

L'économie du fer protohistorique :
de la production
à la consommation du métal

L'économie du fer protohistorique :
de la production à la consommation du métal

XXVIII^e colloque de l'AFEAF
Toulouse, 20-23 mai 2004

sous la direction de
Pierre-Yves Milcent

Aquitania
Supplément 14/2
— Bordeaux —

Sommaire

AUTEURS7

AVANT-PROPOS13

LA MÉTALLURGIE D'EXTRACTION : DU MINERAI À LA BARRE DE FER

CL. DOMERGUE,

La sidérurgie extractive en Transalpine et dans la Gaule indépendante à la fin de l'âge du Fer.

Essai de mise en parallèle17

S. CABBOI, Chr. DUNIKOWSKI, M. LEROY, P. MERLUZZO,

Les systèmes de production sidérurgique chez les Celtes du Nord de la France35

J.-B. VIVET,

La production du fer protohistorique en haute Bretagne d'après les résultats des prospections,

des fouilles d'ateliers et des analyses archéométriques63

L. FOURNIER, P.-Y. MILCENT,

Actualité des recherches sur l'économie du fer protohistorique dans la Région Centre85

Cl. POLO CUTANDO, C. VILLAGORDO ROS,

L'exploitation du fer en Sierra Menera (Teruel-Guadalajara, Espagne) aux III^e - I^{er} s. a.C.107

POSTERS

D. HONORÉ, G. LÉON, N. ROUDIÉ,

Deux sites de réduction et de forge de l'âge du Fer en Normandie117

J.-M. FABRE, D. RIGAL,

Les vestiges d'ateliers sidérurgiques de l'âge du Fer sur les sites de l'autoroute A20 : Courcan (Cours, Lot)125

M. BERRANGER,
Les demi-produits de fer au I^{er} millénaire a.C. en Europe continentale : potentialités d'études133

M.-P. COUSTURES, G. RENOUX, C. SCAON, D. BÉZIAT, Chr. RICO, Fr. DABOSI,
L. LONG, Cl. DOMERGUE, Fr. TOLLON,
Le point sur une méthode de détermination de provenance des objets en fer de la sidérurgie ancienne145

P. HALKON,
"Valley of the first Iron Masters". Recent research on Iron Age iron production and its significance
in the Foulness Valley, East Yorkshire, England..... 151

LA MÉTALLURGIE D'ÉLABORATION : DE LA BARRE DE FER À L'OBJET FINI

C. ROVIRA HORTALÀ,
Producción e intercambio de los primeros objetos de hierro del nordeste de la Península Ibérica (s. VII - VI a.C.)..... 167

Ph. GRUAT, Ph. ABRAHAM, C. MAHÉ-LE CARLIER, A. PLOQUIN,
avec la collab. de C. GRIMA, G. MARCHAND, G. MARTY,
L'artisanat du fer en milieu caussenard : l'exemple de l'enceinte du Puech de Mus
à Sainte-Eulalie-de-Cernon (Aveyron), aux V^e et IV^e s. a.C. 177

Y. MENEZ, J.-B. VIVET, K. CHANSON, M. DUPRÉ,
La forge de Paule (Côtes-d'Armor)213

S. BAUVAIS, St. GAUDEFRY, Fr. GRANSAR, Fr. MALRAIN, Ph. FLUZIN,
Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie239

POSTERS

J.-L. FLOUEST,
Approches quantitatives de la production de fer sur le site hallstattien de Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire).....265

M. MAUVILLY, V. SERNEELS, M. RUFFIEUX, E. GARCIA CRISTOBAL,
Le travail du fer dans une forge du milieu du V^e s. a.C. à Sévaz/Tudings (canton de Fribourg, Suisse)271

Chr. DUNIKOWSKI, J.-M. SÉGUIER, S. CABBOI,
La production du fer protohistorique au sud-est du Bassin Parisien279

L. DHENNEQUIN,
Les ateliers de travail du fer au Mont Beuvray : présentation des fouilles récentes effectuées
dans la zone artisanale du Champlain sur l'*oppidum* de Bibracte291

A. SCHÄFFER,	
Eisenverarbeitung im <i>Oppidum</i> von Manching (Bayern). Untersuchungen zu Schlacken und Herdfragmenten der Grabung "Altenfeld" 1996-1999	299
K. KASTOWSKY, M. MEHOFER, P. C. RAMSL,	
Analyses métallographiques d'objets de fer laténiens autour du massif de la Leitha	305
LA CONSOMMATION DU FER : ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES ; IMPLICATIONS ÉCONOMIQUES ET SOCIALES	
J.-P. GUILLAUMET,	
Introduction. La paléomanufacture métallique, une nouvelle méthode d'étude	321
É. DUBREUCQ,	
Le petit mobilier en fer des habitats du Hallstatt D-La Tène A : un mobilier sous-exploité	329
O. NILESSE,	
Note à propos des armes de trois établissements ruraux de l'Ouest de la France	355
G. BATAILLE,	
Un nouveau protocole d'analyse des grands ensembles de mobiliers métalliques sur la base du NMI. L'exemple du sanctuaire laténien de La Villeneuve-au-Châtelot (Aube)	365
L. ORENGO,	
Hallstatt-La Tène : un "sous-âge du Fer" ? Et qu'en est-il de l'époque romaine ?	381
POSTERS	
A. FILIPPINI,	
Les couteaux en fer du Sud-Ouest de la Gaule (VIII ^e -V ^e s. a.C.)	395
M. GENERA I MONELLS,	
Le village protohistorique du Puig Roig del Roget (el Priorat) : spécialisation artisanale et signification socio-économique	407
P. FOSTER, P. SANKOT,	
La tombe n° 2254 de Tišice (Bohême centrale) et son contexte du V ^e s. a.C.	417
Remarque conclusive. L'économie du fer protohistorique (VIII ^e -I ^{er} s. a.C.). De la production à la consommation du métal	
V. SERNEELS	425

La métallurgie d'élaboration : de la barre de fer au produit fini

La forge de Paule (Côtes-d'Armor)

Yves Menez, Jean-Bernard Vivet, Karine Chanson, Mathilde Dupré

RÉSUMÉ

Remarquablement situé près de l'accès à l'habitat aristocratique du Camp de Saint-Symphorien (Paule) fouillé depuis 1988, et adossé au rempart de ce dernier, un bâtiment de forge du II^e siècle a.C., comportant trois niveaux de sols successifs, fournit des éléments majeurs d'interprétation du travail de forge chez les Osismes : foyers de forge originaux, exceptionnellement préservés, enclume de pierre au sol, scories et résidus métalliques. L'implantation de l'atelier, les structures et mobilier métallurgiques sont plus spécifiquement présentés.

MOTS-CLÉS

métallurgie, forge, âge du Fer, atelier, Armorique, Osismes, scories, métal

ABSTRACT

Remarkably placed nearby the entrance of the aristocratic campement of Saint-Symphorien (Paule) excavated since 1988, built against his fortification, a forge building from the 2nd siècle B.C., including three successive soils, provides the majors interpretation elements of the smithing work among the Osismes: original and unique smithing hearths, stone anvil on the ground, slags and metallic residues. The layout of the workshop, structures and metallurgical artefacts are more specifically presented.

KEYWORDS

metallurgy, forge, iron Age, workshop, Brittany, Osismes, slags, metal

PRÉAMBULE

Le camp de Saint-Symphorien à Paule se situe en plein cœur de la Bretagne, à proximité des limites des départements du Finistère et du Morbihan. Il occupe une position topographique remarquable à l'extrémité d'une ligne de crêtes qui prolonge vers l'est les Montagnes Noires. L'étude de ce site a débuté en 1988, dans le cadre d'une opération préventive dirigée par Cl. Le Potier préalablement aux travaux de rectification d'une route départementale. L'intérêt particulièrement remarquable des découvertes alors effectuées a conduit à poursuivre ces recherches de part et d'autre de la nouvelle route dans le cadre d'opérations programmées dirigées en 1989 et 1990 par J.-Ch. Arramond puis, depuis 1991, par Y. Menez. Le plan établi à l'issue de ces fouilles témoigne de l'évolution, entre le ^v^e et le ⁱ^{er} s. a.C., d'un vaste habitat aristocratique, principale résidence d'une des familles les plus puissantes de la Cité des Osismes (fig. 1).

Parmi l'abondant mobilier livré par ce site, on note la présence de résidus du travail du bronze, de l'or et du fer. Pour ce dernier métal, les découvertes se réduisent le plus souvent à des fragments de parois de foyers ou de fours ou à des scories retrouvés dans les remblais datés de La Tène moyenne ou de La Tène finale. Ces scories, dont le poids total s'élève à 58,5 kg environ, s'apparentent toutes, à l'exception d'une unique scorie coulée, aux résidus générés par un travail de forge et non par la réduction de minerai ou l'épuration de loupes. L'étude globale de ce mobilier sera présentée dans le cadre de la monographie consacrée à ce site, dont la rédaction devrait être achevée au début de l'année 2007. Nous nous contenterons, dans le cadre de cet article, de livrer sans attendre les principales données d'une découverte majeure : celle des vestiges d'une forge édifiée à proximité d'une des portes de cet habitat, sur les remblais d'une ancienne douve comblée au ⁱⁱ^e s. a.C. Plusieurs fois remanié, ce bâtiment a été détruit au cours du ⁱ^{er} s. a.C. et ses ruines enfouies sous un rempart lors de la construction d'une nouvelle ligne de défense.

L'étude de cet atelier a fait l'objet d'une collaboration entre Y. Menez, qui a dirigé la fouille et coordonné l'étude de ces vestiges, J.-B. Vivet, qui a élaboré la méthode de fouille et assuré l'étude des foyers, des scories et des battitures et K. Chanson

qui a pris en charge l'étude du mobilier métallique mis au jour. Les figures ont été mises au net par M. Dupré, à l'exception des dessins du mobilier métallique effectués par K. Chanson.

1. DÉCOUVERTE ET FOUILLE DE L'ATELIER

Les vestiges de cette forge ont été détectés en 2000 lors d'un des nombreux sondages effectués dans l'une des douves qui ceinturaient l'habitat. Au-dessus des niveaux habituels résultant de l'érosion naturelle, puis du remblai de cette excavation, est apparue une accumulation de sols cendreaux épais de quelques centimètres, entrecoupée de lits de remblais étalés lors de la réfection de ces sols. Ces couches, légèrement incurvées, étaient elle-même surmontées d'une masse de pierraille de grès extrêmement compacte, correspondant à la base d'un rempart édifié lors d'une phase ultérieure. Dès ce moment, la découverte dans les couches de cendres de multiples petites scories bulleuses, de fragments de parois de fours et d'objets en fer suggérait la présence d'une forge dans cette partie du site. Plusieurs fosses étroites aux parois verticales visibles dans les coupes annonçaient des trous de poteaux immédiatement antérieurs ou contemporains de l'installation des sols cendreaux, pour ceux des coupes localisées au nord du sondage (5 et 6, fig. 2), et postérieurs pour un autre, dans lequel était implanté un poteau localisé à l'extrémité du rempart qui a écrasé ces sols (7, fig. 2).

La fouille de l'emplacement de la forge, localisée à l'angle de l'ancien fossé, s'est effectuée en 2001, durant 4 semaines. Une fois la base du rempart enlevée, des plans ont été relevés au fur et à mesure de l'apparition des structures. Du fait des tassements générés par le rempart, les sols, déformés et recoupés en de nombreux endroits, se sont révélés difficiles à suivre. Ils n'étaient conservés qu'à l'aplomb de l'ancien fossé et ont été totalement détruits en bordure de cette excavation lors de l'arasement du rempart dû à la mise en culture de cette parcelle. Les fosses dans lesquelles étaient implantés les poteaux supports de la toiture sont apparues sous la forme de vastes excavations taillées dans la roche altérée ou, pour certaines d'entre elles, dans le comblement de l'ancien fossé (fig. 3). Malgré des décapages méticuleux à l'emplacement de ces remblais, certains



Fig. 1. Localisation de la forge sur le plan général du site mis à jour pour 2001.

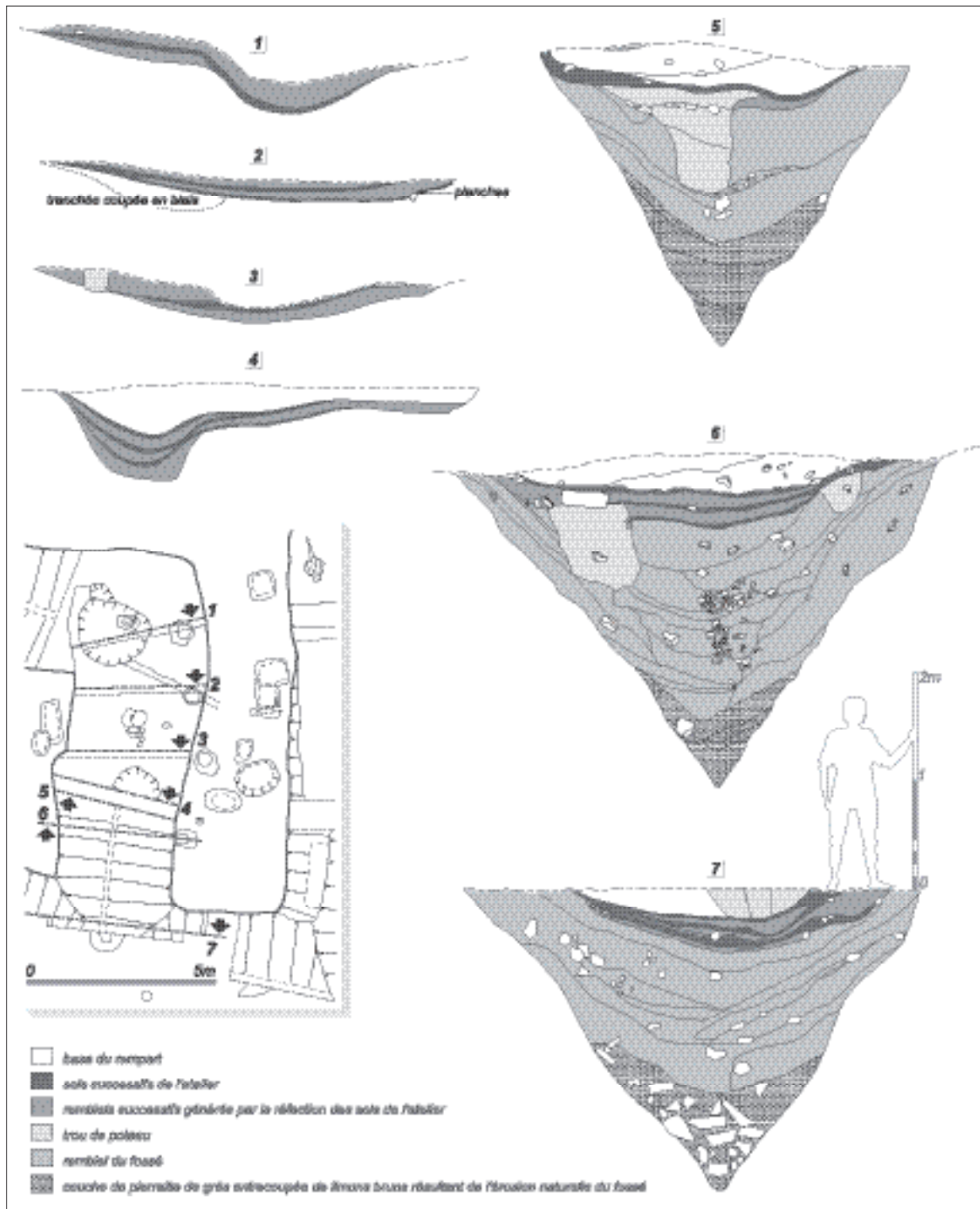
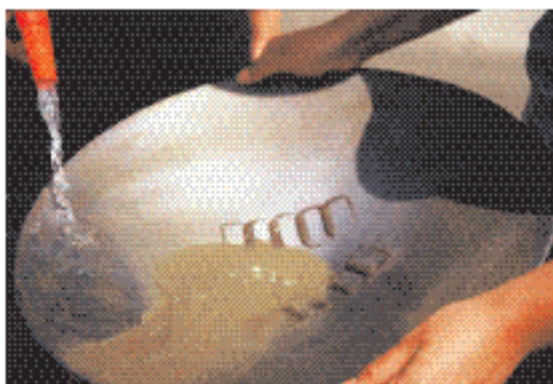
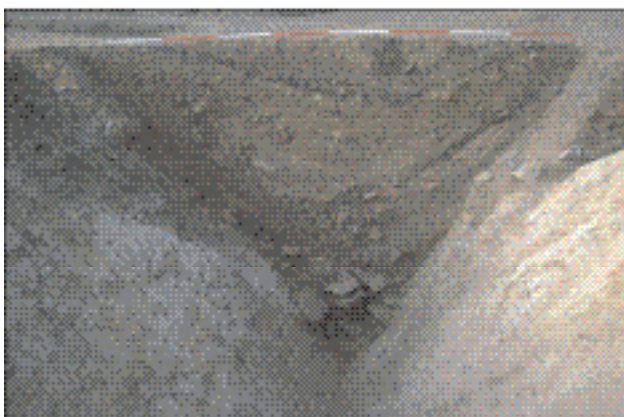
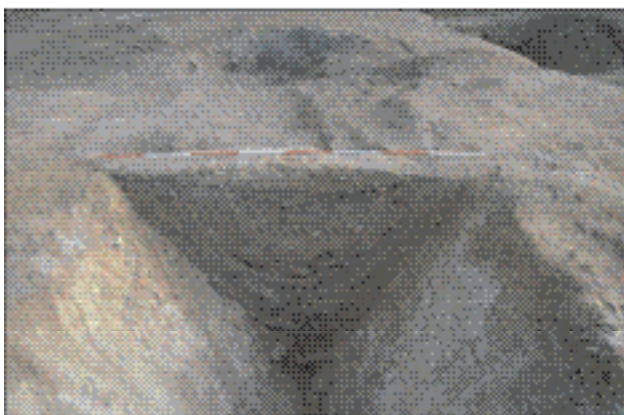


Fig. 2. Coupes relevées dans le fossé et l'atelier, mettant en évidence les sols successifs de la forge.

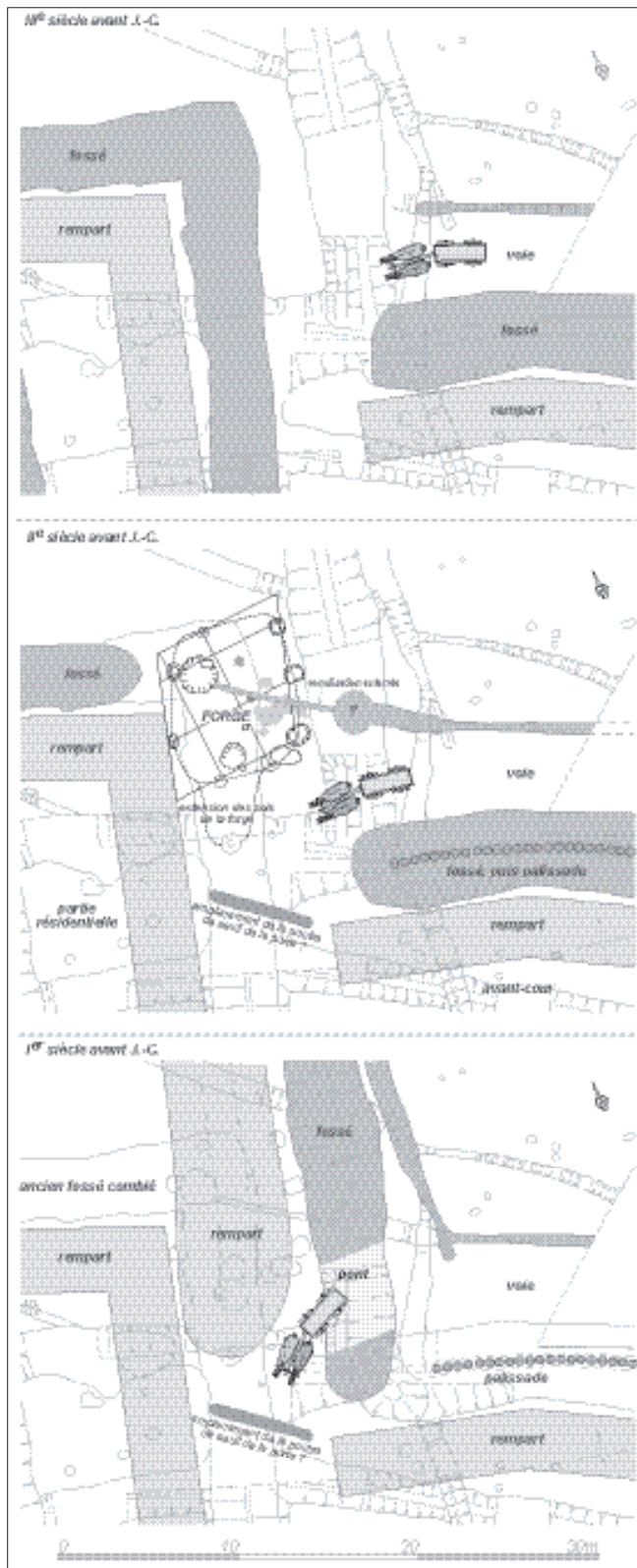
trous de poteaux ont pu nous échapper, si les terres qui les comblaient présentaient peu de différence avec celles qui remplissaient le fossé. Plusieurs banquettes ont été laissées en travers de l'atelier afin de faciliter le calage en chronologie relative des différents sols, des remblais et des fosses mis au jour. Si l'on en juge par la disposition des trous de poteaux, qui dessinent le plan d'un bâtiment de 9,50 m sur 7 m, les sols de cette forge n'ont été préservés de l'érosion que sur un peu plus du tiers de la superficie couverte.

Afin d'éviter de perdre des informations, un protocole spécifique a été mis en place pour la fouille des vestiges de cet atelier. Un carroyage a été implanté et, pour chacun des sols mis au jour, un seau de terre a été prélevé sur chacun des m² fouillés. Une fois pesés, ces sédiments ont été tamisés à l'eau sur une colonne de tamis afin de récupérer les éléments les plus grossiers : scories, fragments de parois de fours, objets de fer, charbons de bois, ... Les boues issues de ce tamisage ont été récupérées et passées dans une battée métallique d'orpailleur sous laquelle avaient été fixés de puissants aimants (fig. 4). Les fines



▲ Fig. 3. En haut, les vestiges de l'atelier vus du nord ; ci-dessus, vues des coupes n° 6 et 7, localisées fig. 2.

◀ Fig. 4. Tri des sédiments prélevés sur les sols de la forge à la battée métallique d'orpailleur ; les aimants fixés sous la battée facilitent la récupération des petits fragments magnétiques.



particules métalliques, des battitures pour l'essentiel, ont ainsi pu être récupérées, puis séchées et mises en sachets. Les refus de tamis, séchés, ont été triés et les éléments magnétiques systématiquement récupérés à l'aide d'un aimant. Ce protocole a imposé à une équipe de 3 à 4 fouilleurs de travailler dans des conditions souvent difficiles. Ce travail, dirigé par H. Alzieu, de Toulouse, que nous tenons à remercier ici, s'est révélé en définitive efficace et pertinent.

2. LOCALISATION ET ÉVOLUTION DU BÂTIMENT DE FORGE

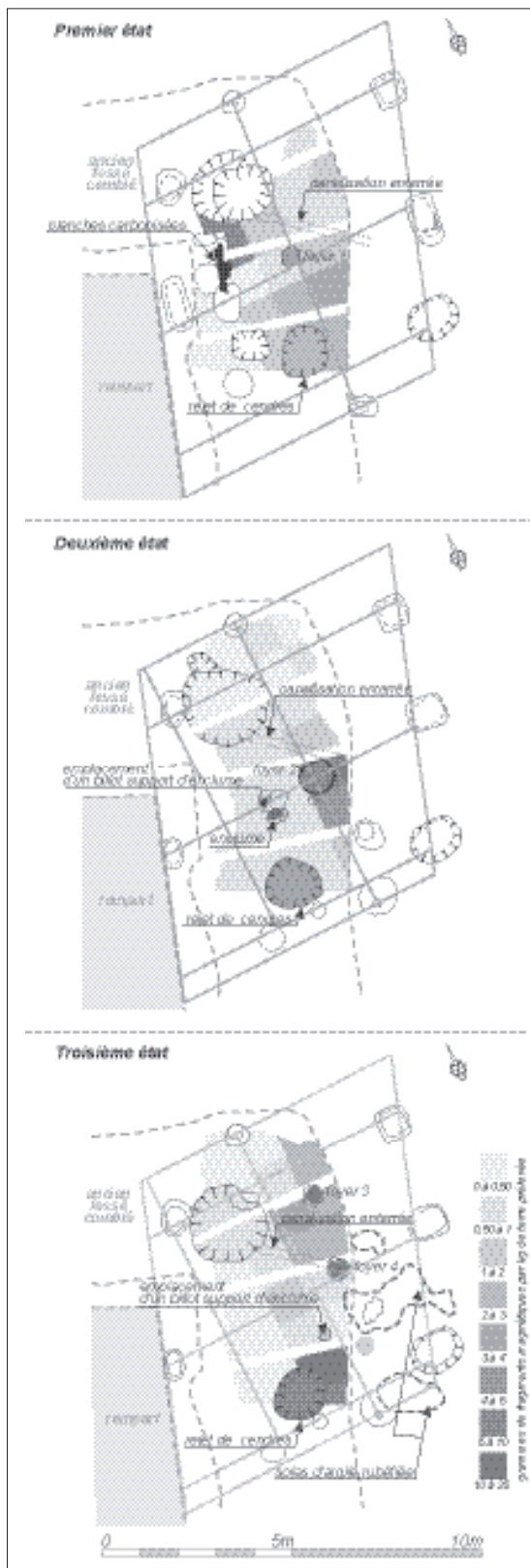
Les vestiges de cette forge ont été mis au jour à l'angle nord-ouest des lignes de fortification qui délimitaient le cœur du site durant La Tène moyenne et La Tène finale. Les stratigraphies réalisées de manière systématique aux jonctions du réseau de fossés, particulièrement dense dans cette partie du site, ont permis de restituer l'évolution des clôtures et de mettre en relation la construction puis la démolition de cet atelier avec de profonds remaniements des lignes de défense (fig. 5). Au cours du III^e s. a.C., l'accès au cœur de cet habitat délimité par une double ligne de défense formée de remparts précédés de fossés s'effectuait par l'intermédiaire d'une avant-cour. Pour accéder à cet espace, on empruntait une voie qui longeait sur une cinquantaine de mètres un fossé localisé au pied d'un rempart puis, après un virage serré entre ce fossé et celui délimitant le cœur du site, on pénétrait par un passage large d'environ 4 m dans l'avant-cour.

Cet accès, où l'aspect défensif prime sur les facilités d'usage quotidien, a été remanié vers le début du II^e s. a.C. Le fossé qui précédait le rempart à l'angle nord-ouest du cœur du site a été remblayé sur quelques dizaines de mètres et la porte d'accès à l'avant-cour a été légèrement décalée vers l'ouest (fig. 5). Le bâtiment de forge a été édifié sur ces remblais. Il est venu s'adosser au front du rempart au débouché de la voie mais sans pour autant gêner

◀ Fig. 5. Insertion de la forge dans l'évolution des clôtures à l'angle nord-est du cœur de la forteresse.

l'accès à l'avant-cour. Les plans successifs du bâtiment, qui s'inscrivent dans un parallélogramme et non dans un rectangle, sont inhabituels sur le site et résultent manifestement d'une adaptation à ces contraintes. Une petite tranchée à fond plat, large d'une vingtaine de centimètres et profonde d'autant, a été retrouvée immédiatement sous les sols de la forge qui se sont effondrés par tassement à l'intérieur en plusieurs points du tracé. Localisée dans le prolongement exact du petit fossé qui borde la voie au nord, elle a pu servir à poser une conduite de bois qui canalisait les eaux de ruissellement pour les évacuer dans une vaste fosse, profonde d'une soixantaine de centimètres, située dans l'angle nord-ouest de l'atelier. Cette fosse, couverte si l'on en juge par le tassement des sols à son aplomb (coupe 4, fig. 2), a dû servir de puisard ou recevoir une cuve destinée à stocker l'eau ainsi recueillie.

L'état le plus ancien de cette forge est un bâtiment trapézoïdal long de 9,60 m et large de 7 m, soit une superficie minimale couverte de 67 m² (fig. 6). Trois trous de poteaux de sections grossièrement quadrangulaires et de dimensions supérieures à 1m ont été repérés dans la roche, le long du flanc est de l'ancien fossé. Ils dessinent une ligne parallèle au rempart et le niveau du fond de ces excavations est assez constant. Relativement profonds (jusqu'à 70 cm, dans un substrat relativement compact), ils correspondent très vraisemblablement aux principaux supports de la charpente localisés à une distance d'environ 7 m du front du rempart. Deux trous de poteaux de formes analogues ont été identifiés en vis-à-vis, sur le flanc ouest ou dans le comblement de l'ancien fossé (fig. 3). L'emplacement d'un éventuel support de la poutre localisée au sud n'a pas été repéré. Elle pouvait être ancrée directement dans le front du rempart. Deux trous de moindre ampleur peuvent marquer les emplacements des pignons de la forge. Ils devaient accueillir les poteaux supports d'une poutre intermédiaire peut-être destinée à diminuer les portées de la toiture. Il est en effet difficile de les interpréter comme les supports d'une poutre faîtière, dans la mesure où le



► Fig. 6. Plans successifs de l'atelier

bâtiment, qui s'est adossé à un rempart, devait être couvert d'une toiture à un seul pan incliné vers l'est.

Au centre exact de cet édifice, un foyer en cuvette a été mis au jour (fig. 7, 1). Sa forme ovale (54 x 44 cm) est bien soulignée par une fine couche formant un liseré rouge à âme brun noir. De fait, la chaleur générée par le foyer a été suffisamment élevée pour provoquer une rubéfaction de la surface interne de la structure en creux, sans toutefois provoquer de véritable cuisson de l'argile. Sa profondeur atteint 17 cm et son profil montre une dépression dont les parois se redressent très fortement dans la zone d'affleurement. Ni le fond, ni les parois n'ont été lissés ou lutés. Aucun bloc d'argile cuite pouvant appartenir à une quelconque substructure n'a été recensé. Le comblement attribuable à son fonctionnement est colmaté en grande partie par une couche d'argile rapportée lors de la réfection de l'atelier, elle-même surmontée par un niveau d'argile rubéfié et charbonneux, provenant d'un grand foyer installé ultérieurement. La couche liée à l'activité incorpore, au sein d'une argile ocre, un nombre très élevé de charbons de bois, de dimensions centimétriques, qui occupent la majeure part du volume inférieur de la cuvette. Un tamisage suivi d'un tri à la battée munie d'aimants a été opéré sur 8,45 kg de sédiment, représentant environ 40 % du remplissage du foyer. Aucun rejet métallurgique, pas plus d'ailleurs que d'os brûlé, ni de céramique, n'y a été découvert. Sa fonction n'est donc pas assurée. On ne peut bien sûr exclure un nettoyage soigné de son contenu. Seule une certaine parenté de forme avec les foyers supérieurs pourrait le rapprocher de l'activité métallurgique. Un charbonnage de petite dimension pour une demande pressante en combustible de forge n'est pas à exclure.

Au sud, une fosse d'environ 1 m de diamètre et 60 cm de profondeur a dû servir de réceptacle pour les terres cendreuses et les déchets issus des balayages de l'atelier (fig. 6). Elle devait être couverte de quelques planches et a été utilisée, comme l'autre fosse localisée au débouché de la canalisation, jusqu'à la démolition du bâtiment. À l'ouest du foyer, les vestiges carbonisés d'un aménagement de planches et de claies ont été retrouvés. Il enserrait ou recouvrait partiellement plusieurs excavations, fondations probables de billots de bois. La forte

concentration de fragments magnétiques, principalement des battitures, à proximité de cet aménagement permet de poser l'hypothèse d'un établi affecté au travail du métal et comprenant une ou plusieurs enclumes.

Le second état de ce bâtiment est marqué par une réfection des sols, avec l'apport d'un remblai d'une dizaine de centimètres d'épaisseur destiné à combler et égaliser les irrégularités de l'ancien sol. Trois nouveaux trous de poteaux sont creusés. Ils recoupent les excavations précédentes et témoignent de modifications mineures de la charpente, avec le changement de deux poutres et la pose d'une nouvelle, sans que la superficie et la structure générale du bâtiment s'en trouvent modifiées. Le foyer central est reconstruit et prend la forme d'une vaste sole d'argile indurée de 90 cm de diamètre, assise sur un radier de blocs de grès (fig. 7, 2). Ce nouveau foyer se situe, comme le précédent, au centre de l'atelier et à l'aplomb de la croisée de deux poutres. En dehors d'une action de drainage de l'humidité, cette disposition particulière, qui intègre un soubassement de pierres, permet de bénéficier d'une inertie thermique, très utile pour opérer dans une ambiance bien régulée en température. Les fortes concentrations de battitures qui l'accompagnent viennent attester son rôle dans le travail de forge. Une enclume de pierre a été mise au jour à 1 m à l'ouest de ce foyer. Apparemment en position fonctionnelle, elle émergeait d'environ 10 cm du sol de ce second état de la forge et était recouverte par les sols du troisième état. Calée à l'aide des fragments d'autres enclumes de pierre, elle était adossée à deux excavations successives de cinquante centimètres de diamètre, fondations probables de billots de bois calés à l'aide de pierres plantées de chant et probablement destinés à supporter des petites enclumes métalliques (fig. 8). La concentration de fragments magnétiques était maximale autour du foyer, ainsi que dans la fosse de vidange des balayages de l'atelier.

Le troisième et dernier état de cette forge est marqué par une nouvelle réfection des sols. Une petite fosse quadrangulaire peut correspondre à un nouvel emplacement d'enclume légèrement décalé vers le sud, si l'on en juge par l'abondance des fragments magnétiques retrouvés épars sur le sol dans ce secteur. La vaste sole de l'état antérieur est recouverte par les remblais et de nouveaux foyers

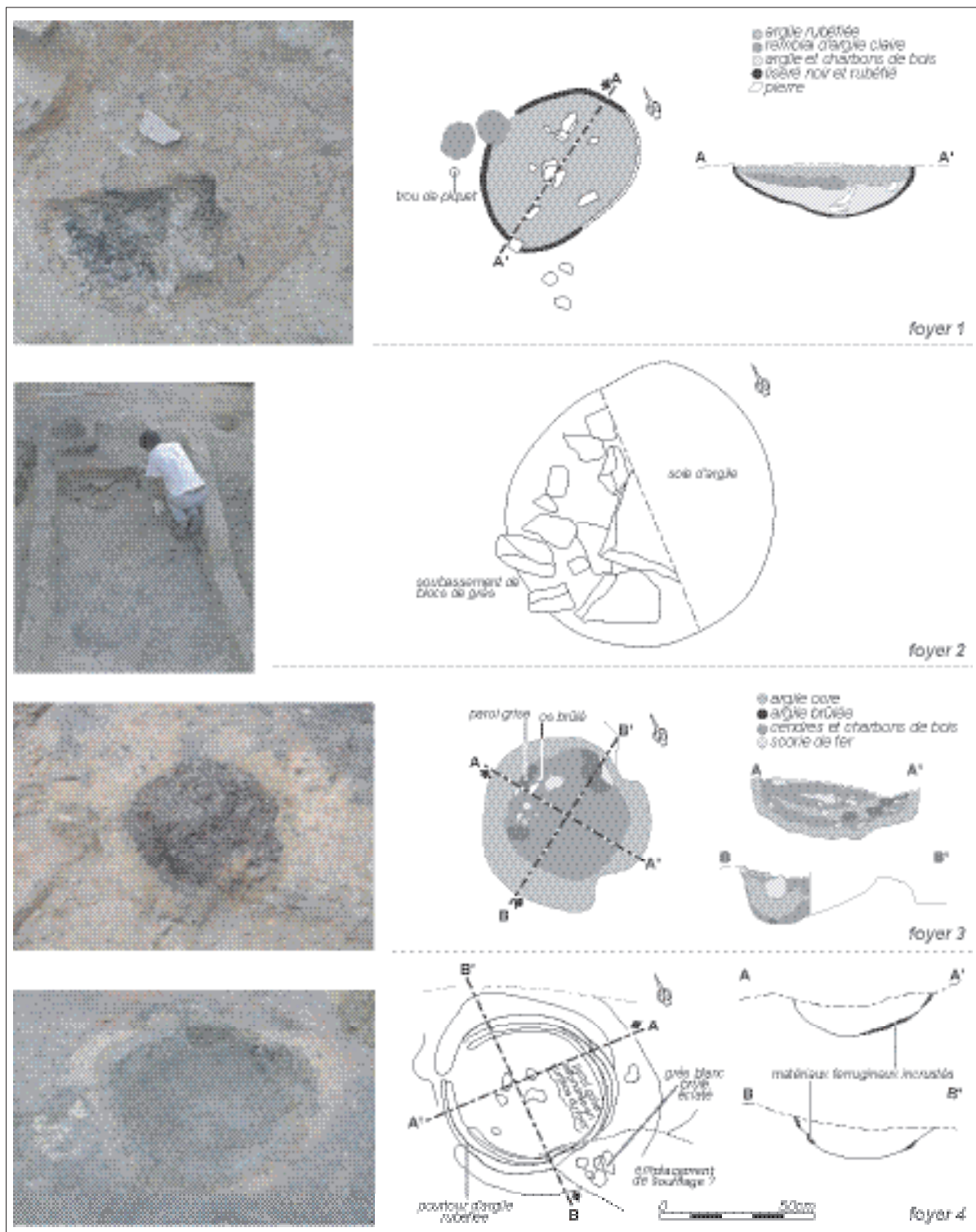


Fig. 7. Foyers correspondant aux états successifs de la forge ; le deuxième cliché montre la superposition du foyer n° 1, dont la partie supérieure apparaît à la gauche du fouilleur, du foyer n° 2, dont le soubassement de bloc de grès est à moitié dégagé, et du foyer n° 4 immédiatement susjacent.

sont aménagés dans la partie orientale du bâtiment. Un placage d'argile recouvrait encore çà et là le substrat dans la partie érodée de l'atelier, à l'est de l'ancien fossé. Induré et rougi en trois endroits, il témoigne de la présence vraisemblable de soles de foyers dans cette partie du bâtiment. L'une d'entre elles était fondée, non pas sur un soubassement de pierres, comme le foyer de l'état précédent, mais sur une assise de planches de bois qui ont été retrouvées en partie carbonisées sous la chape d'argile indurée. Deux foyers en cuvette circulaire ont également été mis au jour. Excavés dans les sols d'atelier sous-jacents, ils ont été soigneusement aménagés. Les centres des deux structures sont distants de seulement 1,75 m. Leur ressemblance apparente se décline, en réalité, de deux manières différentes.

Le premier bas-foyer, d'environ 40 cm de diamètre interne à son niveau d'affleurement, atteint une profondeur de 37 cm (foyer 3, fig. 7). Les bords de la cuvette se relèvent brusquement à la verticale à hauteur du sol, tout en bénéficiant d'une sorte de bourrelet d'argile. On note une forte dissymétrie du profil de la structure, creusée plus profondément du côté du dévers de pente de l'atelier. Un revêtement intérieur a été réalisé simplement à l'aide d'argile ocre, soigneusement lutée sur une épaisseur de 3 à 4 cm, qui a conduit à une bonne conservation de l'état de surface, très lisse, de cette partie basse du foyer qui, malgré une nette induration, due la chauffe, ne montre aucune trace de rubéfaction. Il ne faut pas, pour autant, l'écarter des opérations de forge. On sait le rôle extrêmement isolant que peut jouer un lit de charbons posé au fond d'une telle structure. Qui plus est, si la température n'est pas très élevée et si l'atmosphère n'est pas confinée, le rayonnement est faible, et les gaz transfèrent l'essentiel de la puissance calorifique vers le haut par effet de convection naturelle. Son comblement indique clairement une utilisation liée au travail métallurgique. Les coupes stratigraphiques révèlent trois niveaux de remplissage. Une première couche de 2 à 3 cm d'épaisseur, constituée de charbons de bois, scories et fragments de métal oxydé, occupe le fond du foyer. Un niveau de moellons d'argile claire, d'épaisseur variable (4 à 10 cm), montrant différents degrés de cuisson, recouvre la couche précédente. Sa présence semble imputable à l'effondrement de parties hautes de la structure, qui ont subi une chauffe un peu plus prononcée, mais somme toute

peu élevée, quand on considère le manque de cohésion interne de ces petits blocs. Un dernier niveau en apparence identique au premier vient colmater la partie supérieure de la structure. On observe une zone de faiblesse de son flanc est, laissant pénétrer une masse argileuse. On peut envisager l'existence d'un système de soufflage dans ce secteur, qui livre, par ailleurs, une série de petites scories extrêmement bulleuses et vitrifiées.

Le second bas foyer (foyer 4, fig. 9), d'emprise comparable à celle du foyer précédent, mais moins profond pour la partie conservée (16 cm), est façonné à partir d'une fosse d'installation d'environ 50 cm de diamètre. Son revêtement interne consiste en une sorte de coque d'argile grise cuite, bien différenciée de l'encaissant. Son aspect rappelle celui d'une écuelle un peu massive. L'épaisseur de cette paroi modelée est de 3 à 4 cm. Le diamètre interne du bas foyer ainsi dessiné est de 44 cm. Un rechapage de même nature (de 2 cm en moyenne), a ensuite été placé à l'intérieur du premier revêtement, réduisant l'espace circulaire disponible à 40,5 cm. L'état de surface du fond du creuset ainsi constitué, est très soigné. Un certain nombre de fissures ont visiblement été générées par les chocs thermiques. Une série d'incrustations ferrugineuses apparaissent localement dans les secteurs sud et nord, en corrélation avec des zones plus détériorées de l'appareil. Sachant que le point de soufflage tend à rassembler la matière scoriacée, cette disposition est susceptible de fournir des indications sur l'axe de travail, selon lequel le forgeron place les éléments métalliques à chauffer, et sur l'emplacement du soufflet. Ces données sont à confronter avec une analyse fine du comblement dans ces secteurs. Le secteur nord-ouest de la structure comporte une couche supérieure essentiellement constituée de moellons d'argile cuite orange, blanche ou grise, témoignant de l'effondrement du bâti supérieur selon la pente générale du sol de l'atelier. Ce dépôt mis à part, on n'enregistre qu'une seule couche de comblement. Celle-ci, extrêmement tassée, est presque exclusivement faite de charbon de bois, de scories bulleuses, de fragments de métal oxydé, auxquels s'ajoutent quelques petits blocs d'argile. Une telle structure, aux parois d'argile cuite, présente de nombreux avantages. En tout premier lieu, l'argile ainsi chauffée s'est stabilisée, ce qui la rend moins sensible aux fortes variations de température. Elle

aide, ensuite, à maintenir celle-ci en minimisant les effets de l'humidité du sol. Enfin, son récurage étant plus aisé, la visualisation de l'objet à transformer est meilleure, et le travail, plus soigné.

Atout précieux, de nombreux fragments de paroi d'argile cuite présentant les mêmes caractéristiques que celles observées *in situ* ont également été collectés dans les rejets de forge situés à proximité immédiate de la forge. Ces terres cuites témoignent de la nécessité d'une réfection régulière des bas foyers. La majorité d'entre eux porte la trace d'une vitrification très adhérente et volumineuse, reliquat d'un bain de fusion des composés siliceux ayant épousé partiellement le fond du creuset, témoin des hautes températures atteintes. Une série de fragments un peu mieux conservés, montre un bord supérieur identifiable. Les tentatives de restitution en diamètre et forme ne sont toutefois pas aisées, malgré le soin du façonnage de ces parois cuites qui s'apparentent à des céramiques non tournées. Certains diamètres se situent au voisinage de la quarantaine de centimètres, tandis d'autres semblent fournir des valeurs plus proches de 30 cm. Les épaisseurs sont de 2 à 2,5 cm et la hauteur conservée maximale est de 14 cm. Par ailleurs, avec les réserves qu'il faut émettre pour ce type d'exercice, l'orientation dans l'espace des bords montre un profil qui se referme, en particulier dans les quatre derniers centimètres. Lorsqu'il y a eu réfection, les bords des deux 'bols' emboîtés sont souvent soudés par leur surface scoriacée, et le réceptacle interne est moins fermé que celui qui le contient. Ces dimensions, sont comparables à celles des structures fouillées. Les valeurs plus faibles trouvées pourraient s'expliquer par cet effet de rétrécissement, semblant induire un certain confinement du foyer.

Malgré des états de conservation très fragmentaires, cinq éléments de paroi paraissent bien attribuables à des tuyères ou à des trous à vent cylindriques. La surface interne de quatre d'entre eux est légèrement scoriacée, et l'argile environnante montre une rubéfaction liée à une zone oxydante, en contraste avec les zones sombres plus lointaines de

ces blocs. Les diamètres des orifices, seulement observables sur une très faible longueur, fournissent les valeurs suivantes : 24 mm, 25 mm, 27 mm, 30 mm et 31 mm. Les blocs livrant les deux dernières valeurs, comportent une surface plane parallèle à l'axe du conduit, ce qui pourrait les apparenter à des blocs tuyères. Il n'est pas exclu, cependant, que l'un des deux, non scoriacé, puisse être un élément de torchis. Compte tenu des difficultés d'appréciation de ces diamètres, c'est un ordre de grandeur moyen compris entre 2 et 3 cm, qu'il faut retenir, comparable à celui trouvé dans d'autres régions¹, et notablement inférieur à celui des orifices de ventilation des bas fourneaux armoricains².

On notera, du point de vue ergonomique, que les deux derniers bas foyers sont installés dans le sol. Mais, compte tenu de la déclivité générale de l'atelier, le forgeron pouvait se trouver légèrement en contrebas. Ceux-ci ne sont donc pas rehaussés à hauteur d'homme, comme on peut le voir dans certaines représentations gallo-romaines³, mais le sol de l'atelier, en partie affaissé dans sa partie centrale, permettrait d'approcher quelque peu ce type de disposition.

L'association en couple de ses deux foyers induit une problématique intéressante inhérente à leur fonctionnement. Cette situation a également été notée dans le cas de la réduction⁴. Ceux-ci sont vraisemblablement destinés à des tâches différentes, sans doute complémentaires. Sans avancer d'opérations beaucoup plus spécifiques, on peut, dans un premier temps, évoquer pour le foyer 3, la possibilité d'un travail de martelage à froid, nécessitant, lorsque le métal durcit et devient cassant, un recuit d'homogénéisation à une température ne dépassant pas 700 °C⁵. Le second foyer permettrait un travail de tiède à chaud (700-1250 °C), pour les opérations de déformation (étriage, pliage...), et vraisemblablement même à chaude portée (1250-1450 °C), pour les opérations de soudage. L'étude fine des scories et battitures de ces deux foyers est susceptible de fournir des éléments d'appréciation sur le travail qui y a été exécuté.

1- Orengo 2003.

2- Cf. Vivet dans ce même volume, *infra* p. 63-84.

3- Manning d'après Tylecote 1986.

4- Vivet *et al.* 2003.

5- Tylecote 1986 ; Leblanc 2002.



Fig. 8. Mise au jour d'une enclume de pierre, calée dans le deuxième sol de la forge à l'aide des fragments d'autres enclumes ; accolée à cette enclume, une petite fosse, partiellement creusée dans une fosse antérieure, correspond vraisemblablement à la fondation d'un billot de bois calé à l'aide d'une dalle sur chant.

Pour conclure la présentation de l'évolution du bâtiment, il est possible de souligner quelques faits marquants :

- les réfections successives n'ont jamais modifié la structure générale de l'édifice ; à l'exception de la pose de trois nouvelles poutres qui a imposé une réfection de la toiture, elles se sont limitées à refaire les sols et à réaménager les postes de travail dans l'atelier en changeant l'implantation des enclumes et en construisant de nouveaux foyers ;

- le rehaussement des sols avec l'étalement d'un remblai épais de 10 à 20 cm a pu être imposé par le tassement des sédiments à l'emplacement de l'ancien fossé ; mais il est difficile d'imaginer un bâtiment dont les sols, localisés au niveau de la chape d'argile posée sur le substrat dans la partie orientale de l'atelier (fig. 6, troisième état), auraient été tassés sur une hauteur de cinquante centimètres sans que les soles des foyers n'aient subi de dégâts importants. Le

sol de ce bâtiment n'a donc probablement jamais été plan. Surélevé le long des façades occidentales et orientales, il était plus bas de quelques dizaines de centimètres dans la bande centrale de l'édifice qui correspondait à la zone de travail. Il se présentait donc en partie comme un bâtiment semi-excavé, même si l'excavation était due essentiellement au tassement des remblais de l'ancien fossé ;

- l'extension des sols charbonneux de la forge vers le sud, au-delà des limites du bâtiment de part et d'autre du sondage réalisé dans le fossé (fig. 6, état 2) montre que l'accès devait s'effectuer en légère pente depuis le sud, au débouché de la porte de l'avant-cour ;

- aucune trace de cloison n'a pu être détectée, malgré la superficie importante du bâtiment (67 m²) et la conservation partielle de ses sols. Cette forge devait donc avoir l'apparence d'un vaste atelier, où les différents postes de travail n'étaient pas physiquement séparés.

3. ÉLÉMENTS DE DATATION ET D'INTERPRÉTATION

3.1. La céramique

Au total, 292 tessons de céramiques et 16 fragments d'amphores ont été mis au jour en 2001 sur les sols successifs ou dans les remblais intermédiaires liés aux réfections de la forge (fig. 9). À ce mobilier, on peut adjoindre celui découvert dans un remblai localisé à quelques mètres au sud-est de l'atelier (fig. 10). Manifestement constitué de déchets issus de la forge (cendres chargées en battitures, scories, culots de forge et fragments de parois de fours), ce remblai a été rejeté dans le fossé qui borde l'avant-cour afin de caler les poteaux d'une palissade. Des fragments d'amphores ont été mis au jour à tous les niveaux. Le sol du premier état du bâtiment a livré une anse de section ovale (fig. 9, 15) et le seul col retrouvé (fig. 9, 5) a été découvert lors du décapage du sol du dernier état. Il a une lèvre à section triangulaire fortement débordante. Les céramiques présentent encore, pour la plupart, les fines stries régulières caractéristiques d'un montage au tour rapide. À l'exception d'une bande de motifs estampés ornant la panse d'une forme fermée, probablement un vase à deux anses (fig. 10, 12), les décors se limitent à quelques traits lustrés ornant le fond des écuelles ou, le plus souvent, au traitement différencié de la surface des vases. Aux surfaces mates, brutes de tournage, répondent des surfaces luisantes soigneusement lustrées et des parties enduites de graphite ou d'hématite. Cette ornementation très sobre, facilitée par la généralisation de l'usage du tour, se développe dans la péninsule armoricaine dans le courant du II^e s. a.C. Dans l'attente de l'étude complète des céramiques de cet habitat, qui sera présentée dans le cadre de la monographie consacrée à ce site, cet ensemble, correspondant aux trois états de la forge est attribuable au II^e s. a.C., majoritairement à la seconde moitié de ce siècle, sans que l'on puisse pour le moment discerner d'évolution typologique sur un corpus aussi faible.

3.2. Le métal

Les fragments métalliques provenant des structures liées à la forge ont été isolés et étudiés par K. Chanson. Le nombre total de pièces recueillies est de 18 dont 8 clous. Il s'agit du mobilier de la structure 1747 caractérisant les horizons d'activités de la forge, ainsi que celui provenant du fossé 1792, qui possède une couche de remblais bien identifiée, à proximité de l'atelier. Les objets retrouvés dans les différentes structures en relation avec la forge ont été, après une première observation en l'état, nettoyés à la micro-sableuse et radiographiés pour tenter d'identifier de chaque pièce. Il s'agit seulement d'un nettoyage d'identification et non une restauration des objets. Enfin, chaque pièce a été pesée.

La plupart des pièces recueillies sont malheureusement fragmentées et déformées par la corrosion. En effet, le fer étant un matériau résistant mal à la corrosion en général, il s'est trouvé ici en présence d'une nature de terrain acide, très agressive. Associé à d'autres facteurs comme une hygrométrie importante ou une texture de sol permettant l'alternance de lessivages et de déshydratation, les objets ont subi une corrosion active. Celle-ci a entraîné des crevasses, des boursouffures et des géodes, altérant les objets non seulement en surface, mais parfois aussi en profondeur, ce qui rend leur lecture, et donc leur identification, difficile. Le mode de classification utilisé ici pour cataloguer les objets est inspiré des travaux de J.-P. Guillaumet⁶. Il ne s'agit pas de définir le mobilier au travers de typologies, mais de répartir les objets identifiés dans différentes catégories coïncidant avec des types d'activités ou des domaines particuliers. L'étude a été réalisée en prenant pour référence les travaux de L. Orengo⁷. Aucun objet, malheureusement n'a pu être identifiés avec certitude comme une chute de travail. Certains, pourtant, peuvent être évoqués, bien qu'il paraisse plus prudent, en attendant de l'examen de l'ensemble du mobilier métallique livré par cet habitat, de les laisser classés en indéterminés.

6- Guillaumet 2003 ; Guillaumet & Nillesse 2000.

7- Orengo 2003.

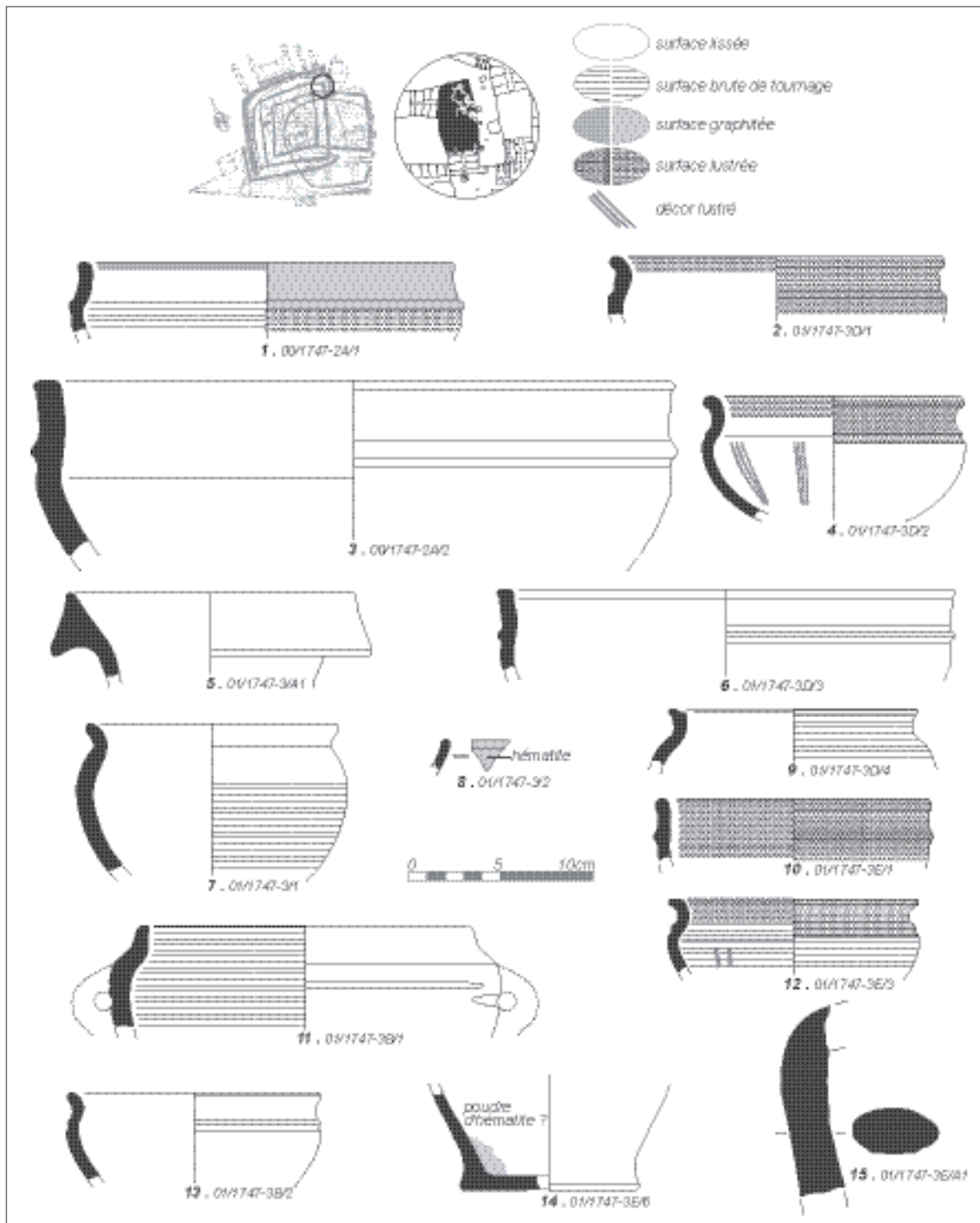


Fig. 9. Céramiques mises au jour sur les sols successifs de la forge ; les niveaux 3^E, 3^B et 2A correspondent respectivement aux sols des 1^{er}, 2^e et 3^e états ; le niveau 3D correspond aux remblais étalés pour asseoir le sol du 2^e état.

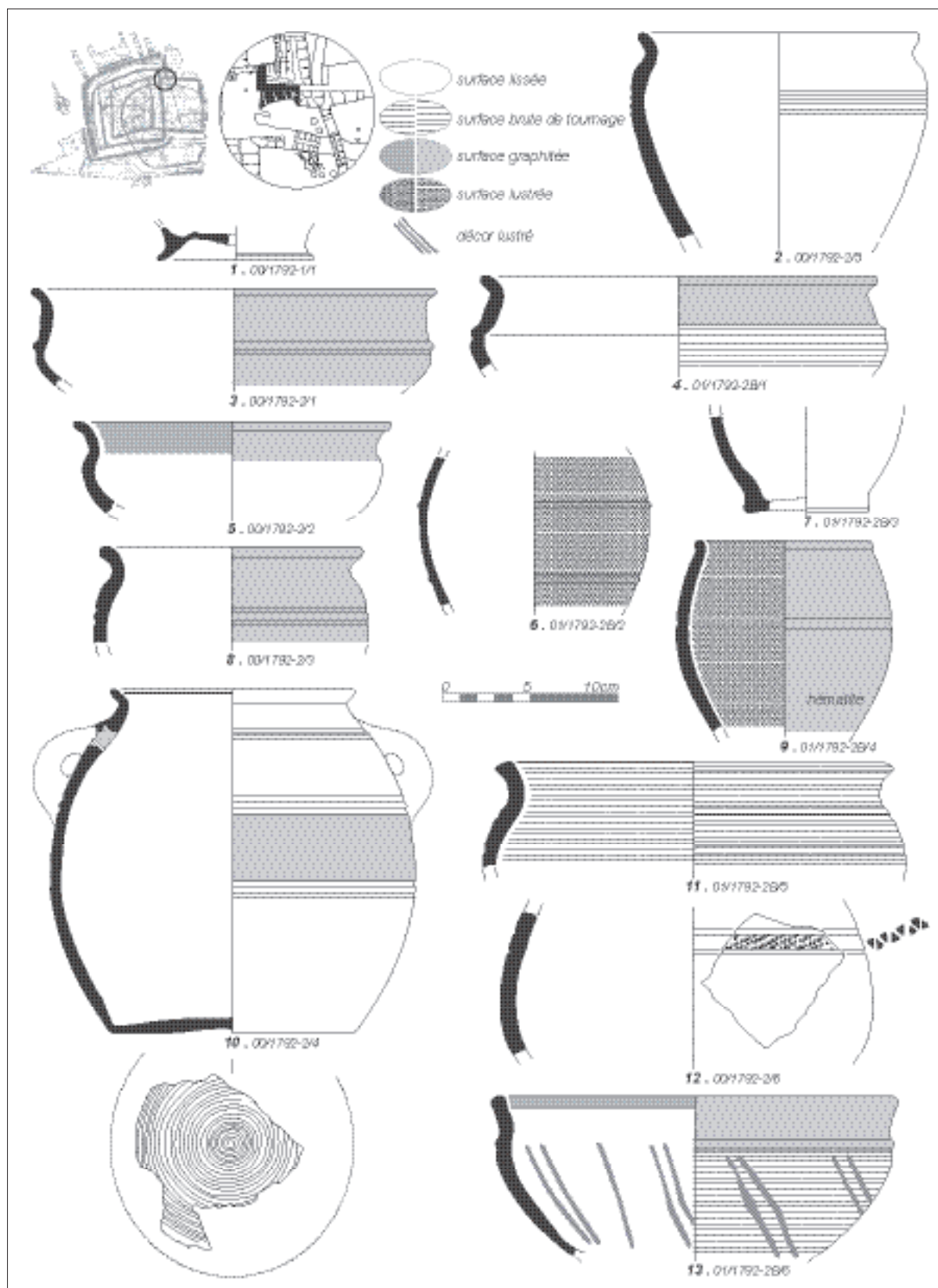


Fig. 10. Céramiques mises au jour dans les terres cendrées issues de la forge et apportées pour caler une palissade dans le fossé de l'avant-cour.

3.2.1. Les objets personnels

La fouille du sol de l'atelier, installé dans le comblement du fossé 1747, a livré une petite fibule complète, très corrodée, mais parfaitement identifiable avec l'aide des radiographies. Il s'agit d'une fibule en fer (fig. 11, 1) à corde externe, à 2 x 3 spires. L'arc, de section apparemment circulaire, est plat. Le pied, de forme trapézoïdale, vient s'attacher de façon horizontale sur l'arc, couvrant les 2/3 de celui-ci, par un système de pincette que précède une boule. Si la forme de l'arc, bien qu'aplati, et le système d'accroche et de décor du pied rappelle les fibules de schéma "La Tène II", la forme du pied, très différente de celles-ci, annonce plutôt les types de Nauheim. Cette fibule, qui se rapproche plutôt des types de Hobstatten, serait donc une évolution des fibules de La Tène moyenne, précédant celles de La Tène finale. Il est donc possible de la situer dans la première moitié du II^e s. a.C. Bien que découverte dans un atelier de forge, la présence de cet objet semble plus résulter d'une perte que d'une activité artisanale.

Un deuxième élément de fibule (fig. 11, 2) provient des rejets de la forge effectués dans le fossé 1792. Il s'agit d'un ressort assez atypique puisqu'il ne présente des spires (1 x 3) que d'un seul côté. Le départ de l'arc, de section circulaire, est complètement vertical. La forme de ce ressort, associée à la représentation fragmentaire de l'objet, ne permet pas d'attribuer cette fibule à un type connu. Cependant, dans le contexte de rejet de forge, ce ressort peu courant pourrait provenir de l'activité même de l'atelier (essai, réparation...).

Un troisième élément (fig. 11, 4) très fragmentaire provient du sol du second état de la forge. Composé de deux fines tiges accolées se prolongeant par une tige de section plus importante, il peut correspondre à une partie d'arc de fibule comprenant l'attache du pied.

3.2.2. La quincaillerie

Éléments métalliques souvent les plus représentés, les clous sont généralement très divers (dimension, taille de la tige, forme de la tête, qui dépendent du type de leur utilisation)⁸. La répartition par groupe

d'utilisation des pièces est réalisée d'après le classement établi par J.-P. Guillaumet⁹. La plupart des clous ont gardé leur tête malgré un taux de fragmentation élevé. Toutes les têtes observées, quel que soit le type de clou, sont plates. Les sols de l'atelier (fossé 1747) avec 7 pièces, et la zone de rejets (fossé 1792) avec 1 pièce, n'ont livré que des éléments de taille moyenne à réduite (de 7 à 2 cm de long) avec des sections sous tête comprises entre 5 et 7 mm, ce qui les range dans la catégorie des clous de menuiserie. Mis à part les clous, seul un fragment de piton (fig. 11, 5) provenant de la fouille des sols de l'atelier 1747 (couche 1B) est attesté dans cette catégorie. Seule la tête en anneau est conservée, mais très corrodée, et une radiographie a été nécessaire pour observer le départ des deux pointes. Sorte de clou à la tête en anneau, il sert à laisser passer un lien, ou un anneau une fois planté dans un bois, solidement maintenu par le rivetage des deux pointes¹⁰.

3.2.3. L'outillage

De ce groupe souvent moins bien représenté parmi les ensembles d'objets, seul a été récupéré dans les rejets de la forge (fossé 1792), un fragment de lime (fig. 11, 3), identifiée uniquement à la radiographie et au nettoyage à la micro-sableuse. L'espacement et l'amplitude des dents n'ont pu être restitués d'après la radiographie. Cette restitution permet tout de même d'écarter le fait que cet outil ait pu servir à limer du métal. La taille et l'espacement des dents semblent le destiner davantage à un usage en menuiserie ou en tabletterie.

3.2.4. Les inclassables ou indéterminés

Trois des objets de cette catégorie proviennent des sols de l'atelier (fossé 1747).

Le premier, difficile à interpréter, est un fragment de tige légèrement arquée (fig. 11, 6) de section circulaire de 4 cm de long pour un diamètre de 5 mm. Il peut s'agir d'un fragment d'arc de fibule, d'un ustensile de cuisine, d'un outil...

8- Feugère & Serneels 1998.

9- Guillaumet 2003 ; Guillaumet & Nillesse 2000.

10- Guillaumet 2003.

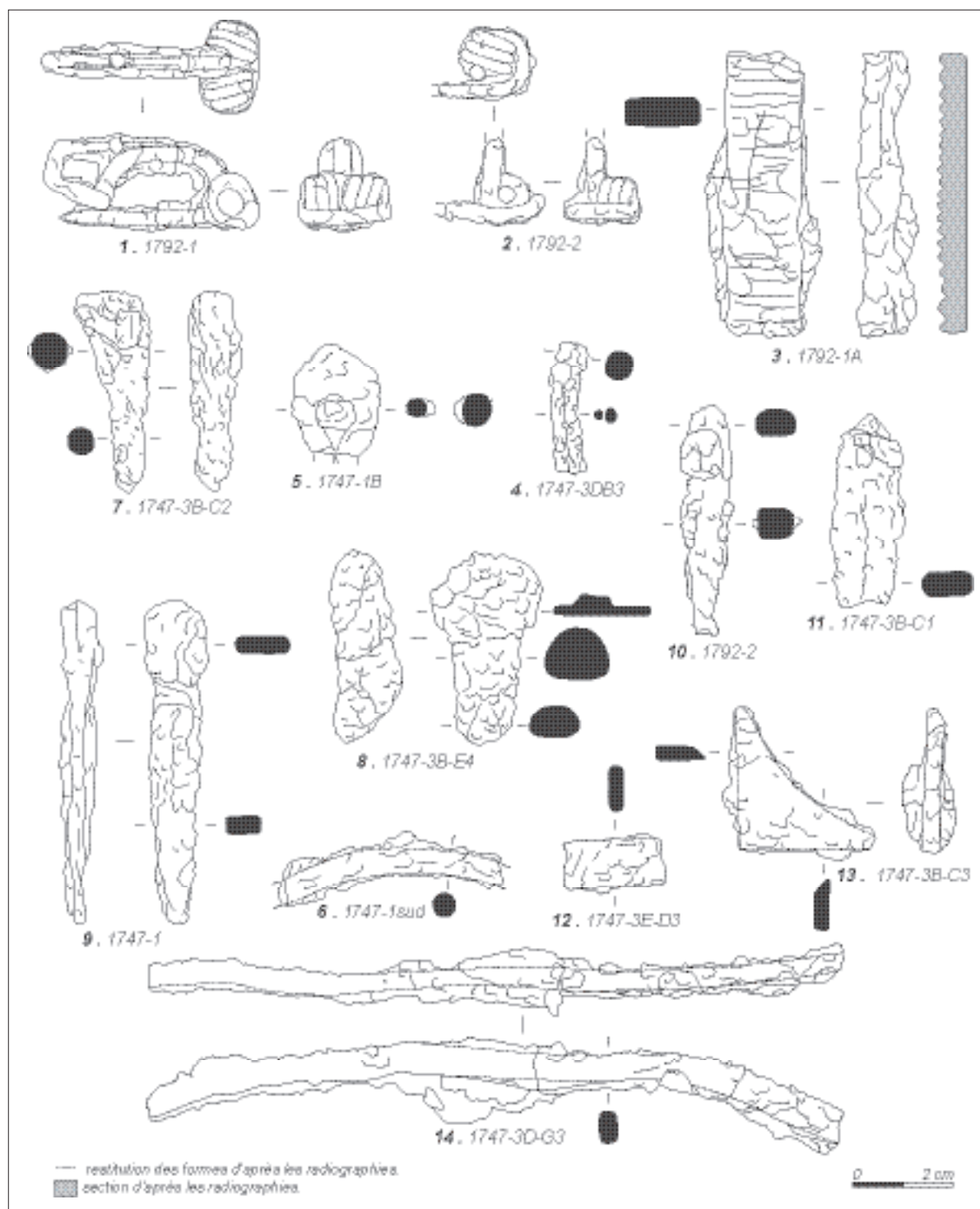


Fig. 11. Mobilier en fer issu de la forge et du rejet de terres cendreuses : objets personnels, outillage et quincaillerie.

La plupart des objets indéterminés proviennent des sols de l'atelier (fossé 1747). De taille assez réduite (6,5 cm de long au maximum), ces objets (fig. 12), de forme générale allongée, n'ont pu être identifiés. Il peut s'agir d'objets finis, de parties d'objets ou de déchets de forgeage. Malheureusement, les radiographies n'ont pas apporté d'informations, et leur état, très corrodé et fragmenté, ne permet pas un nettoyage plus poussé que celui qui a été réalisé. Un fragment de plaque triangulaire mis au jour sur le sol du dernier état de la forge (fig. 12, 6) pourrait résulter de la découpe d'une tôle épaisse, si l'on en juge par le profil biseauté d'un de ses côtés à la forme arrondie. On notera également la présence de plusieurs fragments de fines barres de section rectangulaire, de 6 à 12 mm de large et 3 à 8 mm d'épaisseur. Il pourrait s'agir, malgré leur faible section, de chutes de barres de matière première mais il est difficile d'être affirmatif. Ce n'est qu'à l'issue d'un examen global du mobilier métallique livré par ce site que l'on pourra juger du caractère particulier des fragments d'objets retrouvés dans la forge, trop corrodés pour que d'éventuelles traces de découpes soient clairement identifiables.

Le faible corpus d'objets métalliques recueilli pour cette zone d'activité ne permet pas de comparaisons très poussées avec d'autres ateliers ou d'autres types de sites. En définitive, peu d'objets peuvent se rapporter à l'activité d'un atelier de forge et, hormis les scories et battitures rencontrées en quantité importante lors de la fouille, rien dans le mobilier métallique ne permet d'identifier ici une telle activité. Par contre, si aucun élément ne prouve véritablement la présence d'un atelier de forge, aucun n'oriente non plus vers une autre activité ou une autre vocation de la construction. L'absence de mis en évidence d'ébauches ou de déchet tels que les soies de préhension, les fragments de plaques ou de grandes barres découpées, ou encore de stocks de matière première (lingots, barres) ne nie pas une activité de production d'objets, mais oriente peut être plutôt vers des activités de transformation et de réparation d'objets. Ces derniers types d'activités admettraient une organisation pluridisciplinaire, où la lime provenant des rejets, peut tout à fait s'intégrer (restauration ou fabrication de parties en bois ou en os). Le piton de quincaillerie et les fibules restent, quant à eux, des objets courants qui ne permettent pas une orientation vers un type d'activité ou un autre.

4. AUTRES MOBILIERS

On notera également la découverte, sur le sol du second état de la forge, d'une petite scorie pesant 1 gr et résultant de la fonte d'un alliage cuivreux, ainsi que, sur le sol de l'état le plus ancien, celle d'un fragment de plaque de verre brut presque incolore pesant 4 gr. Ces modestes trouvailles confirment l'hypothèse d'un atelier pluridisciplinaire où d'autres tâches liées à la fabrication et la réparation d'objets devaient s'effectuer à proximité des travaux de forge. Les fragments de parois de fours, pour un poids total de 4,5 kg, ont été retrouvés dans les remblais étalés lors des réfections des sols ainsi que dans les terres cendreuses rejetées en calage de la palissade. Certains proviennent de foyers en cuvette analogues à ceux du dernier état (fig. 7, foyer n° 4). Sept petits blocs d'andalousite brûlés doivent également provenir de foyers ; cette roche, dont le gisement principal est localisé à quelques kilomètres du site, possède en effet d'excellentes propriétés thermiques. On notera également la découverte d'un petit bloc d'hématite pesant 46 gr, ainsi que la mise au jour d'un fond de céramique contenant encore une fine poudre de teinte rouge, probablement de l'hématite broyée (fig. 9, n° 14). Cet oxyde de fer a dû être utilisé dans le cadre des activités de l'atelier. La présence de quelques ossements brûlés (rappelons que l'os non brûlé n'est pas conservé dans ces terres acides) pour un poids total de 125 gr est, en revanche, vraisemblablement anecdotique et peut résulter des repas des artisans.

La découverte mobilière majeure est celle d'enclumes de pierre, dont la plus remarquable a été retrouvée en position fonctionnelle, émergeant du sol du deuxième état de l'atelier (fig. 8). Cet outil, long de 37 cm, pèse 19,550 kg. Sa largeur maximale est de 21 cm et son épaisseur, régulière dans le grand axe, est de 11 cm. La forme de la base, de section trapézoïdale ou triangulaire, facilite son implantation dans le sol de la forge dont elle n'émergeait que de quelques centimètres (fig. 13, A). Elle était soigneusement calée par des pierres, en l'occurrence les fragments d'autres enclumes, et par le sol argileux de l'atelier qui venait buter contre les flancs de l'outil. Cette implantation a suffi pour lui assurer la solidité mais aussi l'élasticité nécessaire. Les impacts d'outils sont discernables sur la table, qui porte par ailleurs les traces d'oxydations des particules de fer qui se sont déposées dans les microfissurations de la roche.

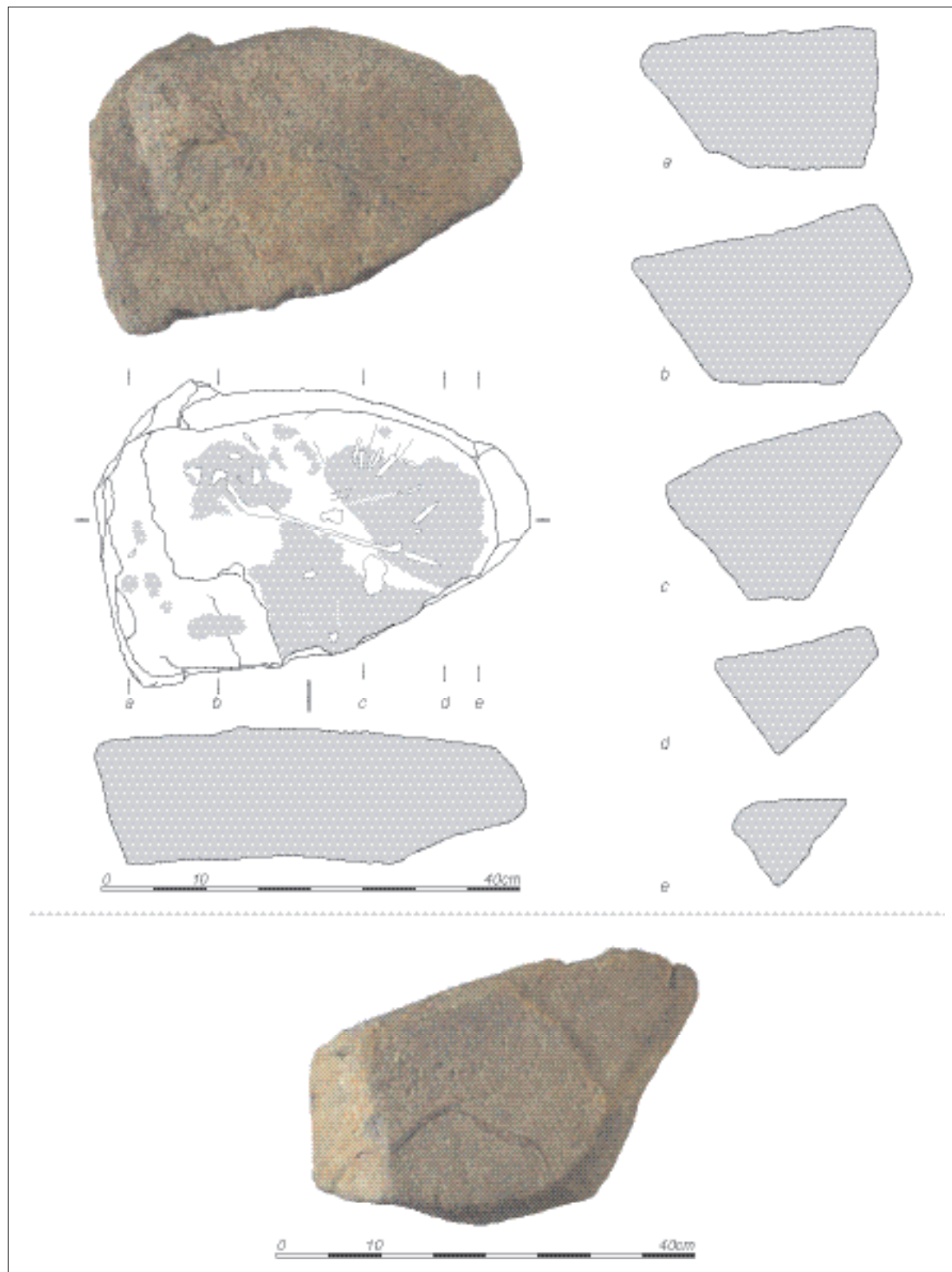


Fig. 12. Les deux enclumes complètes découvertes dans la forge.

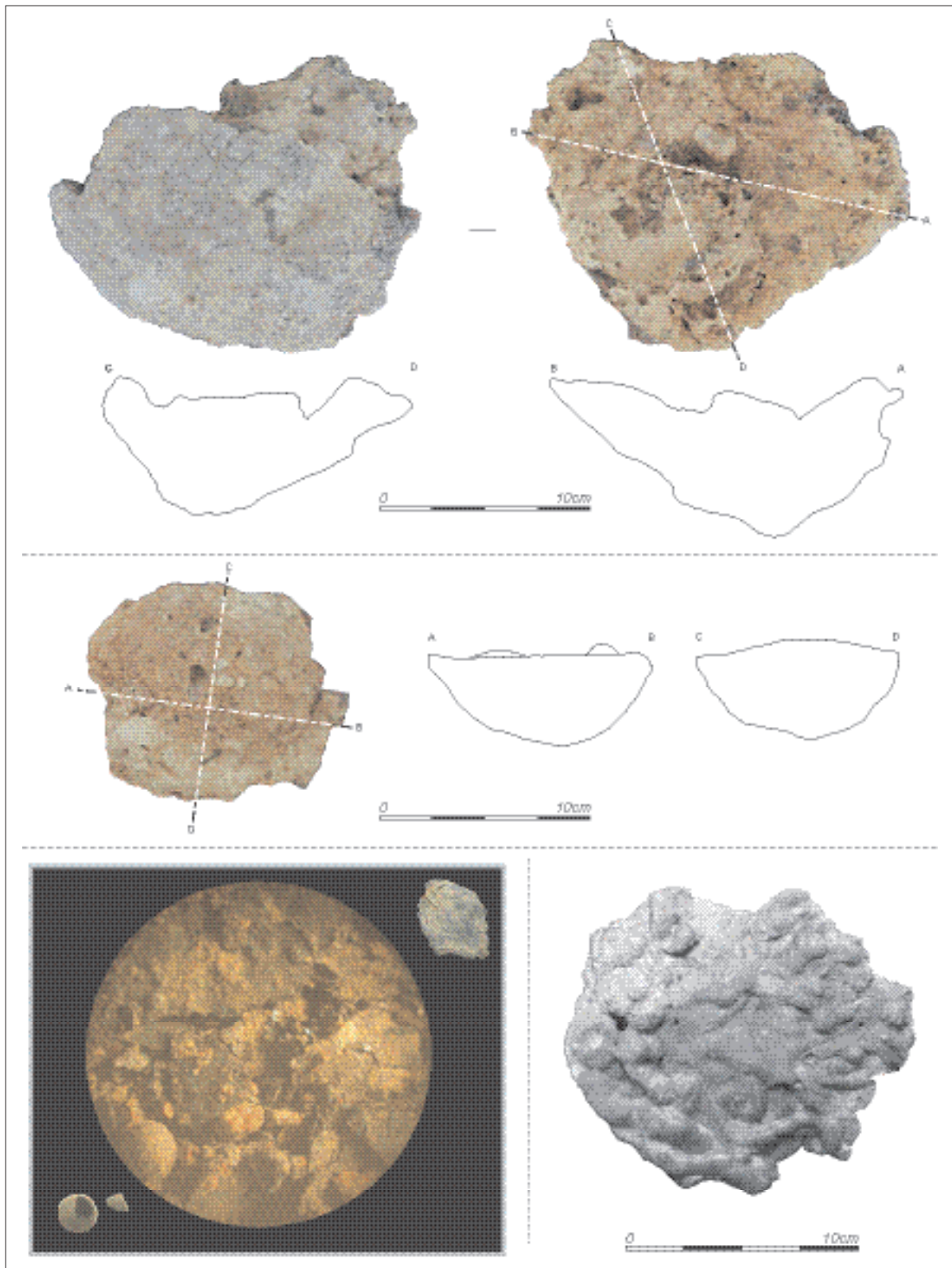


Fig.13. Deux des culots de forge mis au jour dans les terres cendreuses et un exemple des battitures en plaque et en bille qui parsemaient les sols de l'atelier.

Les différents profils transversaux de cette enclume montrent que la surface de la table est tantôt plane, tantôt légèrement concave ou convexe. L'une des extrémités a été taillée pour former un bec dont la surface prolongeait celle de la table. Cette forme ne doit rien au hasard, si l'on en juge par la seconde enclume, intacte également, qui a été enfouie pour caler la précédente (fig. 13, B). Longue de 31 cm, elle pèse 10,880 kg. Sa table, très régulière, présente plusieurs impacts d'outils et des traces d'oxydation de particules de fer. L'une des extrémités est amincie en forme de bec. L'allure générale de ces deux outils est très proche et leurs différences de poids ou de morphologie s'expliquent aisément par la nature des blocs dans lesquelles elles ont été taillées, qui étaient extraits puis retaillés pour s'adapter à la forme souhaitée. En plus de ces deux outils intacts, quatre autres fragments taillés dans un matériau identique ont été découverts. Les deux enclumes et deux fragments ont fait l'objet d'un prélèvement carotté afin de déterminer la nature du matériau utilisé, très différent d'aspect des roches habituellement rencontrés sur le site, le plus souvent des grès ou des schistes, à l'exception du granite utilisé pour les stèles ou les meules. Cette étude a été effectuée par deux étudiants de l'ENSEEG de Rennes, D. Fossati et A. Pradourat (2003), sous la direction de M. Thevenot et de M. Guirec Querré. Les quatre échantillons, de composition chimique identique, ont été taillés dans un gabbro, matériau présent aux environs de Lamballe, dans les Côtes-d'Armor, à plus de cinquante kilomètres au nord-est de Paule. Le gabbro est une roche de teinte verdâtre qui présente une bonne résistance mécanique et thermique. Son utilisation, exclusive sur le site, pour tailler des enclumes témoigne de la bonne connaissance que les artisans pouvaient avoir des propriétés de ce matériau.

5. CHARBONS DE BOIS

Un échantillon de 200 charbons de bois prélevé dans le remblai cendreuse apporté dans le fossé de l'avant-cour pour caler une palissade a été étudié par N. Marcoux, sous la direction de D. Marguerie de l'UMR 6566 de Rennes (2004). Les charbons prélevés sur les sols successifs de la forge étaient en effet trop fragmentés par le piétinement pour être

facilement identifiables. Le chêne est très nettement majoritaire, avec 177 fragments. Le genêt (10 fragments), le noisetier (5), le bouleau (5), l'érable (1), le frêne (1) et le saule (1) sont très minoritaires. Ce sont des essences qui, à la combustion, livrent de grandes flammes sur une courte durée surtout lorsqu'ils sont, comme ici, présents surtout sous forme de branches. Ils ont pu être utilisés pour lancer le feu. Les charbons de chêne sont issus de bois de fort à moyen calibre : des bûches issues de troncs ou de grosses branches. Les mesures effectuées sur les cernes donnent une croissance annuelle bien plus faible (0,82 mm) que celle habituellement rencontrée sur les sites contemporains (2,5 à 3 mm). Cela laisse supposer un approvisionnement dans un écosystème forestier dense. La distribution des largeurs mesurées sur 136 charbons montre des conditions de croissance très proches pour tous ces restes ; leur provenance depuis une seule et même forêt est vraisemblable. De plus, les charbons de chêne apparaissent souvent fendus, durs-luisants ou fendus-luisants. Cela pourrait laisser supposer l'usage de charbons de bois et non de bois pour l'activité de la forge. Ces charbons auraient été produits dans une forêt dense localisée à une certaine distance du site.

6. SCORIES ET BATTITURES

Les résidus métallurgiques de la forge et des fosses directement associées, comptent quatre faciès principaux : culots, scories de forges diverses, fragments de métal oxydés et battitures.

La masse des plus grosses scories atteint à peine 1,5 kg. Certaines d'entre elles se distinguent par leur morphologie, caractérisée par une surface inférieure dont le profil, en coupe, rappelle très fortement celui du fond des bas foyers précédemment décrit. La paroi d'argile cuite y est même encore collée dans un certain nombre de cas. Du fait de l'importance des phases vitreuses, leur densité est assez faible. Ces différents aspects les rangent indubitablement dans la catégorie des culots de forge. D'autres scories de taille comparable, que l'on voudrait classer également de la sorte, ne présentent pas de forme systématique, et s'avèrent d'une constitution très hétérogène, dans laquelle les zones plus denses se mêlent aux phases

oxydées ou vitrifiées. Leur analyse chimique et minéralogique est en cours.

Les scories de taille plus modeste ont été collectées manuellement au cours de la fouille ou résultent du tamisage des sédiments. Leur dimension est généralement inférieure à 4 cm. Elles se divisent en deux catégories. On rencontre, en premier lieu et de façon majoritaire, des scories vitrifiées bulleuses, qui proviennent en partie de la fragmentation des culots et scories précédents. Celles-ci sont peu denses et montrent le plus souvent une cassure vitreuse. Un certain nombre d'entre elles présente une forme en goutte ou gouttelette. À titre d'exemple, pratiquement au centre du foyer 3, à 2,5 cm sous la surface, est apparue une longue scorie en goutte, d'une longueur de 6 cm, reposant à plat. Une étude minéralogique des verres de ces scories aiderait à comprendre l'origine des matières siliceuses, qui peuvent provenir du substrat, en grande partie gréseux, d'un apport volontaire pour des opérations spécifiques comme le soudage, ou tout simplement des sels minéraux présents dans le charbon de bois. Le deuxième type de scories consiste en des concrétions d'oxydes métalliques boursoufflés par la corrosion, incorporant souvent de petits charbons de bois, et dont l'agglomération avec les éléments minéraux du substrat forme souvent une boule.

Viennent ensuite les battitures, qui ont fait l'objet d'un traitement spécifique. Après plusieurs essais comparatifs, un protocole original associant prélèvement systématique (un seau/par m² de fouille et par niveau), pesée, tamisage, tri à la battée et tri magnétique, a été élaboré pour tenter d'atteindre les données à la fois qualitatives et quantitatives relatives aux opérations métallurgiques qui ont pu y être exécutées dans la forge (fig. 4).

Les tests réalisés montrent que les refus de tamis qui ne présentent pas d'attraction aux aimants puissants utilisés ne contiennent que des éléments minéraux ou organiques, ne pouvant pas s'apparenter à des scories. On est donc en droit de penser que la part essentielle de l'information métallurgique est contenue dans les éléments prélevés par magnétisme. Par leur composition, qui comprend systématiquement de la magnétite et de la wustite, les battitures répondent à l'aimant. Il faut préciser que certains autres éléments ont également été retenus par ce type de force. Ceux-ci peuvent résulter de la simple chauffe de l'argile, générant notamment un

peu de magnétite, qui suffit à entraîner de petits blocs argileux. Les rejets métalliques, malgré leur état de corrosion poussé, peuvent aussi être influencés, et il n'est pas toujours simple de dissocier ces différentes fractions attirables à l'aimant.

Un premier examen, rendu possible en particulier grâce à l'étude expérimentale et théorique qui a été faite sur ce type de résidu¹¹, fournit un premier lot d'observations, qui seront affinées par la suite. Plusieurs types de battitures ont ainsi été reconnus. Les battitures plates sont majoritaires. Elles sont peu épaisses (100 à 300 µm) et ne montrent pas de forte porosité alvéolaire, ce qui semble écarter un travail de soudure sur pièce de grande section. Lors du tamisage leur aspect est encore bien souvent gris bleu à argenté et leur longueur, en général modeste (inférieure à 700 µm), est cependant très variable. Elle peut atteindre, dans quelques rares cas, 5 mm, voire même 8 mm. Ces résidus métallurgiques, qui se détachent du métal à la fois dans le foyer de chauffe et par suite des chocs et contraintes thermiques, renvoient plus particulièrement aux opérations de martelage à froid et de martelage à tiède, mi-chaud et chaud. On rencontre ensuite, très régulièrement, des battitures globulaires dans les fractions magnétiques collectées. Elles évoquent plus le travail de soudage, voire celui de corroyage et d'épuration à chaud. Malgré une forte variabilité, qui demanderait une étude plus poussée, certains caractères se dégagent. L'étendue d'échelle de leur diamètre est grande (100 µm à 6 mm, voire 10 mm dans quelques cas), mais la plupart d'entre elles se situent entre 100 et 250 µm. La majorité des billes est creuse, très vitrifiée, voire opalescente, et alvéolaire. Les billes pleines sont plus rares. Quelques battitures globulaires possèdent un pédoncule et montrent un aplatissement. D'autres, pleines ou creuses, se présentent comme de véritables billes de verre translucide, blanc, vert ou jaune. On peut s'interroger sur leur origine. S'agit-il, comme il a été évoqué, d'un apport d'antioxydant, de l'utilisation d'un décapant, ou proviennent-elles, tout simplement, des cendres du combustible ?

Cette première approche des principales caractéristiques des résidus métallurgiques montre que l'on est incontestablement en présence d'un

11- Leblanc 2002.

travail de forge. Comme nous l'avons vu, la phase vitreuse est prépondérante dans la majorité des scories observées. Dans l'attente des résultats d'analyse minéralogique en cours, les scories ne montrent pas de grande plage de cristaux de fayalite, typique des phases de réduction ou des premières étapes de post-réduction. Même si le travail d'épuration ne peut être totalement exclu, ces premiers éléments, de même que la forte proportion de métal réoxydé, donnent à penser que l'on est dans un contexte de forgeage éloigné, dans la chaîne opératoire, des phases de production du métal. Sous réserve de l'examen métallographique des culots et scories assimilées, l'atelier devait donc principalement travailler un métal propre, sous forme de lingot ou de métal récupéré. Malgré le faible nombre d'objets identifiés, il faut certainement se tourner vers des opérations se rapportant plutôt au forgeage d'objets de dimension faible, et probablement même, vers un travail d'entretien, voire de réparation du mobilier ferreux, ce que pourrait attester la forte variabilité des battitures observée. Un examen quantitatif et qualitatif de la répartition du type de battitures par niveau et structure, permettrait une analyse plus fine des opérations métallurgiques réalisées au cours des trois phases de fonctionnement de la forge, et devrait aider à appréhender les questions touchant à l'ergonomie de l'atelier.

Sortant complètement des catégories de résidus, précédemment décrites, quatre scories de réductions ont été mises au jour, dans les fosses de rejets. Les deux premières, et sans doute la troisième également, sont des fragments de type coulé (120 g, 40 g et 250 g respectivement). Leur présence renvoie déjà, de façon très intéressante, à la problématique d'apparition de la technique mettant en œuvre l'écoulement de la scorie à l'extérieur des bas fourneaux. Il s'agit pour l'instant des seuls témoins recensés de ce procédé, avant la conquête, en Armorique¹². Le quatrième exemplaire est une scorie dense, un peu plus lourde (1,4 kg), conservée dans son intégralité, et montrant un écoulement assez épais, en cordons superposés s'évasant à partir d'une racine quasi verticale. Cet aspect peut résulter, d'une coulée de scorie plus opportuniste. D'une manière plus générale, cette occurrence de

scories de réduction, très marginale au regard de la masse de scories collectée au cours des nombreuses campagnes de fouille, montre que le travail de réduction du minerai de fer est réalisé, toutes périodes confondues, en dehors de la zone fortifiée.

7. QUELQUES RÉFLEXIONS EN GUISE DE CONCLUSION

Dans la péninsule Armoricaïne comme ailleurs, quelques scories de taille modeste sont mises au jour sur la plupart des habitats enclos de l'âge du Fer étudiés lors des fouilles préventives. Mais, si l'on en juge par leur faible nombre et l'absence de traces d'ateliers clairement caractérisés, ces déchets résultent plus vraisemblablement d'un travail à chaud ponctuel, effectué par un artisan itinérant, que de la présence à demeure d'un forgeron. Parmi les découvertes plus significatives, on peut toutefois mentionner la mise au jour des vestiges d'une petite forge et d'une pince de forgeron sur le site du Braden I à Quimper¹³. Mais la position même des foyers, dans un fossé en partie comblé, et l'absence de trous de poteaux à la périphérie, plaident en faveur d'une structure implantée simplement pour quelques jours, peut-être dans le cadre d'une restructuration de cet habitat. On mentionnera également la récente découverte d'une pince de forgeron sur l'habitat de Kerven-Teignouse à Inguiniel (Morbihan) étudié par D. Tanguy. La mise au jour des vestiges d'une forge d'une superficie supérieure à 60 m² est donc actuellement sans équivalent sur les nombreux habitats enclos de l'âge du Fer fouillés en Bretagne. Elle peut témoigner du statut très particulier de ce site, qui présente tous les signes d'une résidence aristocratique. Cet atelier, qui n'est pas le plus ancien du site puisqu'un rejet de cendres parsemé de battitures a été mis au jour dans un comblement de souterrain rattaché à une phase antérieure, a pu satisfaire les besoins de cet habitat pour la fabrication et la réparation des objets de la vie quotidienne. Si l'on en juge par son implantation à l'extérieur de l'avant-cour, au débouché d'une des voies majeures d'accès à la forteresse, il a pu

12- Cf. Vivet dans ce même volume, infra p. 63-84.

13- Le Bihan 1984, 60-61.

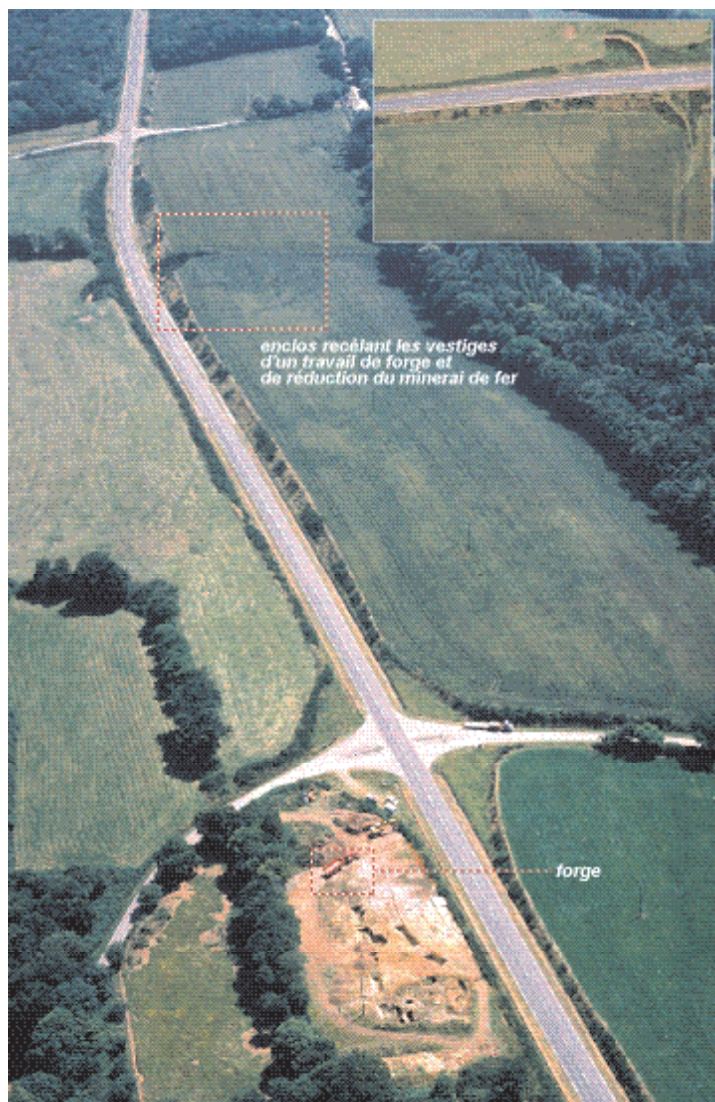


Fig. 14. Localisation, sur une vue aérienne prise en 1999 par M. Gautier, de l'enclos qui a livré d'assez nombreuses scories cordées, caractéristiques d'un travail de réduction du minerai de fer, ainsi que des battitures caractéristiques d'un travail d'épuration ou de forge ; cet enclos se situe à 400 m à l'est de la forge.

également répondre aux besoins des habitats localisés à la périphérie du site.

On signalera à cet égard la découverte, lors de survols effectués par M. Gautier en 1999, de plusieurs enclos localisés dans la commune de Paule. Trois d'entre eux, localisés immédiatement à l'est de la forteresse, ont été sondés au cours de l'été 2004. L'un d'entre eux, un vaste enclos d'une superficie supérieure à l'hectare délimité par un réseau complexe de fossés (fig. 14), a livré dans la partie est des scories cordées caractéristique d'une activité de réduction du minerai de fer et, dans la partie ouest des sondages, des remblais cendreaux parsemés de battitures caractéristiques d'un travail de forge. Les fragments de céramiques associés aux structures mises au jour sont attribuables à la fin de l'âge du Fer ainsi qu'à la période gallo-romaine. L'extension des recherches dans cette partie de la ligne de crêtes devrait permettre de valider, ou non, l'hypothèse du contrôle par la forteresse aristocratique du processus total de fabrication du fer, depuis l'extraction et la réduction du minerai issus des grès armoricains jusqu'à l'épuration des loupes, la fabrication des semi-produits puis celle des outils et de la quincaillerie utilisés sur l'habitat et à sa périphérie.

Bibliographie

- Feugère, M. et V. Serneels (1998) : "Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale", Monographies *Instrumentum* 4.
- Fossati, D. et A. Pradourat (2003) : "Étude d'enclumes en pierre d'une forge gauloise de l'âge du Fer", rapport dactylographié, ENSEEG, Rennes.
- Guillaumet, J.-P. (2003) : *Paléomanufacture métallique, méthode d'étude*, Gollion.
- Guillaumet, J.-P. et O. Nillesse (2000) : "Les petits objets de quelques fermes gauloises : approche méthodologique", in : *Les installations agricoles de l'âge du fer en France septentrionale*, Etudes d'histoire et d'archéologie, 6, 251-276.
- Le Bihan, J.-P. (1984) : *Villages gaulois et parcellaires antiques au Braden en Quimper*, Cahier de Quimper antique 1.
- Leblanc, J.-Cl. (2002) : "Sur l'identification de la chaîne opératoire de forgeage du fer antique, associée à l'archéométrie des battitures", Thèse.
- Marcoux, N. et D. Marguerie : "Étude d'un lot de charbons de bois issus d'un rejet de forge du site de Paule", rapport dactylographié.
- Orengo, L., J.-M. Bonnon et D. Bevilacqua (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 expérimentation*, Monographies *Instrumentum* 12, 121-136.
- Orengo, L., E. Frénée et P. Fluzin (2000) : *Un atelier de forge de l'âge du Fer au 'Bois du Jarrier 3', commune de La-Celle-sur-Loire (F, Nièvre) ; archéologie et archéométrie*, Monographies *Instrumentum* 12, 45-66.
- Orengo, L. (2003) : *Forges et forgerons dans les habitats laténiens de la Grande Limagne d'Auvergne*, Monographies *Instrumentum* 26.
- Tylecote, R.-F. (1986) : *The Prehistory of Metallurgy in the British Isles*, Londres.
- Vivet, J.-B. (2001) : "Le Rocher Abraham, St Pierre de Plesguen (35) : un témoin essentiel de l'activité sidérurgique gauloise du Nord de la Haute-Bretagne", *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 29, 79-94.
- Vivet, J.-B., J.-J. Chauvel et F. Nicollin (2003) : "Productions de fer à la Tène ancienne en vallée de Rance : La Ville Pierre II en Quévert (22)", *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 31, 77-99.