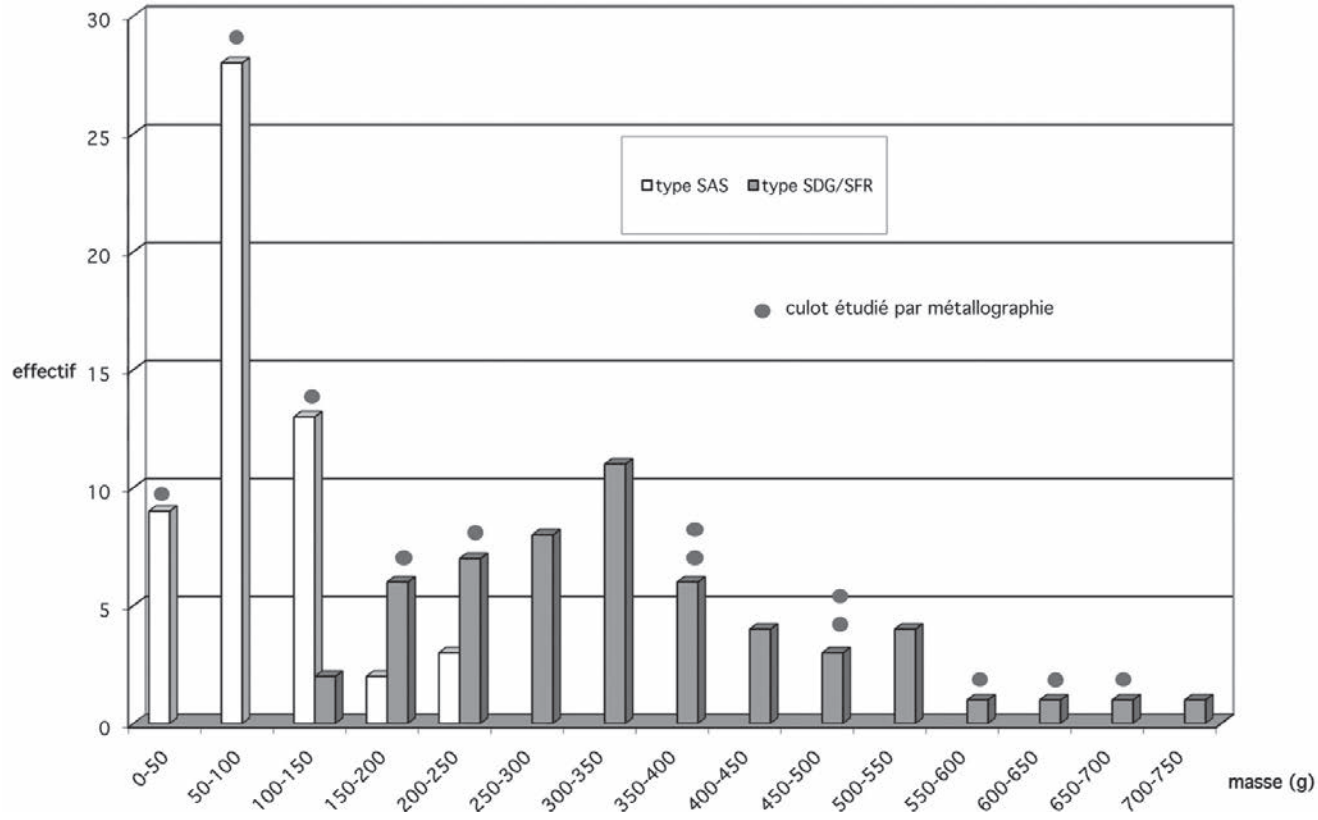

Tableau 2 : Masse des culots de scories entiers.
Table 2: Mass of the whole hearth bottoms.

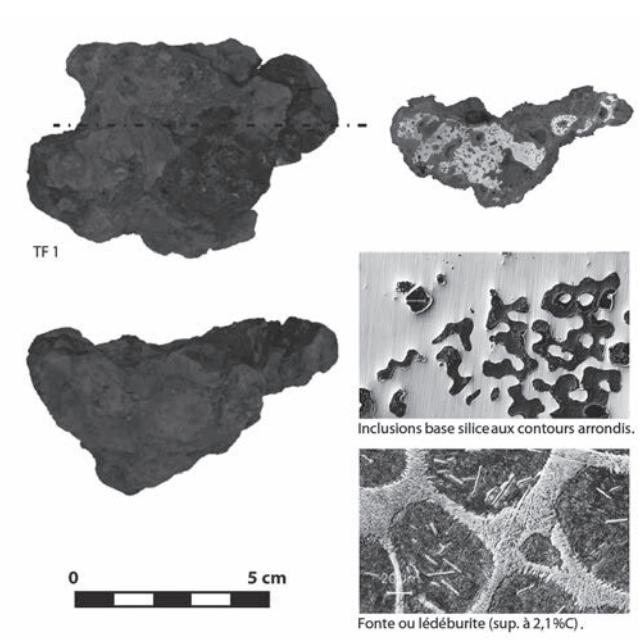

Figure 8 : Fragment de masse brute de réduction : caractéristiques macroscopiques et structurales.
Figure 8: Fragment of bloom: macroscopic and structural characteristics.

oxydante dans le foyer. Il est donc possible d'identifier ces déchets comme des fragments de masses de métal brut, détachés à un stade primaire d'épuration ou de compactage.

Un demi-produit quadrangulaire

Au stade suivant de la chaîne opératoire se rattache un demi-produit de fer (TF 4), complet, d'une masse de 2,5 kg (fig. 9, tabl. 3). Il s'agit d'un parallélépipède rectangle, soit la forme la plus courante des produits intermédiaires de l'époque romaine (Berranger, Fluzin, 2011 ; Pagès, 2010 ; Doswald, 1994). La mise au jour d'un produit semi-manufacturé dans un atelier métallurgique est relativement rare, puisqu'ils sont utilisés comme stock de matière première et généralement transformés en objets. Ce demi-produit a été trouvé, comme c'est le cas pour les autres déchets, en position secondaire dans le remplissage d'un fossé qui s'intègre dans l'un des systèmes d'enclos protohistoriques, mais éloigné de 100 m des foyers de forge. Malheureusement, une excavation profonde, réalisée lors de travaux de la carrière avant l'intervention archéologique, sépare ce fossé du secteur de production, nous privant d'indices sur les liens entre eux, et sur le contexte antique aux abords de ce fossé.

n° inventaire	Qualité inclusionnaire					Nature des inclusions			Tech. mise en forme			Structure - traitement					Identification
	Très médiocre (sup. à 25%)	Mauvaise (25 à 15%)	Moyenne (15 à 10%)	Bonne (10 à 5%)	Excellente (de 5 à 0%)	Porosités/replis	Amorphe	Biphasée (avec fayalite et dendrites de wustite)	Déformation masse unique	Soudure de plusieurs masses	Corroyage par replis successifs	Ferrite (inférieur à 0,02% C)	Acier doux (0,02 à 0,5% C)	Acier riche en C (0,5 à 0,9% C)	Acier très riche en C (supérieur à 0,9% C)	Structures fantômes (P2O5)	
TF 1	■					■		■	■			■	■	■	■		Masse brute
TF 3	■					■		■	■					■	■		Masse brute
TF 4		■				■	■	■	■			■	■	■		■	Demi-produit
TF 3006		■	■			■		■	■			■					Chute
TOUF 1332		■	■						■			■	■				Chute
TF 3017		■	■			■		■		■		■	■	■		■	Chute
TOUF 1333		■	■						■			■	■				Chute
TOUF 3027			■						■			■	■				Chute

Tableau 3 : Synthèse des observations structurales sur les chutes métalliques.
Table 3: Summary table of the structural observations of the metallic waste.

Son attribution à la première phase d'occupation antique ne fait pas de doute cependant, nous permettant de l'associer, avec précaution, au travail de post-réduction. L'étude interne de cet objet révèle une épuration incomplète : les inclusions non métalliques représentent plus de 30 % de la section étudiée. La mise en forme a été relativement simple : l'objet a été obtenu par simple déformation sur elle-même d'une unique masse brute de réduction. Ses qualités structurales (fer peu carburé majoritaire) en faisaient une matière première plutôt adaptée à la fabrication d'objets soumis à de faibles contraintes mécaniques. Les données disponibles ne permettent pas de déterminer s'il s'agit d'un demi-produit fabriqué sur place, comme pourraient le laisser envisager la présence des déchets d'épuration de masses brutes de réduction (cf. *supra*), ou s'il s'agit d'une matière première importée. En effet, l'approvisionnement en métal brut pourrait se justifier par la volonté d'acquérir une matière première non élaborée, moins coûteuse que des demi-produits prêts à l'emploi, ou par l'utilisation de métal brut dont la production aurait été contrôlée par la *villa*.

Les chutes d'élaboration

Une analyse métallographique a été menée sur cinq tiges plates pour déterminer la qualité de ces produits que l'on peut plutôt rattacher aux dernières opérations de forgeage (fig. 10 ; tabl. 3). Les échantillons ont été sélectionnés en fonction de traces de martelage visibles en surface (TOUF3027, TF3006, TF3017) ou de traces de tranche à chaud (TOUF1332, TOUF1333).

Ces chutes contiennent encore une proportion non négligeable d'inclusions : leur teneur en impuretés représente 10 à 20 % des sections étudiées. Bien qu'une grande partie des inclusions de scories subsistantes soient considérablement déformées, certaines restent de taille importante. Le caractère incomplet de l'épuration pourrait résulter de l'arrêt du processus de transformation des pièces rejetées. Ces chutes

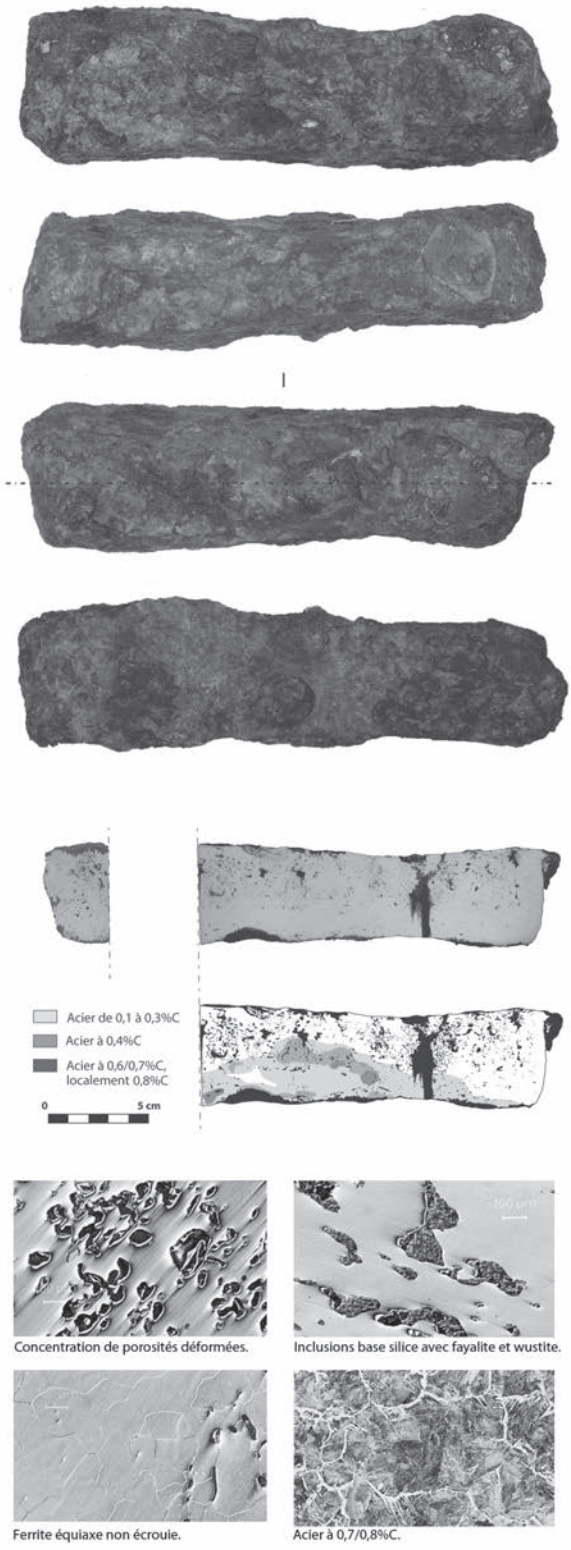

Figure 9 : Le demi-produit TF4 : caractéristiques macroscopiques et structurales.
Figure 9: The semi-product TF4: macroscopic and structural characteristics.

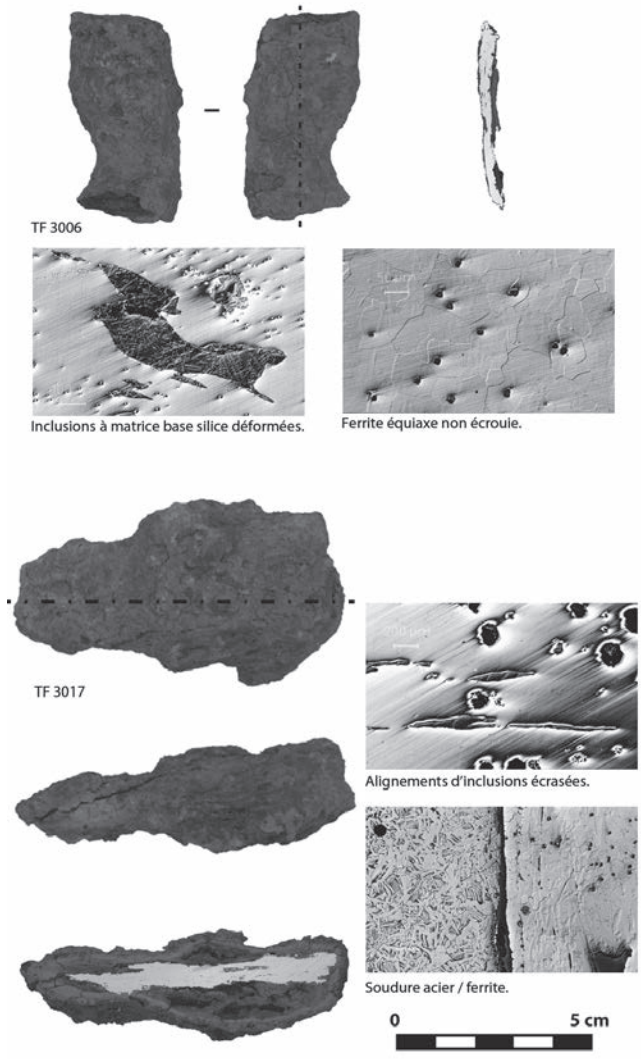

Figure 10 : Les chutes métalliques (chutes de fer plat) : caractéristiques macroscopiques et structurales.
Figure 10: Metallic waste (flattened pieces of iron): macroscopic and structural characteristics.

sont constituées d'un métal de structure hétérogène (fer doux majoritaire et acier) pouvant être un héritage direct du produit brut initial. Une telle hétérogénéité a également été observée sur le demi-produit étudié (TF 4). Deux techniques principales de mise en forme ont été observées : sur deux exemplaires, il s'agit de la déformation d'une masse métallique unique, sur les trois autres on observe des soudures. La fragmentation des chutes ne permet pas de déterminer si ces soudures correspondent à l'assemblage de plusieurs feuilles de métal ou aux replis multiples sur elle-même d'une seule masse de métal.

L'étude des déchets scorifiés complète la restitution des activités pratiquées.

Les déchets scorifiés

Les battitures

Les battitures étudiées par micrographie proviennent de l'US 3002 où elles étaient particulièrement abondantes. Plusieurs battitures de chaque type (5 battitures plates lisses, 4 battitures plates boursouflées, 8 billes et 6 battitures informes) ont été isolées (fig. 11).

Les battitures plates de Touffréville sont essentiellement constituées de magnétite et, dans certains cas, d'une phase vitreuse peu abondante (tabl. 4). D'après C. Dunikowski, la présence d'une phase vitreuse dans les battitures plates témoigne de l'ajout d'un antioxydant siliceux (sable très fin ou barbotine) à la surface du métal en cours de travail (Dunikowski *et al.*, 1996 : 102). Toutes les battitures boursouflées étudiées contiennent cette phase vitreuse, mais seu-

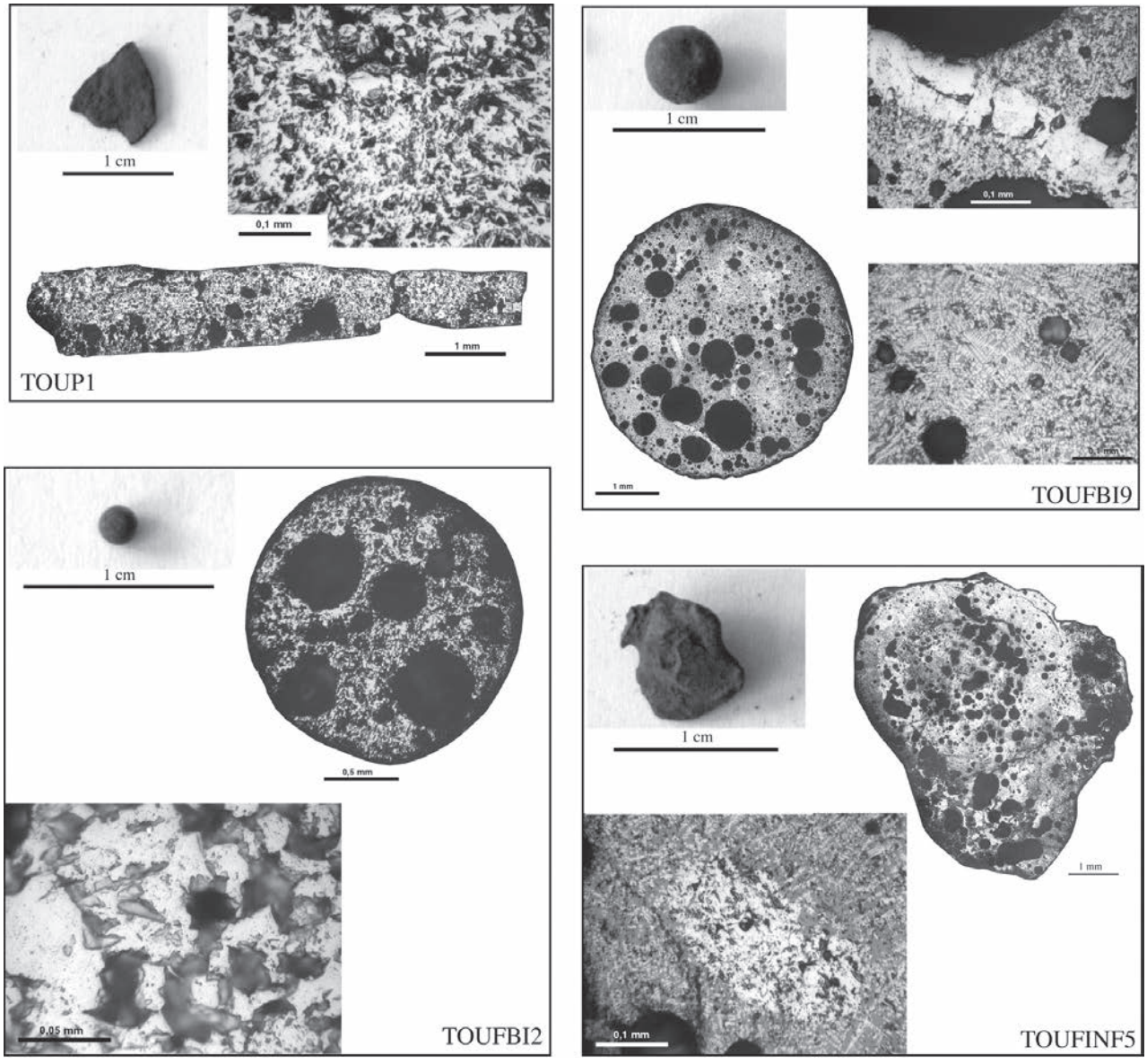

Figure 11 : Caractéristiques structurales des battitures : battiture plate lisse, magnétite massive (TOUP1) ; bille, magnétite massive (TOUFBI2) ; bille, magnétite massive, dendrites de wustite et phase vitreuse peu abondante (TOUFBI9) ; battiture informe, fayalite, dendrites de wustite, magnétite massive et phase vitreuse peu abondante (TOUFINF5).
Figure 11: Structural characteristics of the hammer scales: flat, smooth hammer scale, solid magnetite (TOUP1); spherical hammer scale, solid magnetite (TOUFBI2); spherical hammer scale, solid magnetite, dendritic wustite and an unabundant vitreous phase (TOUFBI9); shapeless hammer scale, fayalite, dendritic wustite, solid magnetite and an unabundant vitreous phase (TOUFINF5).

BATTITURES	wustite	magnétite	fayalite	phase vitreuse
Battitures plates				
lisses				
TOUP 1		■		
TOUP 3		■		▒
TOUP 5		■		▒
TOUP 6		■		
TOUP 7		■		
boursouflées				
TOUEP 1		■		▒
TOUEP 3		■		▒
TOUEP 6		■		▒
TOUEP 7		■		▒
Battitures en billes				
Diamètre < 4 mm				
TOUFBI 2		■		
TOUFBI 3		■		▒
TOUFBI 4		■		▒
Diamètre > 4 mm				
TOUFBI 6		■		▒
TOUFBI 9	■	▒		▒
TOUFBI 7	■		■	▒
TOUFBI 5	▒		■	▒
TOUFBI 10	▒		■	▒
Battitures informes				
TOUEP 5	■		■	▒
TOUFINF 1	▒		■	▒
TOUFINF 3	▒		▒	▒
TOUFINF 4	■		▒	▒
TOUFINF 5	▒	▒	■	▒
TOUFINF 6		■	▒	▒

■ Composant principal

▒ Composant secondaire

Tableau 4 : Synthèse des observations structurales sur les battitures.
Table 4: Summary table of the structural observations of the hammer scales.

lement deux battitures lisses sur les cinq observées. L'étude typologique a montré que les battitures plates lisses sont environ 6 fois plus nombreuses que les battitures plates boursouflées (tabl. 1). Dans l'hypothèse où l'échantillon de battitures observé est bien représentatif du corpus des battitures, environ 70 % des battitures plates ne comporteraient aucune phase vitreuse, ce qui semble montrer que l'antioxydant était rarement utilisé et toujours en faible quantité dans le cadre de la mise en forme des objets fabriqués dans la forge de Touffréville.

Trois battitures en billes sur les huit étudiées[11] contiennent de la fayalite. Ce sont toutes des billes de diamètre supérieur à 4 mm. D'après J.-C. Leblanc (Leblanc, 2002 : 91), seule l'épuration de masses brutes produit des billes de scories contenant de la fayalite, mais pour C. Dunikowski (Dunikowski *et al.*, 1996 : 103) ces cristaux peuvent théoriquement se former à cause d'un excédent de silice en surface de l'objet. Or, comme les battitures plates de Touffréville ne contiennent pratiquement pas de phase vitreuse, il ne semble pas qu'il y ait eu beaucoup d'excédent de silice à la surface des objets. Par ailleurs, dans l'atelier de réduction d'Oulches (Dumasy, Dieudonné-Glad, Laüt, 2010 : 349-359), deux types d'ateliers de forge ont été mis en évidence. Les déchets des premiers sont constitués de fragments de scories de réduction, parfois de très petite taille, associés à des billes de scories constituées de fayalite. Les autres ateliers de forge du site livrent essentiellement des battitures plates et des battitures en billes qui ne sont pas constituées de fayalite. Les billes fayalitiques de Touffréville sont donc peut-être un indice complémentaire de la pratique de l'épuration/corroyage dans les ateliers de forge. L'étude typologique permet d'évaluer l'importance de cette pratique : les billes de diamètre supérieur à 4 mm représentent environ 10 % des battitures en billes et seules 60 % de celles étudiées sont fayalitiques, soit un ordre de grandeur de 6 % de battitures en billes qui contiendraient de la fayalite. À cette aune, la pratique de l'épuration serait donc extrêmement marginale sur le site.

Quatre des battitures informes de Touffréville présentent une structure associant wustite, fayalite et matrice vitreuse. Cette composition est celle des scories de réduction dont des fragments peuvent rester piégés dans la masse de fer brute, mais aussi celle d'un des types de scories en forme de culot recueillis dans les dépôts secondaires de la forge de Touffréville (scories de type SDG/SFR, voir ci-dessous). La présence de magnétite dans deux des échantillons examinés correspondrait cependant plutôt à une formation dans des phases de post-réduction.

Les scories en culot

Les deux types de scories en culots identifiés ont été caractérisés par métallographie. Onze exemplaires du type SDG/SFR, qui présente une plus grande variabilité morphologique et métrologique, ont été étudiés. Trois exemplaires ont été retenus parmi les culots de type SAS, qui sont plus homogènes (fig. 12 ; tabl. 5).

11. TOUFBI 5 TOUFBI 7 et TOUFBI 10.

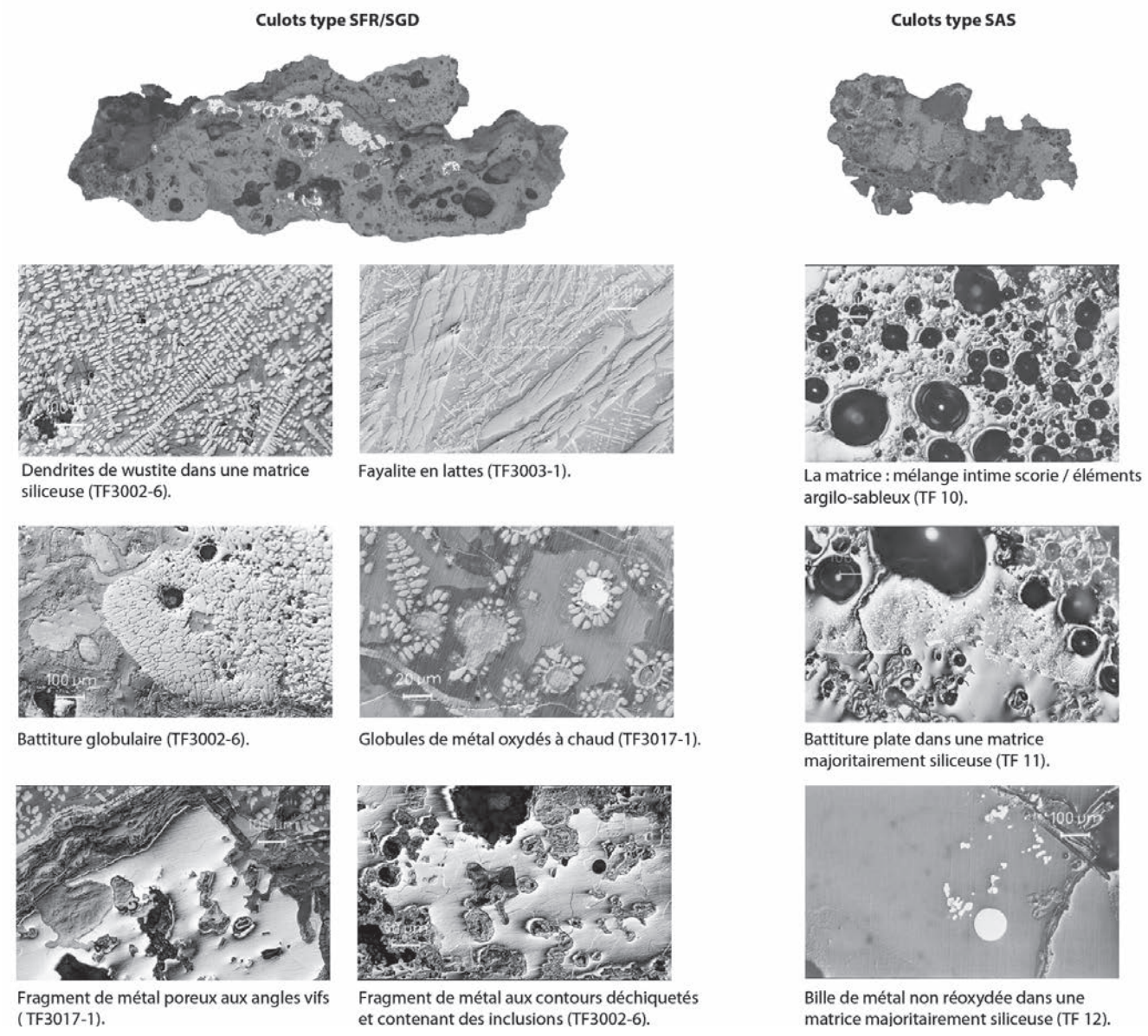

Figure 12 : Les deux types de culots de forge : caractéristiques structurales.
Figure 12: The two types of hearth bottoms: structural characteristics.

Structure des culots de type SDG/SFR

Certains de ces culots[12] contiennent une forte proportion de métal (5 à 15 % de la section). Celui-ci possède une surface déchiquetée et contient de nombreuses inclusions et replis (plus de 30 % des sections métalliques étudiées), ces caractéristiques étant révélatrices d'un martelage peu poussé. Dans certains culots, les fragments de métal sont associés à une faible proportion de wustite, ce qui traduit des pertes très faibles en oxydes de fer. Cette caractéristique pourrait correspondre au cinglage d'une masse métallique dont les surfaces ne sont pas planes, empêchant ainsi la formation de battitures plates (Crew, 1991). Ces culots se seraient donc formés durant l'épuration de masses métalliques brutes.

Néanmoins, la majorité des culots de type SDG/SFR étudiés est à mettre en relation avec un travail de forge d'élaboration d'objets[13]. L'un d'entre eux[14] témoigne d'un travail à partir de demi-produits encore « sales ». Il livre des

12. TF3003-1, TF3002-6, TF2.

13. TF3001-4 ; TF3017-2 ; TF3027-1 ; TF5 ; TF1B ; TF3017-1,TF 8 et TFXX.

14. TF3017-1.

N° échantillon	Type		Matrice base silice				Battitures					Pertes métalliques													Chaîne opératoire	
												Nature						Proportion				Structure				
	SDG	SA	Stratification	Fayalite seule	Fayalite + wustite	Fayalite minoritaire + matrice argilo-sableuse	Battitures plates	Battitures globulaires	Battitures billes	Goutte de fayalite	Taille importante (> 1/2 centimètre)	Gros fragments (> 1/2 centimètre)	Surfaces déchiquetés	Angles vifs	Inclusions / replis dans le métal	Globules, filaments	Billes	Très importante (Plus de 15%)	Importante (15 à 10%)	Moyenne (de 10 à 5%)	Faible (moins de 5%)	Ferrite (inférieur 0,02% C)	Acier hypoeutectoïde à eutectoïde (0,02 à 0,9% C)	Acier hypereutectoïde/fonte (supérieur à 0,9% C)	Epuration	Manufacture d'objets (forge)
TF 3003-1	■			■	■		Absentes					■			■	■				■					■	
TF 2	■				■		Absentes					■	■		■				■	■		■			■	
TF 3002-6	■		■		■			■			■	■	■		■	■			■			■	■		■	■
TF 3017-1	■				■			■	■					■	■	■					■	■	■			■
TF 3001-4	■				■		Absentes					■	■		■		■			■			■			■
TF 3017-2	■				■		■	■						■		■	■				■					■
TF 3027-1	■		■		■		Absentes							■		■	■				■		■			■
TF n°1b	■				■		Absentes														■					■
TF n°5	■				■																■					■
TF n°8	■				■							Absentes														■
TF XX	■											Absentes														■
TF 10		■				■	Absentes					Absentes														■
TF 11		■				■	■					Absentes														■
TF 12		■				■	Absentes										■				■					■

Tableau 5 : Synthèse des observations structurales sur les culots de forge.
Table 5: Summary table of the structural observations of the hearth bottoms.

fragments métalliques contenant encore 5 à 20 % d'impuretés, mais avec un fort taux d'aplanissement des surfaces. En revanche, les petits éclats métalliques bien compactés et les globules de métal également présents sont, quant à eux, davantage caractéristiques d'un travail d'élaboration d'objets. Ce culot semblerait donc refléter une continuité entre la transformation d'une masse métallique aux surfaces déjà régularisées, mais dont l'épuration a été inachevée, et un travail de forge d'élaboration. Les autres culots sont constitués d'une matrice à base de silice contenant de la fayalite et riche en wustite, indiquant des pertes importantes en oxydes. Les battitures individualisées, absentes ou rares, ont pu être dissoutes dans la matrice. Celles observées sont surtout de type globulaire et de dimensions réduites (de l'ordre de quelques microns). Leur taille, généralement proportionnelle à celle de l'objet travaillé, reflète des chocs de faible amplitude sur des objets de petite taille. D'autres culots sont caractérisés par une matrice homogène à base de silice, correspondant à de longs épisodes de chauffe. Ils pourraient indiquer une transformation d'objets de taille importante et/ou majoritairement ferritiques, car moins facilement sujets à brûlures. Les pertes métalliques dans ces culots sont faibles ou nulles pour 5 échantillons et se présentent sous forme de filaments, globules ou billes (moins de 5 % de la section étudiée). L'identification ponctuelle de grains de silice ou de quartz[15] pourrait provenir de la désagrégation de la paroi du foyer ou d'un recours limité à des ajouts, généralement destinés à servir d'antioxydants, notamment durant les opérations de soudure.

Structure des culots de type SAS.

Les trois culots de type SAS analysés[16] présentent des caractéristiques très similaires à l'échelle microscopique. Ils sont constitués quasiment intégralement d'une matrice majoritairement siliceuse, mêlée de produits argileux, tra-

15. TF1, TF5 et TF8.
16. TF10, TF11, TF12.

versée par de très nombreuses porosités rondes de scorie. Ces caractéristiques évoquent un mélange entre produits sableux et argileux lorsque ces deux substances étaient à l'état liquide. L'abondance des culots de ce type indique probablement une opération technique récurrente. Les très fines battitures plates et les pertes métalliques nulles ou très faibles dans ces culots témoignent de leur formation à un stade final d'élaboration. La présence de billes de métal indique l'application de températures suffisamment élevées pour avoir au moins partiellement fluidifié la surface des objets. Malgré ces températures, les indices d'une oxydation à chaud restent anecdotiques. En effet, les scories sont quasiment dépourvues de fayalite et de wustite. Cette absence d'oxydation à chaud pourrait donc indiquer l'emploi d'un liquide épais, de nature argilo-sableuse, appliqué en surface des objets, afin de créer une pellicule isolante destinée à empêcher l'oxydation à chaud du métal. Cette technique est d'ailleurs encore utilisée actuellement par les artisans japonais fabriquant les lames de sabre, mais, dans ce cas, avant leur mise en forme par replis successifs (Merluzzo *et al.*, 1995 : 77).

3. Essai de caractérisation du travail des artisans et d'évaluation de la production

Nature des activités

L'étude des déchets métallurgiques mis au jour à Touffréville permet de reconnaître des activités de post-réductions variées : pratique ponctuelle de l'épuration de masses brutes de réduction, et surtout, mise en forme d'objets manufacturés. En effet, le tableau 5 montre que seuls 3 des 11 culots de type SDG/SFR étudiés présentent des indices de la pratique de l'épuration, soit, si l'échantillon étudié est représentatif du corpus, une proportion d'environ 25 %. Or les scories de type SDG/SFR ne représentent que 20 % des scories recueillies sur le site (tabl. 6). L'activité d'épuration serait donc perceptible dans environ 5 % des culots mis au jour. Ce chiffre est du même ordre de grandeur que celui qui a été calculé à partir de l'étude des battitures. La mise en forme d'objets manufacturés représenterait donc environ 95 % de l'activité de la forge de Touffréville. L'identification d'indices de travaux de natures différentes au sein d'un même culot ne laisse pas supposer de spécialisation des tâches au sein des ateliers. Dans l'ensemble, l'étude des éléments métalliques a permis de reconnaître des objets peu durs et donc ductiles, car majoritairement constitués de ferrite. Les techniques de mise en forme ne témoignent pas de l'utilisation de procédés particulièrement complexes : les éléments étudiés sont relativement mal épurés et ont presque tous été obtenus par simple écrasement de la masse de métal sur elle-même. À ce stade du diagnostic, ces caractéristiques ne plaident pas pour l'hypothèse de forges alimentant un marché spécialisé.

Pourtant l'homogénéité typologique des culots, par l'identification de seulement deux types (SDG/SFR et SAS), indique la pratique d'activités relativement standardisées. La maîtrise de techniques d'une certaine complexité est attestée par la réalisation, restant néanmoins très marginale, de l'épuration de masses brutes de réduction. Il s'agit d'une opération longue qui doit être bien contrôlée si l'on veut éviter

	masse de fragments de culots de type SGD/SFR (kg)	masse de culots entiers de type SGD/SFR (kg)	masse de fragments de culots de type SAS (kg)	masse de culots entiers de type SAS (kg)
Fosse F36 fouillée	21,16	11,69	22,27	1,74
Fosse F36 totale estimée	84,64	46,76	89,07	6,94
Fossé D53 fouillé	15,45	7,08	23,42	2,13
Fossé D53 total estimé	209	96	316	29
TOTAL	293	142	405	36

Nombre estimé de culots de type SGD	1234	masse moyenne d'un culot de type SGD	0,353 kg
Nombre estimé de culots de type SAS	4899	masse moyenne d'un culot de type SAS	0,09 kg
TOTAL	6133		

Tableau 6 : Évaluation de la quantité de déchets de forge présents sur le site de Touffréville.
Table 6: Evaluation of the quantity of forge waste present on the Touffréville site.

des pertes métalliques importantes. Cette maîtrise technique des forgerons de Touffréville dans la mise en forme d'objets s'illustre plus particulièrement par une volonté apparente de contrôle de l'oxydation à chaud. En effet, l'hypothèse de l'emploi, assez systématique, d'ajouts argileux, permet d'identifier une pratique spécifique et répétitive. Il ne s'agit pas d'un procédé démontrant, en lui-même, l'acquisition d'un savoir-faire complexe. Son emploi récurrent reflète, en revanche, une recherche de maîtrise de l'oxydation de la surface des objets fabriqués, par l'application systématique d'une « recette ». L'image d'une uniformité des pratiques est également documentée par les culots de type SAS, qui représentent 80 % du corpus des déchets scorifiés, et qui témoignent d'une certaine spécialisation des tâches durant les dernières étapes de forgeage à chaud. La répétitivité de pratique dont témoignent ces déchets s'avère en inadéquation avec l'image d'une forge destinée à répondre aux besoins diversifiés de la seule *villa*.

Proposition d'évaluation de l'intensité des activités

Une évaluation de l'intensité de l'activité peut être tentée grâce au dénombrement des culots de forge (tabl. 6). Cette donnée peut être extrapolée à partir des données de fouille. En effet, les deux principaux dépotoirs, la fosse F36 et le fossé D53 ont été partiellement fouillés (1/4 du volume de la fosse et 1/13 du fossé). Le calcul a été conduit sur les culots entiers et les fragments de culots des deux types identifiés. La masse totale des scories de type SDG/SFR est pratiquement identique à celle des culots de type SAS, environ 440 kg. Mais les culots de type SAS étant beaucoup plus légers, en moyenne, que les culots de type SDG/SFR (90 g contre 353 g), le nombre estimé de culots de type SDG/SFR produits durant l'activité de l'atelier est 4 fois moindre que celui des culots de type SAS (environ 1 250 contre 4 900). Si l'on admet que chaque culot correspond à une séquence de travail, les culots de type SAS sont plus représentatifs de l'activité quotidienne dans l'atelier que ceux de type SDG/SFR. Quoi qu'il en soit, on peut évaluer à environ 6 200 le nombre d'opérations effectuées dans l'atelier de Touffréville. Ce chiffre, comparé aux 366 calottes et fragments de calottes recueillis lors de la fouille de l'atelier F104 de Blessey-Salmaise en Côte-d'Or (Mangin *et al.*, 2000 : 243 et 247) qui aurait fonctionné, d'après les données céramiques, de la fin du Ier s. à la fin du IIIe siècle (Mangin *et al.*, 2000 : 154), montre une activité plutôt intense à Touffréville, dont l'atelier n'a fonctionné que pendant environ 50 ans. En effet, la production de 6 200 scories en culot en 50 ans correspondrait à environ 120 jours de travail par an, soit un jour sur trois en moyenne. À l'inverse, si l'on suppose que la forge a fonctionné de manière continue, 5 jours par semaine pendant 52 semaines par an, sa durée d'activité a été d'environ 40 ans, ce qui reste finalement du même ordre de grandeur. Ces chiffres ne sont cependant valables que si l'on admet que seul un culot est formé par jour de travail et que les foyers présents sur le site ont été utilisés successivement et non simultanément, ce que la stratigraphie ne permet pas de déterminer.

Une autre approche quantitative peut être tentée afin d'estimer approximativement les masses de métal travaillées. Il faut néanmoins garder à l'esprit, lors de l'interprétation, que toutes les activités ne génèrent pas forcément des déchets (travail à froid ou à basse température par exemple), et que les pertes en oxydes et métal varient, au sein d'une même scorie, en fonction des types de travaux réalisés au cours de la séquence de travail. Les analyses élémentaires menées sur d'autres corpus de culots de scories (Anderson *et al.*, 2003 : fig. 206) montrent que la masse des scories de type SDG est constituée de 45 à 55 % de fer tandis que les scories de type SFR en contiennent de 60 à 70 %. La masse de fer contenue, donc perdue, dans les scories SDG/SFR de Touffréville peut être évaluée de 45 % à 70 % de la masse de la scorie. Les mêmes études indiquent que pour les scories SAS, c'est une valeur de 5 à 15 %. Les 440 kg de scories SDG/SFR de Touffréville contiendraient de 200 à 300 kg de fer environ, tandis que les 440 kg de scories SAS en contiendraient entre 22 et 66 kg, soit un total de métal perdu de l'ordre de 200 à 350 kg[17]. Diverses expérimentations (Sim, 1998 : 66, 68, 69 ; Orengo *et al.*, 2000 : 129 ; Leblanc, 2002 : 79-80 ; Pleiner, 1993 : 75-76) montrent que les pertes métalliques lors de la mise en forme d'un objet à partir d'un demi-produit varient de 10 % à 25 % de la masse métallique traitée. Cette perte se partage entre le culot de forge et les battitures. Il est possible d'évaluer la masse minimale d'objets forgés à Touffréville entre 600 kg et 3 150 kg, soit un ordre de grandeur de 12 kg à 63 kg par an sur 50 ans (durée maximale de fonctionnement de l'atelier). Cette valeur est à mettre en rapport avec la masse d'un couteau, environ 40 g ou celle d'un clou, environ 5 g, dans la mesure où la production semble plutôt orientée vers la mise en forme de petits objets.

Le croisement des données quantitatives et qualitatives permet de proposer que la forge de Touffreville, répondant nécessairement aux besoins de l'établissement agricole, ait également eu vocation à produire au-delà de ses seuls besoins internes. Cette hypothèse permet également de mieux comprendre, outre la surface non négligeable cou-

17. C'est exactement le même ordre de grandeur que celui retenu pour la forge de Châbles (Anderson *et al.*, 2003, p. 169).

verte par l'atelier (plus de 100 m²), la multiplication des espaces de travail au sein de la forge (quatre espaces identifiés). Les matériaux élaborés dans l'atelier de Touffreville, tels qu'ils sont documentés à partir des chutes de métal, ne témoignent pas de la production d'éléments de qualité exceptionnelle. Néanmoins, ni une épuration excellente, ni la présence d'acier ne sont indispensables pour tous les types de productions.

L'activité est comprise dans une phase d'occupation prospère, bornée chronologiquement par des bâtiments et dépotoirs augustéens (Simon *et al.*, 2002 : 11-50) et une grande phase de construction de bâtiments maçonnés à l'époque flavienne ; un hiatus existe donc entre la fin de l'activité de la forge et cette phase de construction qui aurait pu expliquer une demande forte d'objets en fer. Il s'avère cependant que si l'habitation principale de la première phase antique est bien augustéenne, les *terminus post quem* pour la construction d'autres bâtiments importants (5 et 8) de cette phase sont tibéro-claudiens. Les soubassements de ces bâtiments emploient des pierres calcaires liées à l'argile, mais les élévations et les cloisons internes sont en bois et terre, utilisant de nombreux éléments en fer. La forge répond, logiquement, aux besoins d'un domaine rural en pleine expansion, biens de consommation et éléments de construction propres à l'établissement. Dans cette période de développement, la demande liée à la construction et la maintenance des bâtiments était certainement forte, et complémentaire de celle découlant des activités agricoles. Pour autant, une vente ponctuelle ou partielle de la production ne peut être totalement exclue.

En postulant une diffusion de la production d'objets en fer – même partielle ou ponctuelle – au-delà du *fundus*, la question du marché se pose. L'établissement rural de Touffréville se situe à environ 25 km d'*Aregenua*, capitale de la cité des Viducasses, et l'agglomération secondaire la plus proche, Bréville-les-Mons, situé à seulement 4 km au nord du site, ne semble se développer qu'à partir du IIe siècle apr. J.-C. En revanche la carte archéologique montre, dans la Campagne de Caen qui se développe au pied du coteau où est installé le site de Touffréville, un paysage constellé d'établissements ruraux[18] à la fin de la période gauloise et au début de notre ère (Le Gaillard, 2011 : 58-59 ; Duclos *et al.,* 2011 : 142-146). « Fermes indigènes » ou *villae*, la plupart de ces sites est connue par photographie aérienne, mais depuis vingt ans un nombre non négligeable d'entre eux a été exploré lors d'opérations d'archéologie préventive sur la couronne caennaise, confirmant une occupation rurale assez dense au Ier siècle apr. J.-C. Ayant écarté l'hypothèse d'une production d'objets à haute valeur ajoutée, les déchets de Touffréville montrent néanmoins une forme de spécialisation de par la répétition de méthodes et de « recettes ». Ne peut-on pas imaginer alors que cette production, de qualité moyenne mais abondante et polyvalente, ait été déclinée à une échelle plus importante pour irriguer les sites ruraux alentour, ayant les mêmes besoins diversifiés que Touffréville (petit outillage, éléments de construction) ? Un chemin orienté nord-sud reliant l'embouchure de l'Orne à l'intérieur des terres passe très près du site. Ce chemin a pu servir pour la diffusion d'une partie de la production, notamment vers les fermes de la plaine, mais aussi vers la mer où le cabotage reste une possibilité de transport local.

L'activité métallurgique consolide avec force le caractère dynamique de l'occupation dont témoigne l'ensemble de la documentation archéologique. La demande d'objets en fer reflète à son tour la vitalité des autres activités conduites (construction, activités artisanales et agricoles…), et suppose l'emploi d'une main-d'œuvre qualifiée. L'organisation et le fonctionnement de la forge impliquent donc un investissement que le propriétaire ou régisseur estime économiquement rationnel.

On constate que Touffréville, établissement rural des confins Nord-Ouest de l'Empire, est doté précocement de tous les attributs des *villae* classiques à l'exception des emblématiques constructions en pierre liées au mortier, qui apparaîtront plus tard, pendant le troisième tiers du Ier siècle apr. J.-C. Il s'agissait sans aucun doute d'un établissement de statut élevé, véhiculant une conception de la « romanité » traduite par la construction, les aménagements de confort, les biens matériels et alimentaires consommés, et l'organisation efficace des nombreuses activités pratiquées.

Remerciements

Une première fouille préventive a été financée par l'entreprise Calcia, propriétaire de la carrière d'argile où le site archéologique a été découvert. Ensuite toutes les recherches ont été financées à part égale par le ministère de la Culture et de la Communication et le conseil général du Calvados. Les plans ont été réalisés par Jean-Yves Lelièvre, Sophie Pillault et Nadine Dieudonné-Glad. Un remerciement tout particulier pour tous les fouilleurs bénévoles de la zone de forge en 2003.

18. Consultation de la Carte archéologique régionale, DRAC Basse-Normandie.

Bibliographie

Anderson T.J., Agustoni C., Duvauchelle A., Serneels V., Castella D., 2003. *Des artisans à la campagne, carrières de meules, forge et voie gallo-romaines à Châbles* (Fribourg, Suisse).

Baudry A., 2002. *Etude Archéozoologique du site protohistorique et antique de Touffréville*. mémoire de Maîtrise sous la direction de V. Defente-Challet et J.-H. Yvinec, université de Rennes II, 2 vol.

Berranger, M., Fluzin, P., 2006. *Premiers résultats des analyses métallographiques réalisées sur les déchets métallurgiques provenant de Touffreville « La Saussaye » (14).* Document dactylographié déposé au Service Départemental d'Archéologie du Calvados.

Berranger M., Fluzin P., 2011. Du métal brut au demi-produit : propriétés et modes de circulation des matières premières ferreuses. *In* M. Reddé, P. Barral, F. Favory, J.-P. Guillaumet, M. Joly, J.-Y. Marc, P. Nouvel, L. Nuninger, C. Petit (dir.). *Aspects de la Romanisation dans l'Est de la Gaule* : 877-886.

Berranger M., Fluzin P., 2013. Structuration et contexte des échanges en métallurgie du fer durant la protohistoire. Une approche interdisciplinaire à partir des matières premières métalliques. In *Mobilité des hommes, diffusion des idées, circulation des biens dans l'espace européen de l'âge du Fer.* Actes du XXXVe colloque de l'Association Française pour l'Étude de l'Âge du Fer, Bordeaux 2-5 juin 2011 : 609-629.

Charlton M., 2006. *Ironworking in Northwest Wales : an evolutionary analysis*. Thèse, University of London, Institute of archaeology, University College.

Coulthard N., Demarest M., Jardel K., 2005. Deux forges de la cité des Viducasses. In *Les Arts du Feu.* Congrès des Sociétés Historiques et Archéologiques de Normandie, t. 10 : 256-284.

Coulthard N., 2008. Craftwork considered in the context of the evolving social and economic structure of a Roman villa: Touffréville, (Calvados, Normandy). *La Revue suisse d'Art et d'Archéologie (RAA),* cahiers 1-2 : 109-112.

Coulthard, N., 2011. L'établissement rural de Touffréville (Calvados) à La Tène finale. In *L'Âge du fer en Basse-Normandie, Gestes funéraires en Gaule au Second Âge du fer*. Actes du XXXIIIe colloque international de l'AFEAF (Caen, 20-24 mai 2009), Presses universitaires de Franche-Comté, vol. I : 175-184.

Crew P., 1991**.** The experimental production of prehistoric bar iron. *Historical metallurgy*, 25-1 : 21-36.

Dabas M., Dieudonné-Glad N., Poirier P., 2002. Caractérisation des structures d'une forge antique : approche archéologique, géophysique et anthracologique. *Revue d'Archéométrie*, 26, 2002 : 141-154.

Demarest M., 2002. *Etude du mobilier métallique du site gaulois et gaulois et gallo-romain de Touffréville « La Saussaye » (Calvados).* Mémoire de maîtrise, université de Tours.

Dieudonné-Glad N., 2006. *Rapport de l'étude paléométallurgique d'une forge découverte dans le quartier du théatre à Vieux (Calvados).* Rapport déposé au Service Départemental d'Archéologie du Calvados.

Doswald C., 1994. Les lingots de fer en Europe occidentale : problématique générale. *In* M. Mangin (dir.). *La sidérurgie ancienne de l'est de la France dans son contexte européen* : colloque de Besançon, 10-13 novembre 1993, Paris : 333-343.

Duclos C., Jeanne L., Paez-Rezende L., 2011. De la fin de la Tène au début du Haut-Empire. *In* N. Coulthard (dir.). *Bilan de la recherche archéologique en Basse-Normandie 1984-2004 Vol. II, L'Antiquité* : 142-145.

Dumasy F., Dieudonné-Glad N., Laüt L., 2010. *Travail de la terre, travail du fer, l'espace rural autour d'Argentomagus*. Ausonius Editions.

Dunikowski C., Leroy M., Merluzzo P., Ploquin A., 1996. L'atelier de forge gallo-romain de Nailly (Yonne) : contribution à l'étude des déchets de production. *Revue Archéologique de l'Est,* 47 : 97-121.

Duvauchelle A., 2005. *Les outils en fer du Musée Romain d'Avenches*. Documents du Musée Romain d'Avenches, 11.

Fluzin P., 1994. Interprétation des études métallographiques des scories, recherche d'éléments discriminatoires. *In* M. Mangin (dir.). *La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen, archéologie et archéométrie.* Actes du colloque de Besançon, 10-13 novembre 1993, Paris, Les Belles Lettres (Annales littéraires de l'Université de Besançon 536) : 24-30.

Fluzin P., 2002. La chaîne opératoire en sidérurgie : matériaux archéologiques et procédés. Apport des études métallographiques. *In* Bocoum, H. (dir.). A*ux origines de la métallurgie du fer en Afrique.* Editions Unesco, 2002 : 59-92.

Fluzin P., Berranger M., Bauvais S., Pagès G., Dillmann P., 2012. An archaeological and archaeometrical approach of ferrous semi-product: typology, quality, and circulation. *In* C. Cucini (dir.). *Acta mineralia et metallurgica. Studi in onore di Marco Tizzoni* (Notizie Archeologiche Bergomensi, 20) : 195-204.

Leblanc J.-C., 2002. *Sur l'identification de la chaîne opératoire de forgeage du fer antique, associé à l'archométrie des battitures*. Thèse de l'université de Toulouse III.

Mangin M. (dir.), 2004. *Le fer.* Errance, Paris.

Le Gaillard L., 2011. Les exploitations agricoles. In N. Coulthard (dir.). *Bilan de la recherche archéologique en Basse-Normandie 1984-2004 Vol. II, L'Antiquité* : 58-59.

Mangin M., Courtadon J.-L., Fluzin P., Laclos E., 2000. *Village, forges et parcellaire aux sources de la Seine.*

L'agglomération antique de Blessey-Salmaise (Côte d'or). Annales littéraires de l'université de Franche-Comté 700.

Manning W.H., 1985. *Catalogue of the Romano-British Iron Tools, Fittings and Weapons in the British Museum.* British Museum Publications, London.

Merluzzo P., Forrières C., Thouvenin A., Ploquin A., 1995. Les premières étapes du travail du fer en foyer de forge, selon des procédés traditionnels japonais. *In* P. Benoît, P. Fluzin, (dir.). *Paléométallurgie du fer et cultures.* Actes du Symposium international du comité pour la sidérurgie ancienne, Belfort-Sévenans 1-3 novembre 1990 : 71-86.

Nosek E., 1994. The metallography of the gromps. *In* M. Mangin (dir.). *La sidérurgie ancienne de l'est de la France dans son contexte européen, archéologie et archéométrie.* Actes du colloque de Besançon, 10-13 novembre 1993. Paris, Les Belles Lettres (Annales littéraires de l'Université de Besançon 536) : 65-73.

Orengo L., Bonnon J.-M., Bévilacqua D., 2000. L'emploi des blocs-tuyères dans les forges antiques du centre de la Gaule (Auvergne, Lyonnais et Forez au Deuxième âge du fer et à l'époque romaine) Découvertes archéologiques et expérimentations. *In* M. Feugère, M. Guustin (dir.). *Iron, Blacksmith and Tools. Ancient European Crafts,* acts of the Instrumentum Conference at Podsreda (Slovenia) in April 1999 (Monographies instrumentum 12).

Pagès G., 2010. *Artisanat et économie du fer en France méditerranéenne de l'Antiquité au début du Moyen Âge : une approche interdisciplinaire*. (Monographies Instrumentum n° 37).

Pleiner R., 1993. *The Celtic Sword*, Oxford.

Reymond S. (dir.), 2009. *La villa romaine du Buy et sa forge. Dernières découvertes à Cheseaux, Morrens et Etagnières (Canton de Vaud, Suisse)*. Cahiers d'Archéologie Romande 115.

Serneels V., 1993. *Archéométrie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale*. Cahiers d'archéologie romande 61.

Sim D., 1998. *Beyond the Bloom*. BAR IS 725. Oxford.

Simon L., Jardel K., Mortreau M., 2002. Première approche des horizons céramiques de la plaine de Caen (Calvados), de la conquête à l'époque claudienne. *SFECAG – Actes du Congrès de Bayeux, 9-12 mai 2002* : 11-50. SFECAG, Marseille.