



HAL
open science

Les chaînes opératoires de production dans les forges hallstattiennes de Talant “ La Peute Combe ” (Côte-d’Or)

Régis Labeaune, Marion Berranger, Émilie Dubreucq, Christophe Dunikowski

► **To cite this version:**

Régis Labeaune, Marion Berranger, Émilie Dubreucq, Christophe Dunikowski. Les chaînes opératoires de production dans les forges hallstattiennes de Talant “ La Peute Combe ” (Côte-d’Or). Stéphane Marion; Sylvie Deffressigne; Jenny Kaurin; Gérard Bataille. Production et proto-industrialisation aux âges du Fer : perspectives sociales et environnementales. Actes du 39e colloque international de l’Association française pour l’étude de l’âge du Fer (Nancy, 14-17 mai 2015), Mémoires (47), Ausonius Éditions, pp.383-402, 2017, 978-2-35613-189-8. <halshs-01624568>

HAL Id: halshs-01624568

<https://shs.hal.science/halshs-01624568v1>

Submitted on 4 Feb 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Les chaînes opératoires de production dans les forges hallstattiennes de Talant “La Peute Combe” (Côte d’Or)

Régis Labeaune, Marion Berranger, Émilie Dubreucq et Christophe Dunikowski

Situé à l’ouest de Dijon, l’habitat de la *Peute Combe* a été découvert dans le cadre des travaux d’aménagements de la liaison routière nord-ouest de l’agglomération dijonnaise¹. Cette opération, réalisée en 2009, sur une surface de 8 000 m² avait révélé une importante concentration de vestiges archéologiques au fond d’un vallon étroit orienté nord/sud, dont les versants sont abrupts (fig. 1). L’érosion des pentes et le ruissellement constituent les facteurs principaux de l’accumulation de sédiments qui a permis une préservation exceptionnelle du site le protégeant ainsi des labours ou de toute autre destruction postérieure. Cette sédimentation atteint une moyenne de 1,50 m depuis le ^v^e siècle a.C.

L’organisation du village a été fortement conditionnée par ce cadre topographique. En effet, la combe ne mesurant qu’une quarantaine de mètres de large, les constructions se sont installées dans sa longueur formant ainsi un “village rue”. Quatorze maisons ont pu être identifiées lors de la fouille. Leurs plans sont difficiles à observer car, même si la majorité des trous de poteaux porteurs subsiste grâce à leur profondeur, les cloisonnements internes et périphériques restent lacunaires. En effet, le terrain étant en cuvette, afin d’asseoir un niveau de sol plat, la partie est des bâtiments était creusée dans les flancs de la colline tandis que la partie ouest, quant à elle, était surélevée et a subi une érosion plus importante.

LES STRUCTURES LIÉES AU TRAVAIL DU MÉTAL

Au centre du village, le bâtiment 5 avait une architecture et une fonction particulière (fig. 2). Cet édifice, identifiable comme un atelier, est très difficilement restituable en détail. Seule la façade sud est bien délimitée par une rangée de poteaux. Une bipartition en deux travées, marquée par une petite dépression (cloisonnement interne) proche du carré semble nette. Dans chaque espace se trouve un foyer sur lequel pouvait s’effectuer les différentes étapes du travail du métal. La partie sud était entourée par des “murets” de pierres sèches qui pouvaient servir de protection aux cloisons en torchis lors de cette étape. Le remplissage central de cette pièce se compose d’une couche très cendreuse gris blanc formant le “cœur” de la forge. En revanche, les structures délimitant la partie nord du bâtiment sont très ténues. Un foyer situé au nord est bordé par trois pierres sur champ contre laquelle vient s’appuyer une sole en terre cuite semi-circulaire d’1 m de long pour une largeur de 0,65 m. Elle est très bien conservée en son centre et contre le muret, car elle a subi une chaleur très élevée, qui l’a durcie et lui a donné une couleur gris bleuté sur 7 cm d’épaisseur. Sous cette aire de chauffe a été découvert un radier de petites pierres qui formait l’assise de la sole (fig. 2, US 2271). Lors de la fouille, de nombreuses battitures, tiges de fer et coulées de bronze ont été recueillies à proximité de ce dernier démontrant que ce foyer était dédié au travail aussi bien du fer que des alliages cuivreux.

Un second foyer aménagé a été découvert dans le bâtiment 13, au sud du site (fig. 2, US 2465).

Le côté sud du foyer était fermé par un muret constitué de blocs de calcaire placés sur champ et sa partie chauffée, dont la couleur varie selon l’intensité de chauffe, du bleu au rouge, forme un arc de cercle en plan de 1 m sur 1,20 m. Lors de son démontage, est apparu sous la sole d’argile, un lit de petites pierres calcaires posées à plat et formant une sorte de radier circulaire de 0,90 m de diamètre. Comme pour le foyer précédent, de nombreuses battitures ont été recueillies à moins d’un mètre de la structure permettant d’établir également une relation avec une activité liée au travail du fer.

1. Labeaune & Alix, éd. 2014.

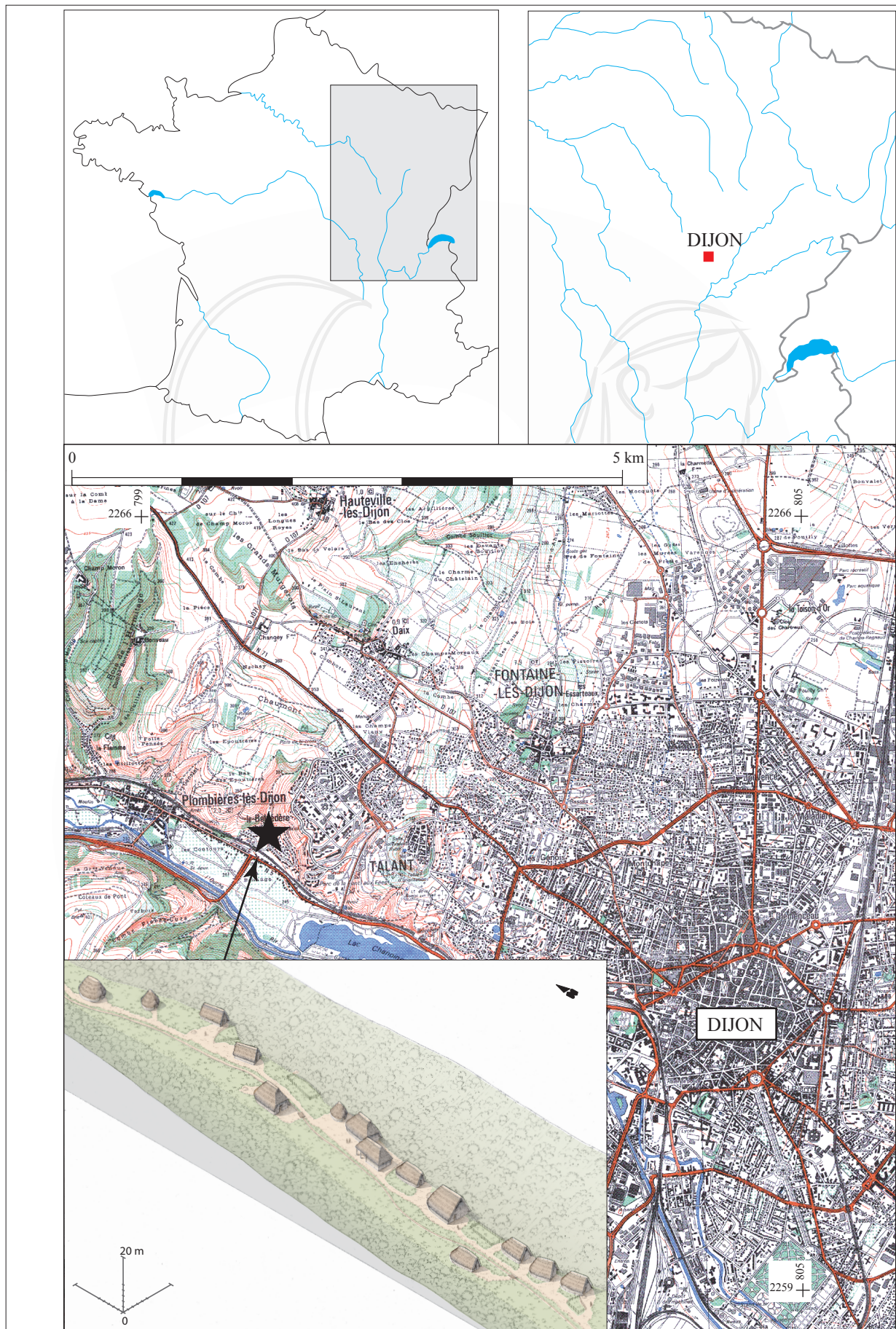


Fig. 1. Localisation du site de Talant *La Peute Combe* (extrait de la carte IGN 50 000^e).

Éléments sous droit d'auteur - © Ausonius Éditions juin 2017

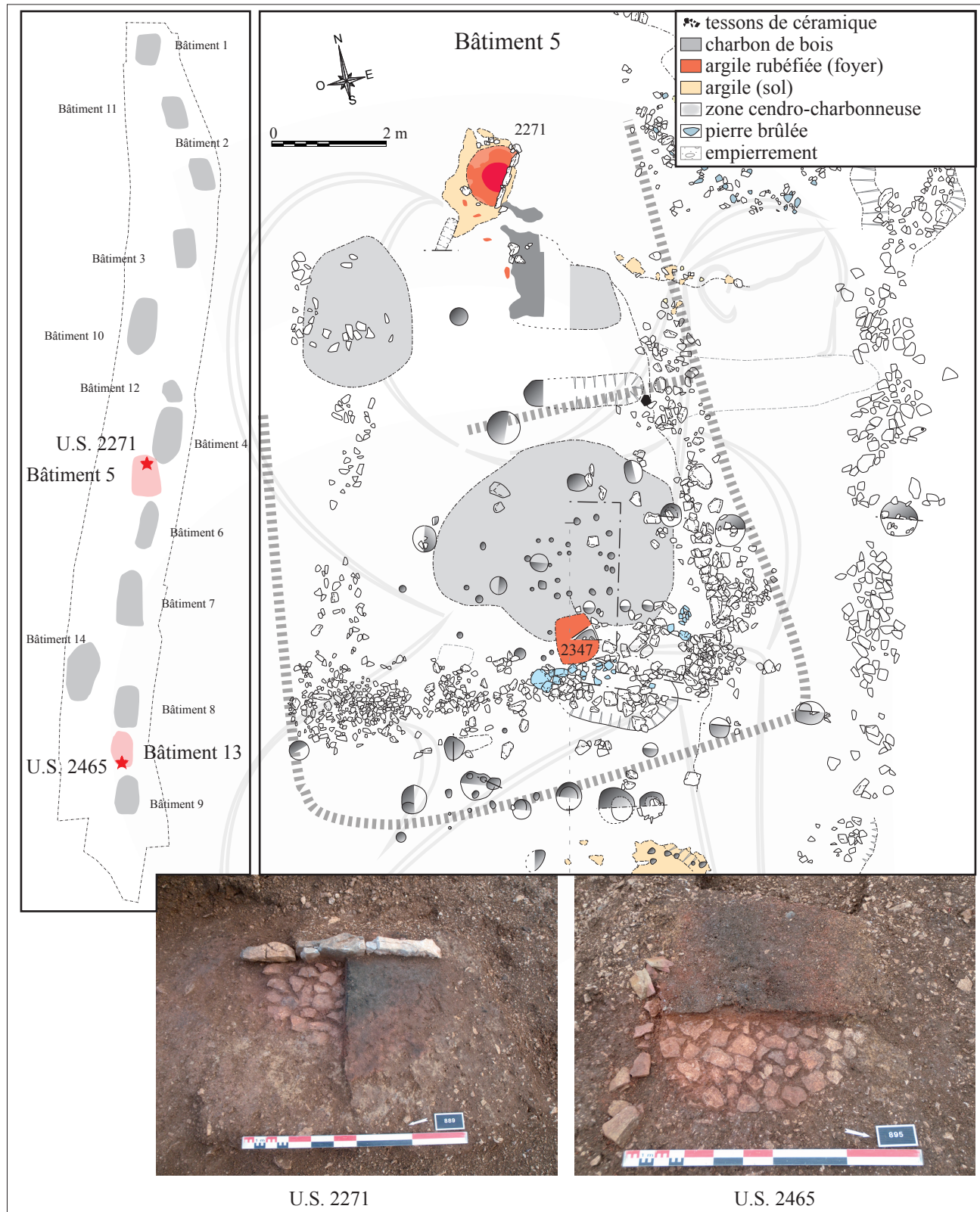


Fig. 2. Présentation des différentes structures métallurgiques repérées sur le site (DAO C. Gaston).

LA RÉPARTITION SPATIALE DES ÉLÉMENTS LIÉS AU TRAVAIL DU FER (FIG. 3)

Lors de la fouille, tous les artefacts métalliques ont été géo-référencés de manière à pouvoir les replacer dans un SIG. Cette démarche a permis d'établir des cartes de répartition des différents objets liés au travail du fer. Deux phases stratigraphiques ont été définies pour le mobilier car dans l'axe longitudinal du vallon, un niveau de cailloux d'une largeur d'environ 5 m a été observé. Interprété comme un chemin, il scelle tous les niveaux hallstattiens et dans sa partie sud il est recouvert par l'occupation gallo-romaine. Les couches hallstattiennes (phase 1), après l'abandon de l'habitat, ont été nivelées si bien que de nombreux éléments provenant de cette période ont été remaniés lors de la construction de la voie (phase 2).

Deux concentrations ont été repérées durant la phase d'occupation ; la première est située au nord vers les bâtiments 3 et 10 et la seconde vers la forge (bâtiment 5). Dans la phase 2, nous pouvons constater que les concentrations de mobilier se situent pratiquement aux mêmes endroits que la phase 1, avec un léger déplacement vers l'aval du site. La densité des scories sur le site nous donne une carte pratiquement identique à celle des chutes métalliques. Dans les couches de l'habitat (phase 1), on aperçoit très nettement les deux zones de travail, la première au nord entre les bâtiments 3 et 10 et la seconde à 50 m au sud à proximité de la forge.

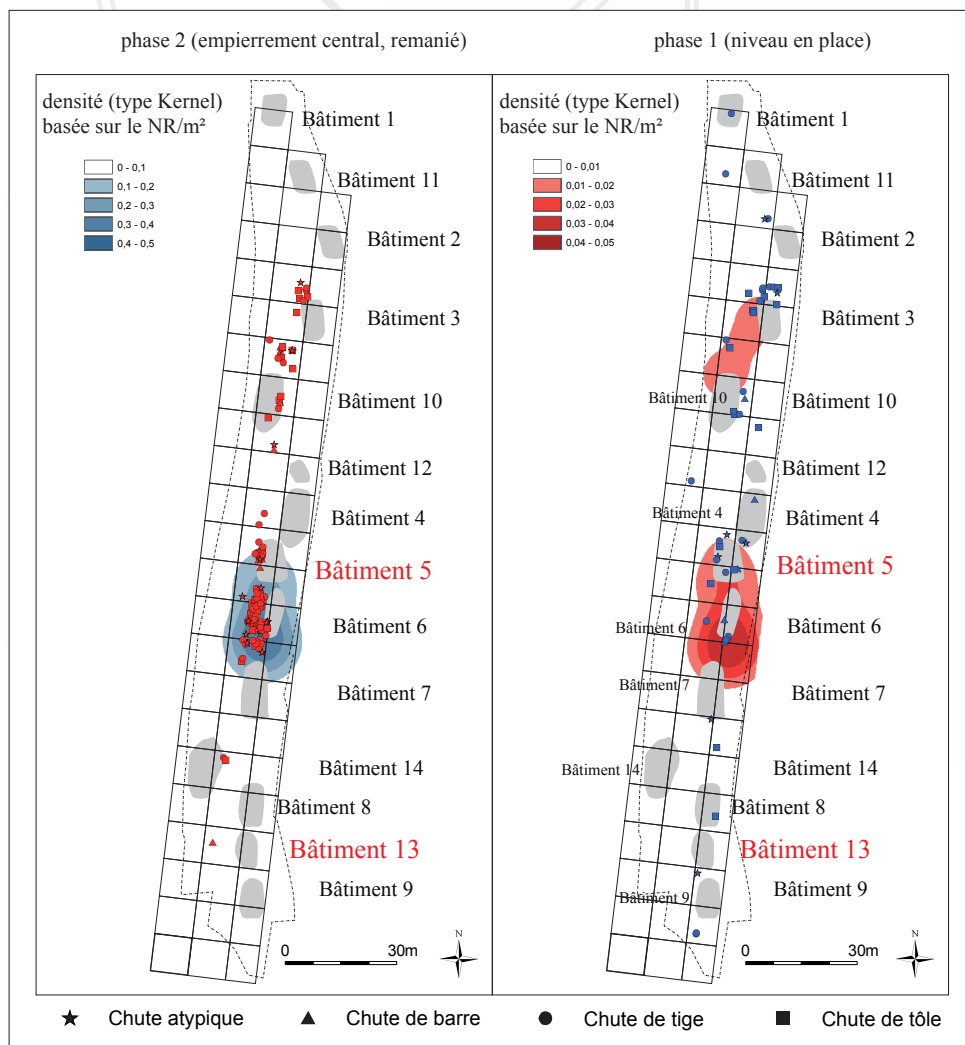


Fig. 3. Répartition spatiale des objets liés au travail du fer et des déchets scorifiés (DAO R. Labeaune et S. Alix).

L'assemblage de toutes ces données démontre que le travail du fer n'est pas seulement réalisé dans les bâtiments 5 et 13 mais également au nord du site à proximité du bâtiment 3 où de nombreux déchets liés à cette activité ont été ramassés, laissant supposer qu'une troisième zone de travail pourrait exister à cet endroit.

EN ASSOCIATION AVEC LES STRUCTURES MÉTALLURGIQUES, UN RICHE CORPUS DE DÉCHETS

Par la quantité de métal découverte (684 NR pour 588 NMI et 2 kg de métal) et la diversité des objets retrouvés, Talant constitue désormais un site de référence pour la fin du premier et le début du second âge du Fer². Dans ce corpus abondant et en lien avec la présence des structures métallurgiques, les mobiliers associés au travail des métaux sont particulièrement bien représentés (282 NMI pour une masse de 823 g), attestant de l'importance de ces activités dans le cadre du site (fig. 4).

Les deux métaux, fer et alliages cuivreux ont été travaillés mais apparaissent dans des proportions différentes, avec une large majorité de vestiges plutôt associés au premier. Cela tient tout d'abord, à la difficulté de recyclage de ce matériau qui au contraire du bronze ne peut être refondu. Mais cela révèle aussi le développement au cours du Ha D3 et du début de LTA1 (500-425 a.C.), de la métallurgie et de l'utilisation du fer, illustrées par des quantités plus importantes de ce matériau délaissées sur les sites domestiques³. La variété des mobiliers manufacturés à la *Peute Combe* confirme également l'emploi de ce matériau pour la fabrication d'objets qui n'étaient conçus auparavant qu'en alliages cuivreux, notamment les éléments de parure.

Qu'ils soient en fer ou en alliages cuivreux, différents types de vestiges liés à la métallurgie ont été distingués sur le site, permettant d'aborder la quasi-totalité des étapes de fabrication des mobiliers et ce pour les deux métaux. La matière première apparaît sous la forme de barres plus ou moins massives, destinées à la mise en forme par martelage et déformation. Seuls les alliages cuivreux peuvent livrer des fragments de lingots, destinés à la fonte d'objet. Les ébauches ou objets en cours de fabrication constituent un second type de déchets, qui peuvent permettre, lorsque leur reconnaissance est possible, de préciser le ou les mobiliers fabriqués dans l'atelier. Il s'agit des ratés dont la mise en forme n'a pas été achevée. Ensuite viennent ce que l'on dénomme généralement les "chutes de travail", composées des différents déchets : tôles, tiges, cônes de coulée... découpées, enlevées lors des diverses étapes de mise en forme de l'objet.

Enfin, des vestiges non métalliques : fragments de moules et de creusets (189 NR), les pierres artisanales (15 NMI) et les scories (1 260 g) complètent le panel d'artéfacts liés à la métallurgie.

LES CHAÎNES OPÉRATOIRES DES PRODUCTIONS MÉTALLIQUES : UN FOCUS SUR LE FER

Si les deux métaux ont été travaillés dans les ateliers de Talant, nous avons décidé de privilégier pour cet article l'étude des restes liés à la métallurgie du fer car il constitue avec le site de Bourges⁴, l'un des corpus disponibles les plus importants de cette période.

En outre, nous n'évoquerons que succinctement les procédés de fabrication liés à la chaîne opératoire de fabrication des fibules à timbales déjà publiée par ailleurs⁵.

Catégories	NMI	Masse (en g)
Travail des alliages cuivreux	46	66
Travail du fer	219	571
Travail des métaux	17	186
TOTAL	282	823

Fig. 4. Répartition des mobiliers selon leur appartenance aux diverses activités de productions métallurgiques.

2. Dubreucq 2013 et 2014.

3. *Id.* 2013, 300.

4. Filippini 2015.

5. Filippini & Pescher 2009 ; Cararra *et al.* 2013.

Au total, ce sont près de 219 fragments d'objets reliés à la manufacture du fer. Ce qui représente une quantité importante de vestiges, notamment en regard des autres sites d'habitats de cette période⁶. Pour la fin du premier âge du Fer, les découvertes de forge trouvées en place s'avèrent encore rares. Seul le pôle aristocratique de la Heuneburg permettait d'aborder cette question car il avait été fouillé sur une grande superficie⁷. Quelques autres sites avaient livré des vestiges liés au travail du métal comme le Mont-Lassois à Vix⁸ mais jamais de structures en place. Il faut attendre la fin des années 1980 avec la fouille du site de Bragny-sur-Saône (Bourgogne)⁹ pour que la recherche sur ces questions débute en France. En Allemagne, la découverte de plusieurs structures sur le site ouvert de Hochdorf a été importante¹⁰, car comme à Bragny-sur-Saône, les activités métallurgiques n'étaient plus exclusivement effectuées sur les sites de hauteur fortifiés. Datés du début de LTA1 (475-425 a.C.), ces différents établissements sont ensuite complétés par la découverte en 1990 du site de Sévaz-Tudinges (Canton de Fribourg, Suisse)¹¹. Il renouvelle les données sur les structures en raison d'une bonne conservation des vestiges. Dès les années 2000, le développement de l'archéologie préventive permet alors la découverte de nouveaux sites avec plusieurs fouilles d'ateliers à Lyon-Vaise¹², à Bourges¹³ et à Talant¹⁴.

Face au nombre important de vestiges découverts à la *Peute-Combe*, il nous a fallu définir et normaliser les différents types de restes parvenus. Nous nous sommes inspirés du travail exemplaire d'A. Duvauchelle sur la forge romaine de Châbles¹⁵. Excepté les mobiliers en cours de fabrication relativement aisés à reconnaître, des problèmes se sont plutôt posés pour la distinction des chutes. Celles en tôles ont été les plus faciles à différencier¹⁶. Par contre, il n'a pas toujours été évident de proposer une limite entre certaines chutes de tiges et de barres, d'autant qu'une bonne partie d'entre elles se caractérisent par une soie époincée, qui permettait leur préhension lors de la forge. Des critères métriques ont été choisis, reposant pour partie sur une certaine subjectivité. Ainsi, nous avons décidé que les chutes de barre sont constituées surtout par des fers plats, avec une largeur plus importante que leur épaisseur, munies généralement d'une section quadrangulaire plus ou moins aplatie. Il s'agit des pièces les plus massives, où la quantité de métal est encore importante. Plus graciles, les chutes de tiges ont été ainsi distinguées des chutes de barre à travers la dimension de leur largeur, mesurant au maximum six millimètres. Enfin, une quinzaine de pièces munies de morphologies plus variées ont été classées en tant que chute atypique, car elles ne correspondaient pas aux éléments relativement standardisés définis (fig. 5).

La matière première

Comme nous l'avions déjà constaté sur les autres établissements de la fin du premier âge du Fer, la matière première destinée au forgeron connaît de fortes disparités de formes et de dimensions selon les sites¹⁷. Celui de la *Peute Combe* n'échappe pas à la règle, en nous livrant des fragments de matière première aux morphologies relativement variées (par exemple : TS 41-94-111-705) (fig. 6).

Les chutes de travail : tiges, tôles et chutes atypiques

Ce sont près de 78 fragments de chutes de tiges qui ont été récoltées pour une masse d'environ 73 g. Malgré des différences de morphologie (sections variées et présence d'une soie de préhension ou non) (fig. 7), il est intéressant de constater qu'elles sont toutes de tailles relativement modestes, comprises entre 12 et 40 mm de long. Elles permettent de confirmer l'utilisation de

6. Dubreucq 2013, fig. 56.
7. Kimmig 1968 ; Gersbach 1989 ; Drescher 1995.
8. Joffroy 1960 ; Chaume 2001.
9. Flouest 1993.
10. Biel 1990 ; Modarressi-Tehrani 2004.
11. Mauvilly *et al* 1998 ; Benkert *et al* 2010.
12. Cararra 2009.
13. Milcent 2007 ; Augier *et al.* 2009 ; *id.* 2012.
14. Labeaune & Alix, éd. 2014.
15. Anderson *et al.* 2003.
16. Voir *infra*.
17. Dubreucq 2013, 67.

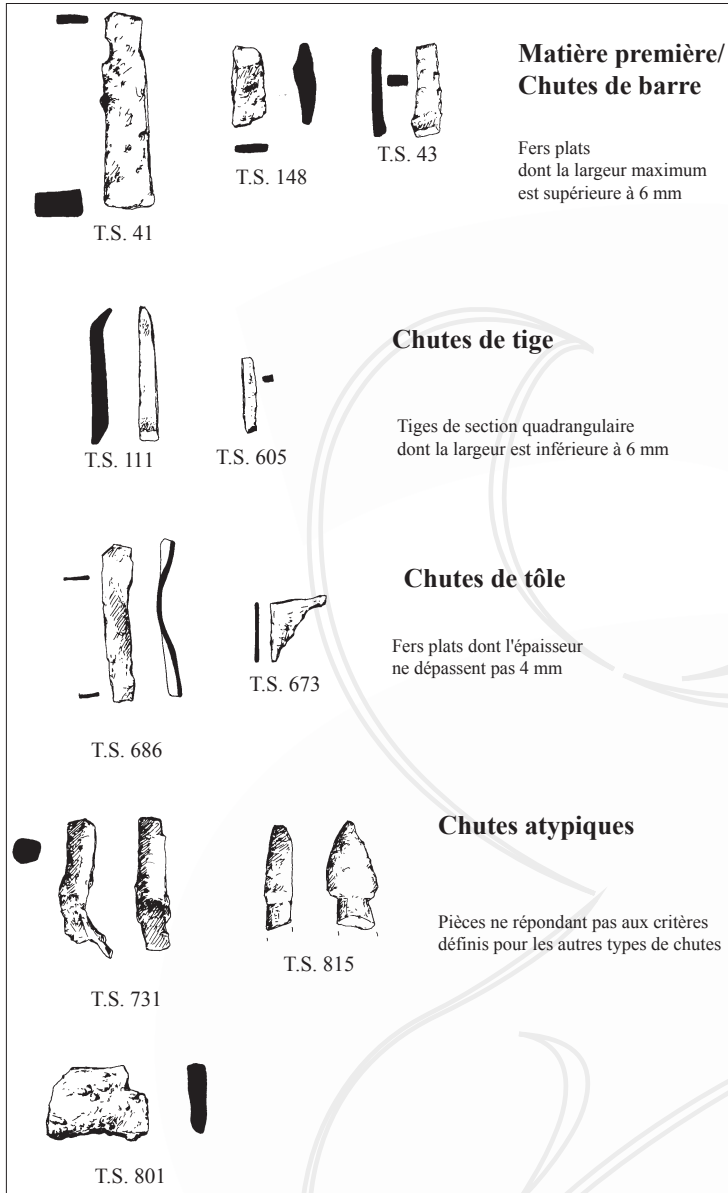


Fig. 5.

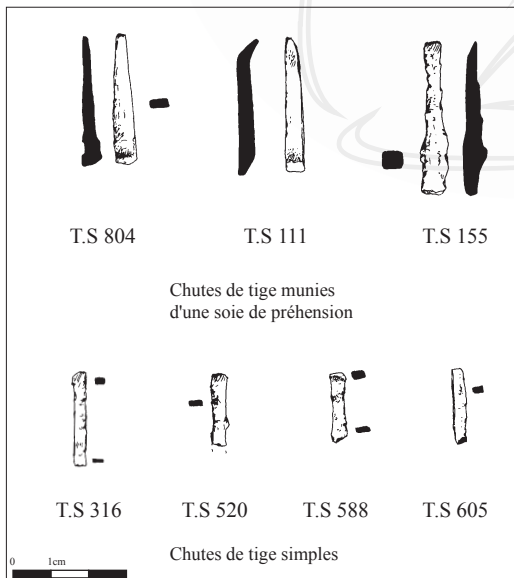


Fig. 7.

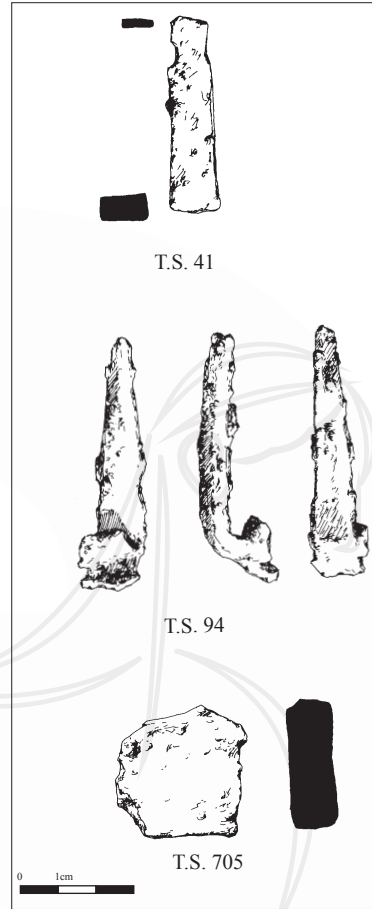


Fig. 6.

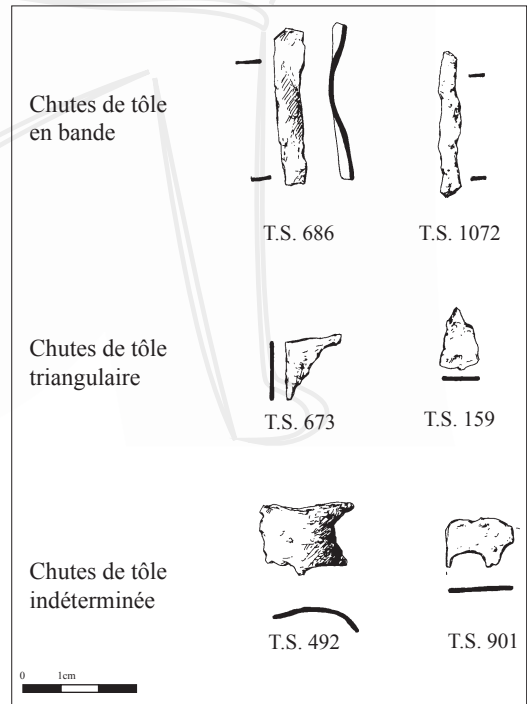


Fig. 8.

Fig. 5. Définition des principaux types de déchets liés à la manufacture du fer à Talant.
 Fig. 6. Fragments de matière première aux morphologies variées.
 Fig. 7. Chutes de tiges avec ou sans soie de préhension.
 Fig. 8. Principaux types de chutes de tôle découvertes à Talant.
 Dessins F. Gauchet, DAO É. Dubreucq.

petite barre ou barrette à soie pour le forgeage en série de “petits” mobiliers, comme c’est le cas à Bourges *Port Sec Sud*¹⁸. D’après les ratés de fabrication, il s’agit très probablement de matière première destinée à la confection de fibules ou de *scalptorium*s. Les deux types de chutes : tiges simples et tiges avec soie sont assurément complémentaires et issues d’une même matière première de bonne qualité¹⁹, pour permettre la mise en forme de si petits objets.

L’épaisseur des fragments a été le principal critère utilisé dans la caractérisation des tôles (70 NMI pour 176 g). Dans la majorité des cas, ces dernières se composent d’un fer plat et mince, dont l’épaisseur ne dépasse pas quatre millimètres. Il a été possible de mettre en évidence des différences dans leurs formes, permettant de proposer une typologie simple de ce type de déchet : chute en bande, chute triangulaire et chute de forme indéterminée (fig. 8). Assurément les plus parlantes, les chutes dites “triangulaires” (19 NMI) attestent par leur nombre et l’homogénéité de leurs formes (fig. 9) de la découpe de tôle curviligne à partir d’un support de forme carrée ou rectangulaire. Une chute plus complète (TS 811) a pu être reliée à deux gardes de forme elliptique, destinées à des couteaux ou autres armes à soie (TS 10-122), que l’on retrouve par ailleurs en produit fini sur le site (fig. 9).

Difficiles à caractériser et à classer parmi les tiges ou les tôles, diverses chutes apparaissent sous l’appellation “chutes atypiques”, terme emprunté au travail d’A. Duvauchelle²⁰.

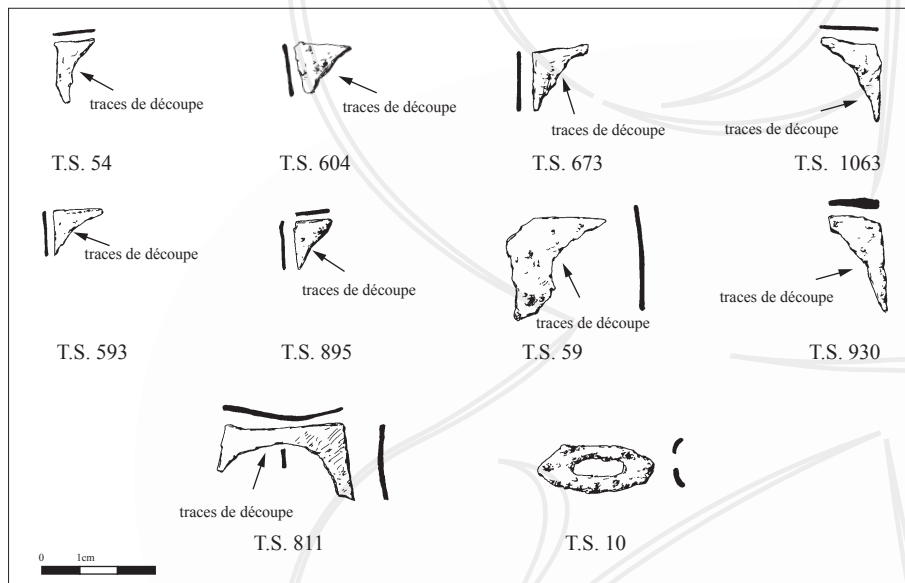


Fig. 9. Panel des chutes triangulaires trouvées sur le site (dessin F. Gauchet, DAO R. Labeaune et É. Dubreucq) et garde de couteaux dont la morphologie rappelle certaines des chutes triangulaires (dessin F. Gauchet, DAO É. Dubreucq).

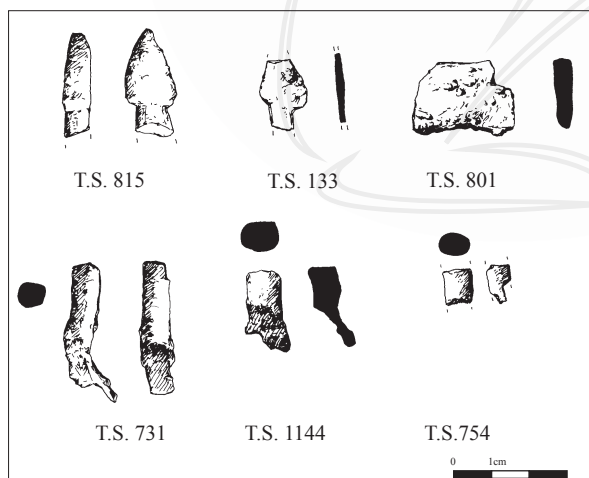


Fig. 10. Chutes dites “atypiques” avec trois exemples de chutes de tige massives munies d’une trace d’écrasement très spécifique (dessin F. Gauchet, DAO É. Dubreucq).

18. Filippini 2015, 162.

19. Voir infra.

20. Anderson *et al.* 2003.

Au nombre de vingt-six, elles possèdent toutes des formes différentes (fig. 10). L'une d'elles pourrait avoir été prévue pour la confection des fibules à timbale (voir les objets en cours de fabrication). Elle se compose d'une partie de forme elliptique prolongée d'un plat découpé à son extrémité (TS 815) (fig. 10). Déjà aplatie, une autre pièce possède cette même morphologie (TS 133) (fig. 10), interprétée comme une préforme de la timbale. Le problème qui se pose est cependant l'épaisseur relativement importante de cette chute et sa masse de presque 10 g. Il n'est donc pas exclu qu'elle ait été destinée à la fabrication d'autres mobiliers comme une pointe de flèche par exemple.

En outre, certaines d'entre elles disposent d'une section massive, de forme circulaire ou triangulaire. Quelques-unes comportent d'ailleurs une trace d'écrasement très spécifique permettant de les associer à la réalisation d'un même type de mobilier (TS 731-754-1144) (fig. 10). La morphologie de ces tiges rappelle notamment une pièce en cours de fabrication (TS 720) que nous ne pouvons interpréter pour le moment.

Enfin, quelques fragments de tôles épaisses complètent la gamme des chutes de cette catégorie (fig. 10 : TS 801 par exemple). Deux pourraient peut-être résulter de la fabrication de douilles (TS 273-595) pour des outils par exemple.

Ainsi, relativement nombreuses et diversifiées, les chutes découvertes à la *Peute Combe* illustrent néanmoins une standardisation d'une partie de la matière première employée, par l'évocation de petite barre à soie destinée à la confection de menus mobiliers. La récurrence de certaines de ces chutes (tiges et tôles) indique aussi la mise en place de productions en série, phénomène qui semble caractériser une partie des ateliers de la fin du Ha D3-LTA1 comme Bourges *Port Sec Sud*²¹.

Les objets en cours de fabrication

Enfin, dernière étape de la chaîne opératoire de fabrication, les ébauches sont au nombre de 35 fragments pour une masse d'environ 85 g.

La plupart des éléments identifiés se rapportent aux éléments de fibule en cours de fabrication que nous ne redétaillons pas ici (TS 47-72-77-133-172-203-338-490-592-651-653-670-746-772-925-1138...). Ces restes illustrent les différentes phases de la chaîne opératoire²² et à la suite de leur étude, nous sommes assurés du type de fibule en fer conçue dans cet atelier : les fibules F4 à timbale convexe sur le pied, par ailleurs très abondantes sur le site.

Excepté les fibules, d'autres types de mobiliers ont été produits sur le site de Talant.

Recoupant une partie de la chaîne opératoire des fibules²³, des éléments de ceinture ont été réalisés sur place. Trois fragments peuvent s'y rapporter (TS 245-690-1050), correspondant d'ailleurs à deux étapes différentes du processus (fig. 11). Ils correspondent à un type de ceinture,

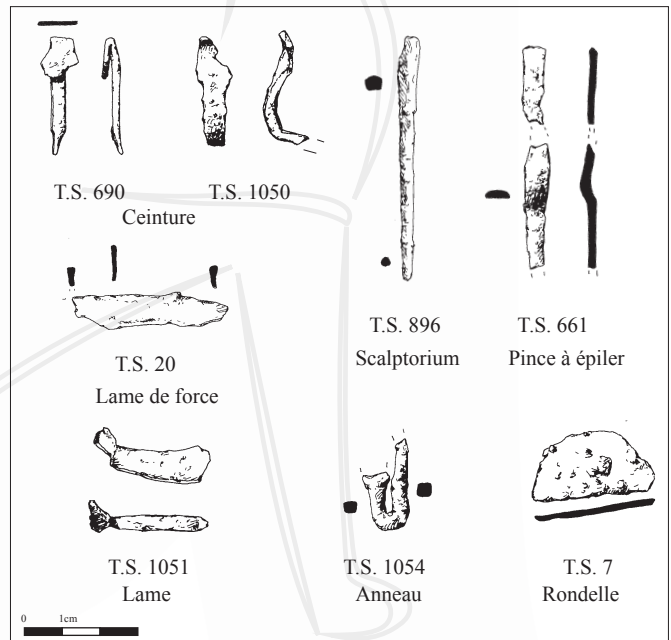


Fig. 11. Ébauches de crochets de ceinture, de scalptorium, de pince à épiler et de lame de force (dessin F. Gauchet, DAO É. Dubreucq).

21. Filippini 2015 ;

22. Filippini & Pescher 2009 ; Carrara *et al.* 2013.

23. Milcent 2007, fig. 27.

retrouvé sur le reste du site (TS 1003) et relativement répandu durant les périodes du Ha D₃ et du début de LTA₁, comme à Messein²⁴, à Crest-Bourbousson²⁵ ou encore en Champagne dans la nécropole des Rouliers²⁶.

Associées aux éléments de toilette, deux pièces pourraient quant à elles correspondre à la fabrication de *scalptorium*s (TS 307-896). L'une d'elles en particulier semble une préforme quasi complète dans laquelle il est possible d'entrevoir le manche de section rectangulaire, et son prolongement, ne restant quasiment qu'à mettre en forme l'extrémité bifide, déjà aplatie (TS 896) (fig. 11). Pour le moment, seul le site du *Camp d'Afrique* à Messein semble avoir produit ce type de mobilier²⁷, par ailleurs très largement présent sur le reste de l'habitat de la *Peute Combe* (7 NMI-TS 86-103-278-629-687-688-986).

Complémentaire des pièces précédentes, une probable pince à épiler semble également en cours de façonnage (TS 661) (fig. 11). Elle se compose d'un ruban de tôle pour partie aplati avec une extrémité plus épaisse de section triangulaire. Cette dernière pourrait avoir été destinée à confectionner le ressort de la pince, qui n'a pas encore été affiné et replié.

Ainsi la fabrication de trousse de toilette (cure-ongle et pince à épiler) peut être très fortement envisagée dans le cadre de l'atelier de Talant.

Pouvant également se rapporter aux éléments de soin du corps, l'ébauche d'une petite lame pourrait être interprétée comme une force aux dimensions relativement réduites (TS 20) (fig. 11). De section triangulaire rectangle, le façonnage de son tranchant ne semble pas finalisé. En outre, sa taille rappelle un exemplaire découvert à Bourguignon-les-Morey et daté du Ha D₂²⁸. Elles étaient probablement réservées à la coupe des cheveux ou la taille de la barbe.

Trois autres pièces se rapportent également à de probables ébauches de lames (TS 154-741-1051) (fig. 11) qu'il est difficile de caractériser plus précisément. Elles ont toutes en commun de posséder une section triangulaire plus ou moins affirmée. Deux sont de dimensions relativement équivalentes (TS 154-1051) et pourraient correspondre au même type d'objet abandonné à une étape différente du forgeage.

Relevant des éléments de quincaillerie, l'atelier semble avoir produit des anneaux comme semble l'indiquer une pièce de section rectangulaire dont les extrémités sont en cours de soudure (TS 1054) (fig. 11). Quelques demi-rondelles pourraient y être associées bien que nous ne soyons pas en mesure de préciser leur fonction (TS 5-7) (fig. 11).

LES DÉCHETS SCORIFIÉS FERREUX : UN LOT TRÈS HOMOGÈNE

Seuls 1,2 kg de macro-déchets scorifiés résultant du travail du fer provient des fouilles de Talant. 78 g sont des fragments de parois scorifiées, 621 g des fragments de scories et le reste correspond aux culots (fig. 12). L'étude typologique des culots traduit une grande homogénéité du lot. Il s'agit uniquement de culots du type SGD (Scorie Grise Dense), en apparence principalement constitués d'un silicate de fer, également appelé fayalite et d'oxydes de fer²⁹. Aucune richesse particulière en inclusions ferreuses ou en éléments argilo-sableux n'est notée à l'échelle macroscopique. Le magnétisme, évalué avec un

aimant, bien que variable n'est jamais estimé comme très fort, ce qui confirmerait à ce premier niveau de diagnostic, l'absence de pertes importantes en métal.

Le lot s'avère fortement fragmenté. Sur les vingt culots identifiés seuls sept sont complets ou quasi-complet (conservés à plus de 90 %). L'enregistrement du taux de fragmentation de chacun des culots permet d'estimer la masse manquante et donc de les comparer (fig. 13).

	Culots SGD	Fragments de scorie	Parois scorifiées	Masse totale (g.)
NMI	20	21 culots	3	1 268
Masse moyenne	28			
Masse totale (g.)	569	621	78	

Fig. 12. Inventaire synthétique des déchets scorifiés (fer).

24. Lagadec *et al.* 1989, fig. 35, n° 1-3.

25. Treffort 2002, fig. 6, n° 26.

26. Rozoy 1986, fig. 230, RO 88.

27. Deffressigne & Tikonoff 2012, 127.

28. Dubreucq 2013, pl. 11, n° 30.

29. Mangin, éd. 2004.

La masse des culots se répartit entre 6 et 160 g, néanmoins la majorité du corpus pèse entre 20 et 60 g. Il s'agit d'une masse très faible à mettre en relation avec la pratique d'activités de forgeage de faible intensité, dans le cadre de faibles pertes ou développées sur de courtes durées. En effet, rappelons que les déchets scorifiés ou scories rassemblent les déchets tombés dans le foyer durant les étapes de forgeage : oxydes, métal, ajouts siliceux, scorie en inclusion dans le métal, parois. La masse et la taille des scories sont donc directement dépendantes de la proportion des pertes et de l'intensité du travail effectué. Il faut également préciser qu'un grand nombre d'activités de forgeage, menées à froid ou à basse température ne conduisent pas à la formation de scories, ce qui peut expliquer la faible quantité de déchets scorifiés collectée sur le site.

La prise en compte de la morphologie des culots traduit en complément des caractéristiques métrologiques, une forte standardisation. En effet, l'intégralité des exemplaires, pour lesquels la forme peut être restituée, est de forme demi-circulaire et 71 % ont une section plate.

Les fragments de culots représentent près de 50 % de la masse totale des déchets scorifiés. Le taux de fragmentation est donc élevé et pourrait indiquer une exposition prolongée des déchets avant leur enfouissement. Quelques fragments de parois scorifiées ont également été collectés, mais ils restent peu nombreux (6 % de la masse totale des déchets scorifiés). Aucune trace d'éléments de ventilation ou d'aménagement particulier n'a été observé. Ils ne permettent pas de restituer l'architecture des foyers.

À un premier niveau de caractérisation, l'étude macroscopique des culots révèle une grande cohérence du lot qui pourrait indiquer une forte homogénéité des séquences de forge.

DES ANALYSES MÉTALLOGRAPHIQUES POUR PRÉCISER LA NATURE DES ACTIVITÉS ET LES SAVOIR-FAIRE EN PRÉSENCE

À l'issue de l'étude macroscopique, une sélection de déchets métalliques et scorifiés a subi des analyses archéométriques. L'objectif des analyses métallographiques est de reconnaître les étapes de la chaîne opératoire en présence. Pour les objets en métal, elles permettent d'établir la qualité des matériaux, d'évaluer de manière qualitative la composition chimique (fer/acier/phosphore) ainsi que de reconnaître les techniques de fabrication employées. Pour les culots, l'étude microscopique repose sur la caractérisation de phases, la scorie étant constituée d'un point de vue minéralogique d'une phase vitreuse, et de plusieurs phases minérales, qui fournissent des informations sur les conditions de cristallisation, et donc sur les températures appliquées et les vitesses de refroidissement. Il s'agit également de déterminer la nature des pertes qui sont complètement, partiellement, ou non, fondues : fragments métalliques, battitures/oxydes, ajouts argilo-sableux, fragments des parois du foyer, alliages cuivreux... ces éléments pouvant être directement reliés au travail effectué. Les analyses se sont déroulées au Laboratoire de "Métallurgies et Cultures", IRAMAT – CNRS- UMR 5060, Université de Technologie de Belfort Montbéliard et suivent un protocole déjà détaillé à plusieurs reprises³⁰. 13 chutes métalliques en fer et 12 culots ont été analysés.

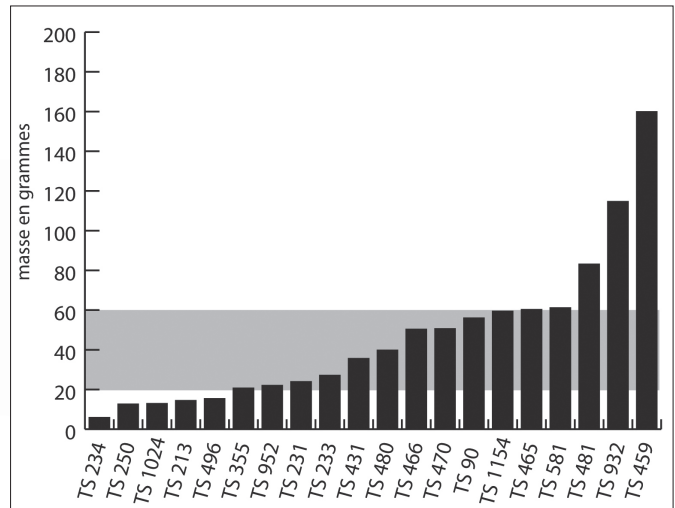


Fig. 13. Masse des culots.

30. Mangin, éd. 2004.

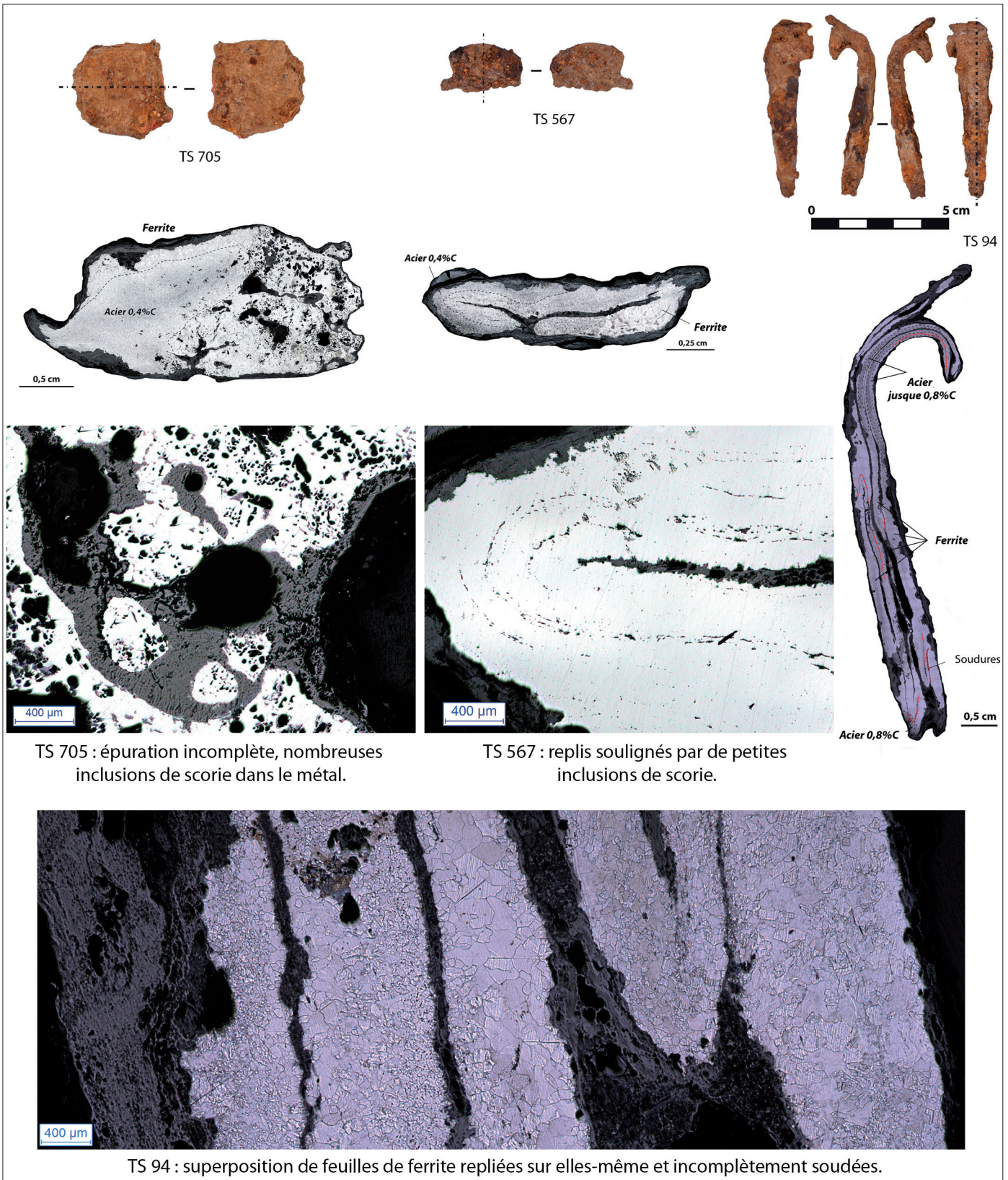


Fig. 14. Caractéristiques métallographiques de quelques produits métalliques analysés (cl. M. Berranger).

Les chaînes opératoires de fabrication

Les déchets retrouvés à la *Peute Combe* se rattachent uniquement aux activités de post-réduction. De plus, aucun fragment de produit brut directement issu de la réduction n'a été identifié sur le site. L'étude du mobilier métallique indiquerait l'unique pratique des activités de forgeage, en vue de la fabrication d'objets finis. La matière première était donc importée. L'analyse de deux fragments de matière première (TS 705 et TS 953) révèle une forte variabilité à l'échelle interne.

TS 705 est ainsi un fragment de produit brut en cours d'épuration (fig. 14-15). En effet, une moitié de l'objet s'avère très proche d'un produit métallique directement issu du bas fourneau, notamment par la présence de grosses cavités, d'inclusions de scorie peu déformées et la soudure incomplète sur elle-même d'une excroissance métallique. La moitié de ce fer plat a été simplement légèrement compactée sur lui-même, le processus d'épuration restant très sommaire. L'autre partie s'avère beaucoup mieux épurée. Notons que les caractéristiques de cette portion de métal, encore partiellement brute, sont tout à fait comparables à celles des demi-produits bipyramidés connus pour le Hallstatt³¹.

Un autre fragment de demi-produit (TS 953) présente une plus grande homogénéité. La qualité inclusionnaire peut être évaluée comme bonne. De grosses inclusions de scorie, déformées par le martelage, subsistent néanmoins, principalement dans la partie centrale qui devait s'avérer, logiquement, la moins touchée par le martelage.

Éléments sous droit d'auteur - © Ausonius Éditions juin 2017

N° inventaire	Métrologie				Qualité inclusionnaire				Nature des inclusions			Tech. mise en forme			Composition - traitement					Interprétation				
	Masse (g.)	L. (mm)	l. maxi (mm)	ep. maxi (mm)	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	Avec fayalite et dendrites de wustite	Déformation masse unique	Soudure de plusieurs masses	Corroyage par replis successifs	Ferrite	Acier doux (0,05 à 0,5)	Acier riche en C (0,6-0,9% C)	Acier très riche en C (sup. à 0,9% C)		Cémentation périphérique	Structures fantômes (P2O5)		
TS 705	63	34	32	15																			Matière première	
TS 953	54	27	24	19,3																				Matière première
TS 94	20	62	12,9	7,6																				Ebauche
TS 567	6,1	33	18	4									?											Ebauche
TS 41	24	52	12,5	7,8																				Chute d'élaboration
TS 111	3,7	36	5,7	4,3																				
TS 720	15	55	8	7																				
TS 731	7	36	9	8,6																				
TS 801	11	26	18	5,8																				Recyclage
TS 815	9,6	28	13,7	7,5																				
TS 1064	31	61	16	9,2																				
TS 804	2,5	35	6,6	4																				Objet fini
TS 1147	5,4	24	17	6																				

Fig. 15. Synthèse des caractéristiques métallographiques des produits métalliques analysés.

31. Berranger & Fluzin 2011 et 2012.

Ces deux portions de métal comportent des traces de tranche à chaud qui indiquent qu'elles ont été débitées avant que l'opération d'épuration n'ait été achevée. Il semble donc que les forgerons travaillaient à partir d'une matière première relativement sale, et que l'achèvement de l'épuration s'effectuait durant l'étape suivante de forge d'élaboration d'objets proprement dite.

Le reste du corpus correspond à des produits plus avancés vers l'aval de la chaîne opératoire. Peuvent être distingués parmi les treize chutes analysées (fig. 15) :

- des ébauches, correspondant à des produits incomplètement travaillés, comme le traduit, à l'échelle interne, l'inachèvement des soudures ;
- des chutes d'élaboration proprement dites, épurées, parfaitement soudées, mais qui comportent des traces d'un façonnage en cours (martelage) ou de tranche à chaud, indiquant leur rejet durant les étapes finales de mise en forme ;
- des objets finis et un objet en cours de recyclage.

Les culots analysés s'avèrent tous constitués d'une très forte proportion de pertes en oxydes (wüstite) indiquant des travaux effectués dans le cadre d'une forte oxydation à chaud (fig. 16-17) La cristallisation de la wüstite en globules indique le maintien des culots à des températures élevées engendrant un refroidissement lent. Ces pertes en oxydes proviennent de la

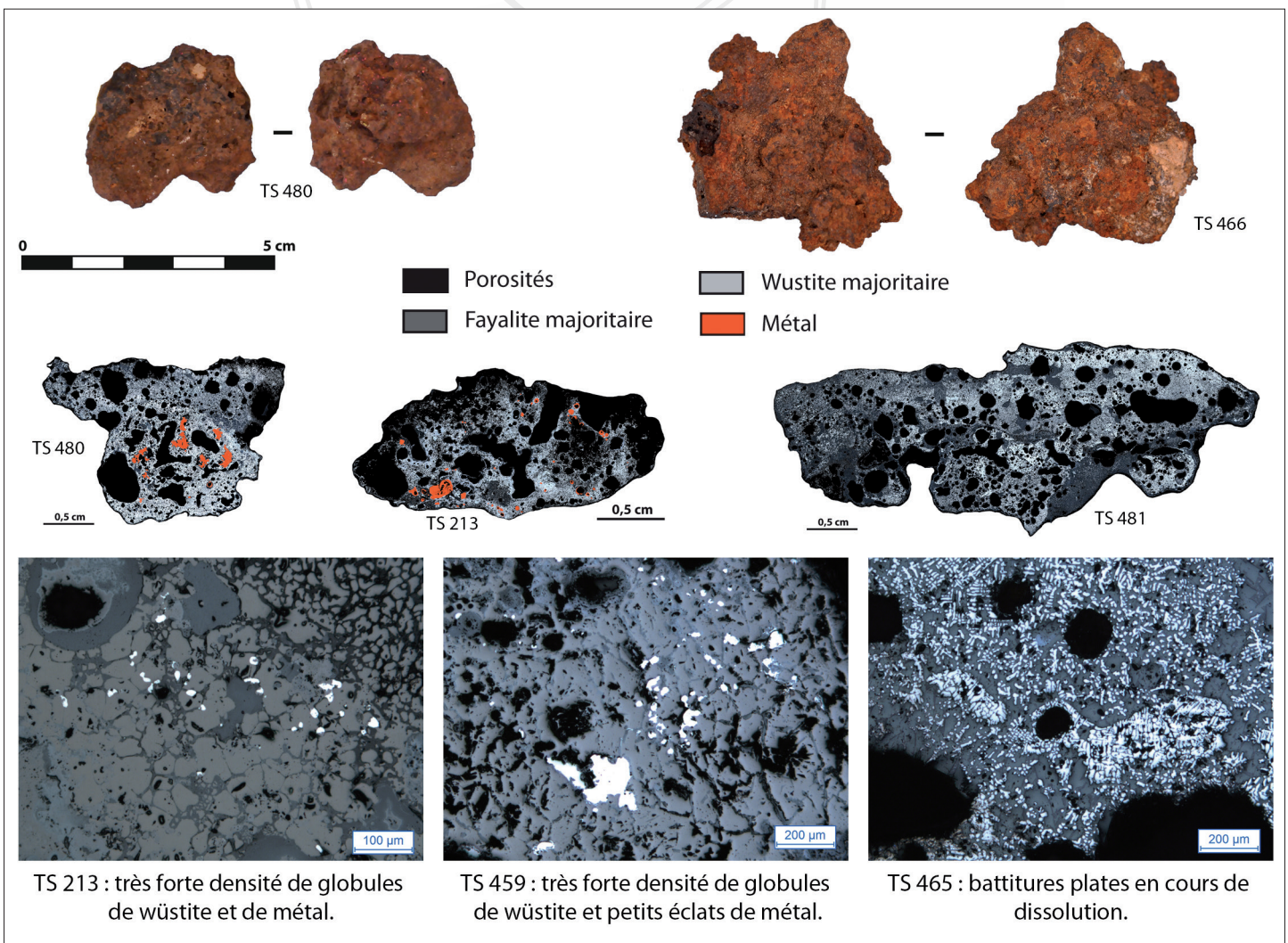


Fig. 16. Caractéristiques métallographiques de quelques culots analysés (cl. M. Berranger).

Éléments sous droit d'auteur - © Ausonius Éditions juin 2017

N° échantillon	Métrologie				Taux de porosité	Matrice base silice				Battitures				Pertes métalliques					
	Masse (g)	L (mm)	l (mm)	ep (mm)		Stratification	Fayalite seule	Fayalite + wüstite	Matrice majoritairement siliceuse	Proportion oxydes	Battitures plates	Battitures globulaires	Battitures billes	Petits éclats (< 0,5 cm)	Surfaces déchiquetées	Angles vifs	Inclusions base silice / replis dans le métal	Filaments	Globules, billes
TS 213	14,5	30	25	12	69%				24%										2%
TS 231	24	44	36	16	40%				53%										1%
TS 233	16	39	25	16	75%				12%										<1%
TS 459	100	50	47	38,5	58%	O			29%										1%
TS 465	35,5	50	46	10,6	57%				33%										<1%
TS 466	28	45	46	15,3	60%	O			35%										1%
TS 470	26	39	10,6	26	60%	O			33%										1%
TS 480	21	32	25	16,5	59%	O			34%										3%
TS 481	52	51	32	17,3	44%				42%										<1%
TS 932	67,5	62	42	18	60%				28%										2%
TS 1024	15	34	40	15	59%	O			39%										<1%
TS 1154	30,5	39	39	19,4	42%				36%										1%

Fig. 17. Synthèse des caractéristiques métallographiques des culots analysés.

dissolution de battitures, parfois encore visibles sous une forme individualisée dans trois des pièces analysées. Les culots ont été constitués à l'issue d'une succession de cycles de travail, effectués en conditions plus ou moins oxydantes (la répartition des "amas" de wüstite est inégale), et en fonction de températures distinctes (superposition de différentes formes de cristallisation de la wüstite). Ces caractéristiques pourraient également être rapprochées de cycles de travail relativement courts. L'abondance des pertes en oxydes, occupant de 12 à 53 % des surfaces de sections étudiées, permet de nous situer durant les phases de déformation à chaud.

Des inclusions métalliques sont visibles dans toutes les sections des scories analysées et se répartissent de manière dispersée au sein des sections. Il peut s'agir de petits fragments de métal de taille millimétrique, ou le plus souvent de globules ou filaments mesurant une dizaine de microns de côté. La faible densité en pertes métalliques (voisinant généralement 1 % de la surface des sections étudiées) et la faible taille de ces éléments permettent de restituer un travail de forgeage sur des produits en fin de mise en forme, suffisamment densifiés pour ne pas se désolidariser dans le foyer sous l'effet de la chauffe et des impacts mécaniques.

Nature du métal travaillé et techniques de mise en forme

Les objets métalliques présentent en majorité une grande homogénéité de structure : deux sont en acier à 0,8 %C et devaient donc s'avérer durs mais cassants. Cinq sont intégralement ferritiques et étaient ductiles, à l'exception de ceux contenant du phosphore. La présence de cet élément devait d'ailleurs engendrer des contraintes particulières, notamment en ce qui concerne les températures de forgeage³². Six présentent une hétérogénéité fer/acier avec une proportion de ferrite majoritaire. L'hétérogénéité fer/acier est un héritage de la masse de métal initiale, pour les produits les plus bruts comme les ébauches TS 94 et TS 567 et le fragment de matière première TS 705. Pour les autres, elle semble résulter d'un assemblage

32. Vega et al. 2002.

volontaire de feuilles de qualités différentes afin d'accroître les qualités mécaniques des produits (fig. 14). En effet, cela permet d'associer la résistance de l'acier à la ductilité de la ferrite. C'est notamment le cas pour les chutes TS 111, TS 731, pour lesquelles une feuille d'acier est soudée entre deux feuilles de ferrite, et pour l'outil TS 804 comportant une surface aciérée et l'autre ferritique.

Tous les produits métalliques sont caractérisés par une grande qualité épuration, cette dernière étant évaluée comme bonne et, majoritairement, comme excellente (fig. 15). Il est donc possible de constater que les forgerons travaillaient à partir d'une matière première assez "sale", qu'ils épuraient jusqu'à obtenir des ébauches, dont la qualité d'épuration était relativement standardisée et particulièrement élevée. Cette qualité résulte de l'application d'une technique d'épuration et de mise en forme d'une certaine complexité : le corroyage par replis successifs (fig. 14). Cette technique est observée de manière récurrente :

- sur deux ébauches (TS 94 et 567) ;
- sur des chutes d'élaboration (TS 801, TS 815 ainsi que probablement TS 111 et TS 731) ;
- sur un objet fini, TS 1147.

L'avantage de cette opération est de faciliter l'évacuation des impuretés hors du métal, par l'affinement en feuilles, et d'accroître l'homogénéité du produit par orientation de la structure. L'étude des deux ébauches TS 94 et TS 567 indique que plusieurs replis superposés pouvaient être réalisés de manière préalable, puis qu'ils étaient simultanément soudés en une même opération. La finesse des feuilles à souder devait rendre l'opération très complexe, ce qui indique un haut degré de réalisation technique. La maîtrise des paliers de soudabilités, différents en fonction de la composition chimique du métal³³, est également manifeste étant donné l'assemblage récurrent d'alliages distincts : ferrite/acier (TS 111, TS 804) ferrite/fer phosphoreux (TS 720, TS 731). À Talant, le fait que la production semble principalement concerner de petits objets tels que des fibules ou des objets de toilette pourrait expliquer le recours à ce procédé, qui réduit les zones de fragilité et accroît l'élasticité du métal.

La mise en forme par replis successifs est identifiée de manière récurrente au sein de forges du second âge du Fer³⁴. Les quelques lots d'objets finis étudiés pour le premier âge du Fer attestent que cette technique est déjà adoptée au Hallstatt D³⁵.

Au sein des culots, la présence récurrente de globules et billes de métal, caractéristiques de surfaces métalliques superficiellement liquéfiées, pourrait indiquer le travail de l'acier. En effet, l'acier a un point de fusion inférieur à la ferrite (1 536°C), du fait de la présence de carbone (température de brûlure de l'acier autour de 1 100°C voir diagramme d'équilibre fer-carbone). L'étude métallographique des chutes métalliques a néanmoins précisé que ces dernières étaient quasiment toutes constituées de ferrite même si certaines pouvaient comprendre des parties aciérées sur environ 25 % de leurs sections.

La présence des globules et billes de métal au sein des culots pourrait alors plutôt indiquer la pratique de soudures. En effet, il s'agit d'opérations fortement oxydantes car effectuées à des températures élevées, afin d'atteindre le point de soudabilité des deux feuilles de métal en présence. La fusion superficielle des surfaces peut également entraîner la formation de gouttes de métal similaires à celles observées dans les sections étudiées. Ces résultats seraient donc en accord avec l'étude des chutes qui a mis en évidence la mise en forme quasi-systématique par replis successifs ou bien par soudure de plusieurs masses de métal entre elles.

Une légère stratification peut être notée au sein de certains culots et se traduit de manière récurrente par une plus forte abondance des pertes en métal et en oxydes en début des cycles de travail. Il est possible d'envisager que les étapes de soudures étaient réalisées dès les premières phases de chauffe, ce qui entraînait davantage de pertes en oxydes et en métal. La séquence de travail aurait été poursuivie en fonction d'une chauffe moins oxydante en fin d'opération (poursuite de la mise en forme par déformation à chaud par exemple).

33. Les températures de soudures atteignent 1200/1300°C pour le fer pur alors que pour l'acier elles sont plus basses, autour de 830-900°C (Fluzin 1983). La présence de phosphore modifie également les températures de forgeage et donc de soudabilité du métal, en fonction de sa concentration (Véga *et al.* 2002).

34. Bauvais & Fluzin 2006, Berranger & Fluzin 2009, *id.* 2011, *id.* 2012.

35. Filippini 2015.

L'étude macroscopique des déchets tant métalliques que scorifiés a mis en évidence une standardisation des productions d'objets en fer. L'analyse archéométrique révèle, quant à elle, la complexité des techniques pratiquées : mise en forme par replis successifs, qualité d'épuration finale excellente, parfaite maîtrise de la mise en forme de tôles et de leur soudure, réalisation de soudures d'assemblage d'alliages différents. Il s'agit de caractéristiques révélatrices de la présence d'artisans spécialisés au sein des forges de Plombières-les-Dijon.

Évaluation de la masse de métal travaillée

L'étude des culots révèle une forte homogénéité constatée tant dans leurs caractéristiques externes (aspect général et morphologie), pondérales qu'internes. L'étude métallographique révèle en effet au sein des douze culots analysés la présence des mêmes types d'inclusions, en proportions voisines, et des conditions de formations identiques.

La masse réduite des culots permet d'identifier des activités de faible intensité, c'est-à-dire pratiquées dans le cadre de faibles pertes et/ou sur des durées relativement courtes. Seuls des objets de taille réduite auraient ainsi été transformés. Il est possible, à titre d'approximation, de proposer une estimation de la quantité de métal travaillé, en se basant sur les travaux de V. Serneels³⁶ et les travaux expérimentaux. Par analyses chimiques ce dernier a reconnu que les scories grises denses qui appartiennent au domaine de la fayalite, contenaient entre 45 et 55 % d'oxydes. Ces données fournissent une première estimation de la quantité de métal perdue dans la scorie, cependant, il faut garder à l'esprit que toutes les activités ne génèrent pas forcément de déchets (travail de petites pièces, travail à froid ou à faibles températures...). De plus, toutes les pertes en oxydes et en métal ne finissent pas dans les culots, mais peuvent être perdues sur le sol. Une autre source d'erreur importante repose sur la nécessité de déterminer un rapport entre la quantité de métal perdue dans le culot et la quantité de métal travaillée. Or, le calcul de ce type de rapport ne peut rester qu'imprécis, étant donné que les pertes en métal et oxydes varient en fonction des types de travaux réalisés et au sein d'un même déchet. Néanmoins, les travaux expérimentaux permettent d'estimer que les pertes dans les scories représentent de l'ordre de 25 à 5 % de la quantité de métal initialement travaillée.

Il est ainsi possible d'estimer, pour le culot le plus léger d'une masse de 6 g, qu'entre 12 et 60 g de métal ont été travaillés. Pour le culot le plus lourd, d'une masse de 100 g, la masse de métal travaillée serait comprise entre 200 g et 1 kg. En se basant sur la masse moyenne estimée des culots (en prenant en compte les parties fragmentées, voir supra) évaluée à 78 g, la masse de métal travaillée serait comprise entre 156 et 780 g. La masse totale de scories mises au jour sur le site représente 1 260 g et permet d'évaluer la masse de métal transformée à l'issue de travaux menés à haute température entre 2,5 et 12,6 kg. Si l'atelier ne s'était borné qu'à fabriquer des fibules (qui pèsent en moyenne 4,5 g), on peut envisager entre 550 et 2 800 pièces produites pendant la durée de son fonctionnement.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au centre du site, la mise au jour d'une forge avec ses niveaux de sols et de circulation reste une découverte exceptionnelle. La répartition spatiale des nombreux déchets métalliques et des objets en cours d'élaboration, a permis de mettre en évidence, en plus de la zone de la forge, une seconde zone de travail au nord du site à proximité du bâtiment 3. Rappelons également que de nombreuses battitures ont pu être recueillies vers le foyer aménagé du bâtiment 13. Ce sont donc trois zones qui ont pu être identifiées sur lesquels le travail du fer et du bronze étaient réalisés. Tous ces éléments laissent supposer que l'activité principale du site est basée sur la métallurgie. À travers l'ensemble des vestiges métalliques liés à la manufacture du fer, il est ainsi possible de préciser la plupart des productions réalisées à la *Peute Combe*. On peut ainsi noter la confection d'éléments de vêtement : fibule à timbale et crochet de ceinture, complétées de trousse de toilette (*scalptorium*, pince à épiler et lame de force), pièces de "petits mobiliers" se rapportant à la vie quotidienne des populations. Les chutes de tôles évoquant des gardes et les fragments d'ébauches de lame en fer peuvent aussi relever d'une seule et même production de couteaux.

Dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour de Talant, trois sites ruraux datés du Hallstatt D livrent des traces de travail du fer (Izier *Les Argilières*, St Apollinaire *La Pièce au Poirier* 3, Rouvres-en-Plaine *Fin Lassu*³⁷). Ces sites sont uniquement

36. Anderson *et al.* 2003.

37. Berranger, éd. 2015

concernés par les activités de forgeage, la réduction du minerai de fer est absente. Pour le moment les lieux de production de fer brut ne sont donc pas connus dans la région de Dijon pour cette période. Lorsqu'il est possible de préciser la nature des activités de forge pratiquées dans ces ateliers, elles apparaissent ponctuelles et variées, et il est possible que l'entretien d'outils ait également été effectué.

L'habitat ouvert de Bragny-sur-Saône, distant d'une cinquantaine de kilomètres, se distingue également des ateliers de Talant en tant que centre de production majeur, concerné aussi bien par l'épuration d'un métal brut que par des productions finies diversifiées³⁸. Les techniques attestées à Talant : qualité d'épuration excellente, soudures d'alliages différents, mise en forme par replis sont par contre analogues avec celles documentées dans la zone artisanale de Bourges *Port Sec Sud*, située à proximité du complexe princier³⁹. La vocation productive des ateliers de Talant et sa spécialisation dans la fabrication d'objets complexes permettent aussi de le comparer aux ateliers récemment étudiés au sein de l'agglomération de Lyon-Vaise⁴⁰. Les activités de Talant, par leur caractère spécialisé vers la production d'objets personnels, et par le haut degré de technicité trouveraient ainsi plutôt des comparaisons auprès de certaines agglomérations fortifiées ou ouvertes du Hallstatt D3/LTA. Aussi, que cela concerne des productions destinées à l'ensemble de la population ou réservées à une classe sociale plus élevée, l'étude intégrée des déchets corrélée à celle des objets finis permet de montrer une standardisation des gestes et des productions, de même que le haut-niveau de technicité développé et mis en œuvre par les artisans de Talant.

Références bibliographiques

- Anderson, T.-J., C. Agustoni, A. Duvauchelle, V. Serneels et D. Castella (2003) : *Des artisans à la campagne. Carrière de meules, forge et voie gallo-romaine à Châbles (FR)*, Archéologie fribourgeoise 19, Service archéologique de l'État de Fribourg.
- Augier, L., A. Baron, A. Filippini, P.-Y. Milcent, B. Pescher et M. Salin (2009) : "Les Activités artisanales de la fin du VI^e et du V^e s. av. J.-C. attestées sur le site de Bourges (Cher)", in : *AFEAF 2008*, 39-66.
- Augier, L., O. Buchsenschutz, R. Durand, A. Filippini, D. Germinet, M. Levery, P. Macon, B. Pescher, I. Ralston, M. Salin et J. Troadec, éd. (2012) : *Un complexe princier de l'âge du Fer : le quartier artisanal de Port Sec sud à Bourges (Cher). Analyse des structures et du mobilier*, RACF Suppl. 41, Tours.
- Augier, L., O. Buchsenschutz, R. Durand, A. Filippini, D. Germinet, P. Macon, S. Pauly, B. Pescher, I. Ralston, R. Roure, M. Salin, A. Tichit et B. Vannière (2012) : *Un complexe princier de l'Âge du Fer: le quartier artisanal de Port Sec sud à Bourges (Cher). Analyse des structures et du mobilier*, RACF Suppl. 41, Tours.
- Bauvais, S. et P. Fluzin (2006) : "Réflexions sur l'organisation technico-sociale des activités de forge dans l'Aisne. Archéosciences", *Revue d'archéométrie*, 30, 25-43.
- Benkert, A., P. Curdy, C. Epiney-Nicoud, G. Kaenel, F. Mac Cullough, M. Mauvilly et M. Ruffieux (2010) : "Zentralisierungsprozess und Siedlungsdynamik in der Schweiz (8.-4. Jh. V. Chr.)", in : Krausse & Beilharz, éd. 2010, 79-118.
- Berranger, M., éd. (2015) : *La sidérurgie en Bourgogne et en Franche-Comté avant le haut-fourneau. Organisation et circulation des productions. Projet collectif de recherche, rapport d'activité 2015*, SRA Franche-Comté.

38. Flouest 2007 ; Modarressi-Tehrani 2009, Orengo 2003.

39. Filippini 2015.

40. Cararra 2009.

- Berranger, M. et P. Fluzin (2009) : "Le village celtique de Levroux : nature et organisation des activités sidérurgiques", in : *AFEAF 2008*, 19-37.
- (2011) : "Du métal brut au demi-produit : propriétés et modes de circulation des matières premières ferreuses", in : Reddé *et al.*, éd. 2011, 877-886.
- (2012) : "From iron to semi-product: quality and circulation of materials during the Iron Age in France", *Archaeometry*, 54 (4), 664-684.
- Biel, J. (1990) : "Fortsetzung der Siedlungsreste in Eberdingen-Hochdorf, Kreis Ludwigsburg", *Archäologisches Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, 89-93.
- (1997) : "Le Hohenasperg et l'habitat de Hochdorf", in : Brun & Chaume, éd. 1997, 17-26.
- Brun, P. et B. Chaume, éd. (1997) : *Vix et les éphémères principautés celtiques, les VI^e-V^e siècles avant J.-C. en Europe centro-occidentale, Actes du colloque de Châtillon-sur-Seine, Paris, 27-29 octobre 1993*, Paris.
- Cararra, S. (2009) : "L'agglomération urbaine de Lyon-Vaise (Rhône) à la fin du VI^e siècle et au V^e siècle avant J.-C. : bilan des découvertes", in : *AFEAF 2008*, 207-235.
- Cararra, S., E. Dubreucq et B. Pescher (2013) : "La fabrication des fibules à timbale comme marqueur des contacts et des transferts technologiques au cours du Ha D-LTA1. Nouvelles données d'après les sites de Bourges, Lyon et Plombières-les-Dijon", in : *AFEAF 2011*, 535-548.
- Chaume, B. (2001) : *Vix et son territoire à l'âge du Fer. Fouilles du mont Lassois et environnement du site princier*, Protohistoire européenne 6, Montagnac.
- Daubigney A., éd. (1993) : *Fonctionnement social de l'âge du Fer : opérateurs et hypothèses pour la France. Actes de la table ronde internationale de Lons-le-Saunier, 24-26 octobre 1990*, Lons-le-Saunier.
- Deffressigne, S. et N. Tikonoff (2012) : "La proto-urbanisation dans le bassin de Nancy (Lorraine) de la fin du VI^e au I^{er} siècle av. J.-C.", in : *AFEAF 2010*, 127-138.
- Drescher, H. (1995) : "Verarbeitung von Buntmetall auf der Heuneburg", in : Gersbach, éd. 1995, 255-364.
- Dubreucq, É. (2013) : *Métal des premiers celtes, productions métalliques sur les habitats des provinces du Hallstatt centre-occidental*, Dijon.
- (2014) : "Étude du mobilier métallique du Ha D-LTA1 découvert sur le site de la Peute Combe à Plombières-les-Dijon", in : Labeaune & Alix, éd. 2014, 270-304.
- Echard, N., éd. (1983) : *Métallurgies africaines : nouvelles contributions*, Mémoires de la société des africanistes 9, Paris.
- Filipinni, A. (2015) : *La métallurgie du fer dans le Centre-Est de la France au V^e siècle. Approches historique, archéologique et archéométrique*, FERACF Suppl. 59, Tours.
- Filipini, A. et B. Pescher (2009) : "Découverte d'une zone de production de fibules à timbales à Bourges 'Port-Sec sud' (Cher)", *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 39 (1), 77-93.
- Flouest, J.-L. (1993) : "Activités métallurgiques et commerce avec le monde méditerranéen au V^e siècle av. J.-C. à Bragny-sur-Saône (Saône et Loire)", in : Daubigney, éd. 1993, 21-31.
- (2007) : "Approches quantitatives de la production de fer, sur le site hallstattien de Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire)", in : *AFEAF 2004-2*, 265-270.
- Fluzin, P. (1983) : "Notions élémentaires de sidérurgie", in : Echard, éd. 1983, 14-44.
- Gersbach, E. (1989) : *Ausgrabungsmethodik und Stratigraphie der Heuneburg*, I-III, Heuneburg Studien 6, Römisch-Germanische Forschungen 46, Mayence.
- Gersbach, E., éd. (1995) : *Baubefunde der Perioden IVc-IVa der Heuneburg*, Heuneburg Studien 9, Römisch-Germanische Forschungen 53, Mayence.
- Hopert, S. (2003) : "Singen am Hohentwiel Mühlengelge. Ein eisenzeitliches Handwerkerquartier", in : *AFEAF 1996*, 113-124.
- Janin, T., éd. (2002) : *Archéologie du TGV Méditerranée : fiches de synthèse, la protohistoire*, MAM 9, Lattes.
- Joffroy, R. (1960) : *L'oppidum de Vix et la civilisation hallstattienne dans l'Est de la France*, Paris.
- Kimmig, W. (1968) : *Die Heuneburg an der oberen Donau*, Führer zu vor- und frühgeschichtlichen Denkmälern in Württemberg und Hohenzollern 7, Stuttgart.
- Krause, D. et D. Beilharz, éd. (2010) : *Fürstensitze und Zentralorte der frühen Kelten*, Stuttgart.
- Labeaune, R. et S. Alix, éd. (2014) : *Talant, Plombières-les-Dijon, Côte d'Or, Bourgogne, Peute Combe, Les Vaux Bruns. Découvertes d'un établissement rural gallo-romain et d'un hameau à vocation artisanale du V^e siècle avant J.-C., I-VI, rapport d'opération fouille archéologique*, Inrap Grand-Est-Sud.

- Lagadec, J.-P., P. Duval, J. Éveillard, M. Leroy et A. Ploquin (1989) : “Bilan de sept campagnes de fouilles à la Cité d’Affrique de Messein (1981-1987)”, *RAE*, 40, 146-197.
- Mangin, M., éd. (2004) : *Le fer*, Paris.
- Mauvilly, M., I. Antennen, E. Cristobal, M. Ruffieux et V. Serneels (1998) : “Sevaz Tudinges : chronique d’un atelier de métallurgistes du début de La Tène dans la Broye”, *Archéologie suisse*, 2, 144-154.
- Milcent, P.-Y. (2007) : *Bourges Avaricum : un centre proto-urbain celtique du v^e siècle av. J.-C. : les fouilles du quartier Saint-Martin-des-Champs et les découvertes des établissements militaires*, Bituriga Monographie 1, Bourges.
- Modarressi-Tehrani, D. (2009) : *Untersuchungen zum früheisenzeitlichen Metallhandwerk im westlichen Hallstatt- und Frühlatènegebiet*, Bochumer Forschungen zur Ur- und Frühgeschichtlichen Archäologie 2, Rahden.
- Modarressi-Tehrani, T. (2004) : *Ein Ensemble frühlatènezeitlicher Metallverarbeitung aus der Siedlung von Eberdingen-Hochdorf*, Metalla 11, Bochum.
- Orengo, L. (2003) : *Forges et forgerons dans les habitats laténiens de la Grande Limagne d’Auvergne, fabrication et consommation de produits manufacturés en fer en Gaule à l’âge du Fer*, Monographies instrumentum 26, Montagnac.
- Pescher, B. (2012) : “L’instrumentum”, in : Augier et al., éd. 2012, 119-156.
- Reddé, M., P. Barral, F. Favory, J.-P. Guillaumet, M. Joly, J.-Y. Marc, P. Nouvel, L. Nuninger et C. Petit, éd. (2011) : *Aspects de la Romanisation dans l’Est de la Gaule*, I-II, Bibracte 21, Glux-en-Glenne.
- Rozoy, J.-G. (1986) : *Les celtes en Champagne. Les Ardennes au second âge du Fer : Le Mont-Troté, les Rouliers. Charleville-Mézières*, Mémoires de la Société archéologique champenoise 4, Charleville-Mézières.
- Treffort, J.-M. (2002) : “Le site de Crest-Bourbousson (Drôme)”, in : Janin, éd. 2002, 383-396.
- Vega, E., P. Dillmann et P. Fluzin (2002) : “Contribution à l’étude de fers phosphoreux en sidérurgie ancienne”, *ArchéoSciences, revue d’archéométrie*, 26, 197-208.