

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

Posters

Le travail du fer dans une forge du milieu du v^e siècle a.C. à Sévaz/Tudinges (canton de Fribourg, Suisse)

Michel Mauwilly, Vincent Serneels, Mireille Ruffieux, Evencio Garcia Cristobal

RÉSUMÉ

Un atelier mis au jour sur le plateau Suisse a livré des témoins du travail du fer et du bronze. L'analyse des structures, du mobilier et des déchets métallurgiques permet d'identifier le type d'opérations techniques ainsi que le fonctionnement d'un atelier métallurgique au v^e s. a.C.

MOTS-CLÉS

forge, v^e siècle a.C., Plateau suisse, fer, déchets métallurgiques, battitures, scories, outils, limes

ABSTRACT

A workshop, excavated on the Swiss Plateau, gave evidences for iron-smithing and bronze casting. The study of the remains, the objects and the metallurgical wastes allows to describe the technical operations and the organization of a metallurgical workshop of the 5th century BC.

KEYWORDS

smithy, 5th century BC, Swiss Plateau, iron, metallurgical wastes, hammerscales, slags, tools, files

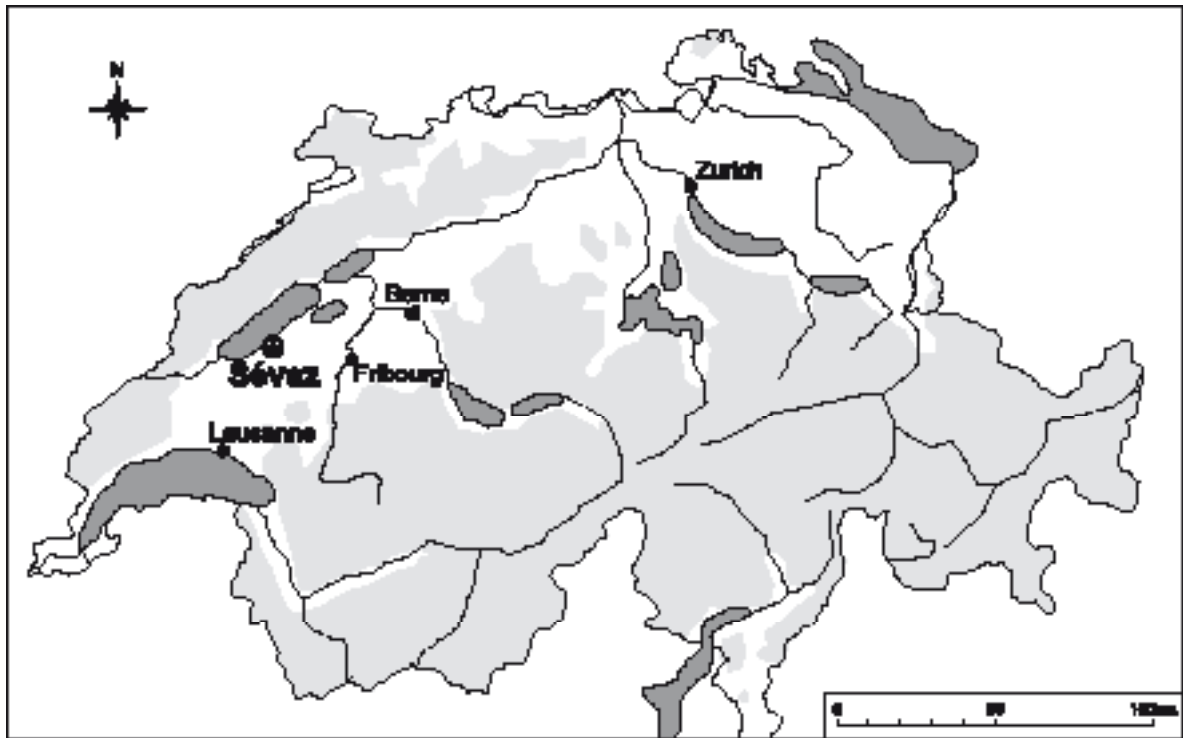


Fig. 1. Situation géographique de Sévaz/Tudinges (dessin : R. Sudan, Service archéologique de l'État de Fribourg).

C'est à Sévaz/Tudinges, et pour la première fois sur le plateau Suisse (fig. 1), qu'un atelier métallurgique du ^v s. a.C. a pu être exploré minutieusement¹ et ce sur environ 650 m². Outre d'importantes informations concernant le travail du fer et celui du bronze qui y ont été pratiqués de concert, la zone fouillée a également livré une petite série de tessons attiques à figures rouges qui ont rapidement conféré à l'atelier un statut certain dans la hiérarchie des sites de cette période recensés au nord des Alpes². L'étude détaillée des différentes catégories de déchets (120 kg de scories de fer, 9 kg de battitures, environ 700 fragments de creusets en argile, etc.) a permis non seulement de restituer

quelques-unes des chaînes opératoires développées dans l'atelier, par exemple la fabrication des creusets³, mais également de préciser, dans une certaine mesure, la qualité des activités effectuées sur le site (fonderie des alliages cuivreux, forgeage du fer, etc.). Grâce à l'analyse de la répartition spatiale des vestiges, des différentes structures et des liens que ces divers éléments entretenaient entre eux, une hiérarchisation fonctionnelle de l'espace a pu être opérée, avec, à l'ouest, une "zone nucléaire" de production, véritable cœur de l'atelier, à l'est, un espace au caractère ambivalent où mondes domestique et artisanal se côtoient, et, plus ou moins au centre, en "tampon", une aire de rejet des déchets métallurgiques (fig. 2).

1- Le site de Sévaz/Tudinges a été fouillé durant l'été 1996 par le Service archéologique de l'État de Fribourg, dans le cadre des recherches archéologiques sur le tracé de l'autoroute A1. Nous tenons à remercier le Bureau des Autoroutes du Canton de Fribourg ainsi que J.-L. Boisaubert pour leur soutien.

2- Mauvilly *et al.* 1998 ; Ruffieux & Mauvilly 1999.

3- Mauvilly *et al.* 2001.

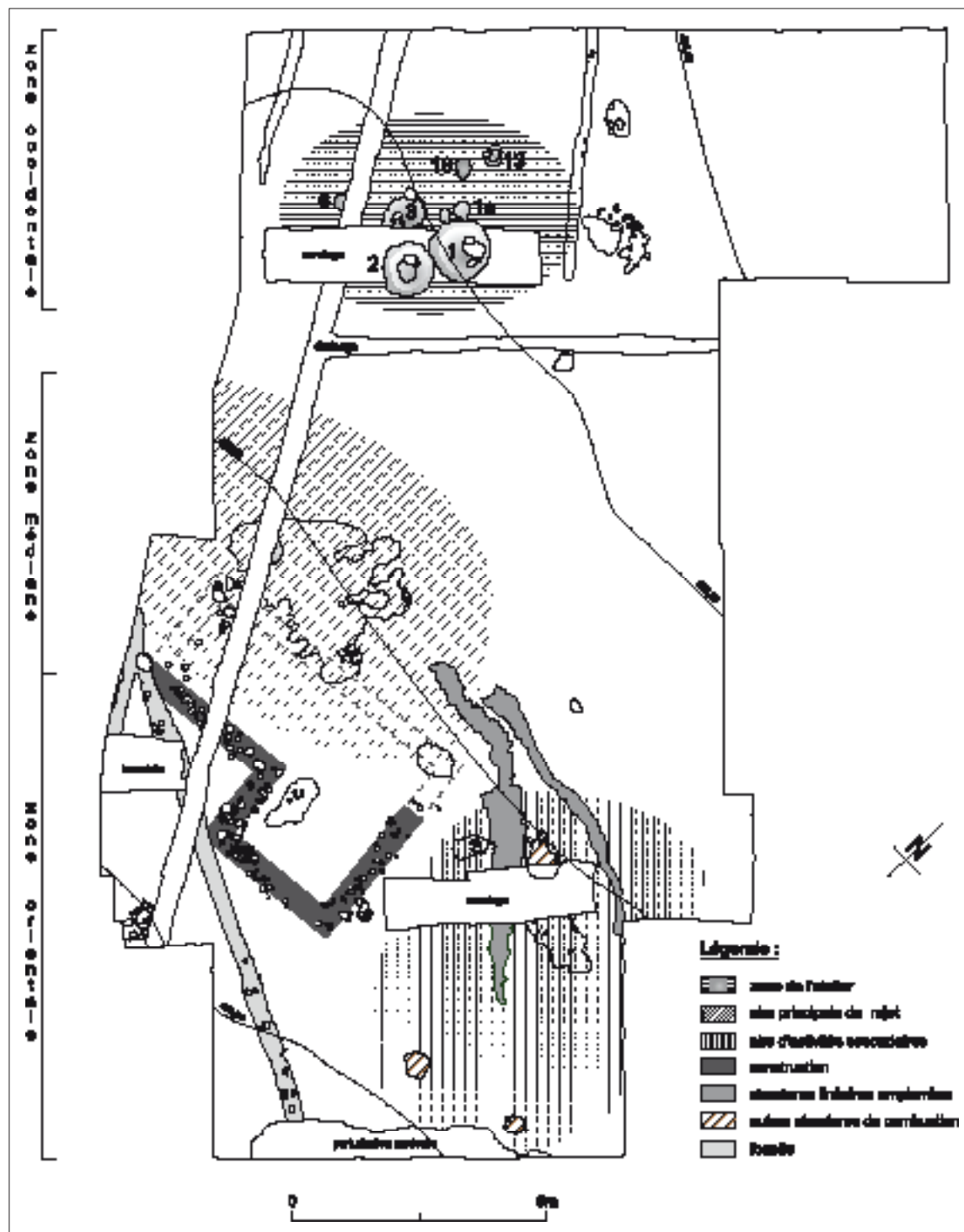


Fig. 2. Plan général schématique des principales structures et hypothèse d'interprétation avec l'atelier (zone occidentale), une aire de rejet (zone médiane) et une zone mixte domestique et artisanale (zone orientale) (dessin : R. Sudan, Service archéologique de l'État de Fribourg).

En outre, la dernière campagne de sondages a mis en évidence la présence de déchets scoriacés et de fragments de creusets à une centaine de mètres à l'ouest et en amont de la zone fouillée. Ces témoins militent en faveur d'une occupation centrée sur le vallon, s'étendant sur au moins un hectare et comportant plusieurs cellules artisanales.

La zone de l'atelier comprend plusieurs structures inscrites dans une aire de 40 m² environ (fig. 2). Deux fosses circulaires mesurant entre 1,80 m et 1,90 m de diamètre (structures 1 et 2) et dont le remplissage renferme de nombreux déchets métallurgiques, constituent sans nul doute le cœur de cet atelier. Deux cuvettes peu profondes (structures 1A et 3) leur sont accolées. Une cinquième structure (structure 13), légèrement excentrée et renfermant de nombreux fragments d'argile surcuits, vraisemblablement un petit four utilisé pour la fonte du bronze, ainsi que deux trous de poteau (structures 6 et 16) viennent compléter l'éventail des structures de cette zone.

En raison notamment de la dimension des fosses 1 et 2, dont la profondeur initiale peut être estimée entre 0,90 m et 1 m, ainsi que du caractère induré d'une partie du sédiment de remplissage témoignant d'un piétinement répété de la surface, nous supposons que les métallurgistes de Sévaz travaillaient debout, à l'intérieur de ces fosses, en utilisant les structures de combustion associées (structure 1A et 3).

Quelques outils de forgeron ont été mis au jour, notamment quatre limes coudées de grandeur variable (fig. 3), quatre ou cinq poinçons et deux

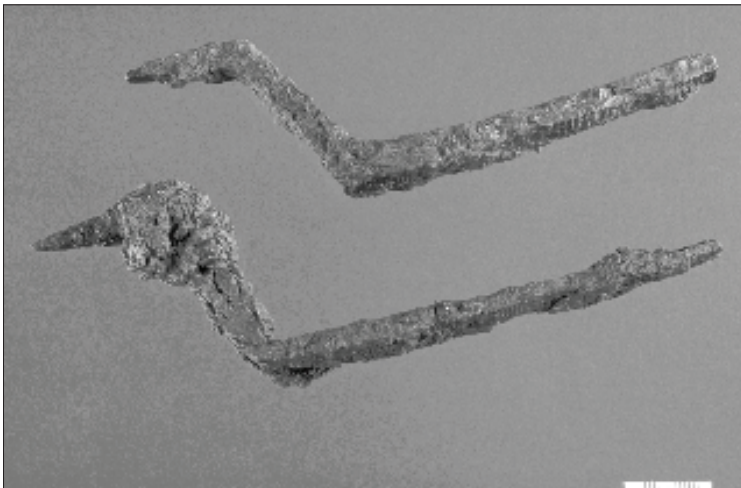


Fig. 3. Limes coudées en fer (L. env. 15 cm) (photo : Cl. Zaugg, Service archéologique de l'État de Fribourg).

fragments de ciseaux. Cet outillage en fer est complété par des éléments lithiques : perceurs, polissoirs, affûtoir et blocs-mortiers garnis de cupules. En outre, plusieurs gros blocs situés dans la zone de l'atelier doivent probablement avoir été utilisés comme poste de travail, voire comme bloc-enclume.

Deux fragments de couteaux, des clous, des rondelles de blocage et une fibule, découverts lors de la fouille, représentent vraisemblablement les derniers vestiges de la production des forgerons de Sévaz puisque la majorité du mobilier en fer qui nous est parvenu est constituée de déchets métallurgiques (tabl. 1). L'analyse de ces derniers comme de l'ensemble des déchets métallurgiques apporte cependant de précieuses informations sur les opérations effectuées au sein de cette aire artisanale.

LES DÉCHETS MÉTALLURGIQUES SUR LE SITE DE SÉVAZ/TUDINGES

L'étude de l'assemblage de déchets par le biais d'une quantification et d'une classification précises⁴ a pour but de caractériser l'activité de l'atelier dans son ensemble (tabl. 2). Le poids total des déchets liés au travail du fer⁵ s'élève à environ 130 kg dont 40 % proviennent des structures 1 et 2. La quantité de déchets mis en évidence dans la structure 1 est quasiment égale à celle livrée par la structure 2.

Les 316 objets en fer mis au jour à Sévaz/Tudings proviennent pour les deux tiers de la zone nucléaire de l'atelier. Ils se composent en majorité de chutes découpées volontairement ou perdues lors du travail du fer à la forge. Les morceaux de tiges, avec près de 200 pièces, sont beaucoup plus abondants que les tôles et les fragments équidimensionnels (voir tabl. 1). Mis à part quelques objets complets, les débris ne pèsent que quelques grammes.

Les battitures sont des particules de très petite taille, résultant de la fragmentation lors du martelage sur l'enclume de la couche d'oxydes formée à chaud

4- La méthode est présentée en détail dans Anderson *et al.* 2003.

5- La métallurgie du bronze est essentiellement représentée par des fragments de creuset (Mauvilly *et al.* 2001). Ces objets ne sont pas présentés dans le cadre de cet article.

Fer	Objets finis							Chutes				Totaux	
	Limes	Couteaux	Autres outils	Clous	Rondelles blocage	Fibule	Objets indéter.	Tiges	Tôles	Objets équidimensionnels	Déchets informes	Nombre	Poids (g)
Structure 1	0	0	0	1	1	0	0	37	12	0	9	60	66,5
Structure 1A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	67
Structure 2	1	0	2	2	0	1	1	96	26	0	21	150	260
Autres	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	5	44,5
Hors	1	2	5	6	1	0	5	53	11	2	15	101	377
totaux	4	2	7	10	2	1	6	187	48	2	47	318	815

Tabl. 1. Inventaire du mobilier en fer de Sévaz/Tudinges (M. Ruffieux, Service archéologique de l'État de Fribourg).

		Structure 1	Structure 2	Reste du site	Total
		Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g
Chutes et objets en fer		134	260	408	802
Battitures (estimation)		5000	4000		9000
Scories en forme de calotte		7555	5259	27838	40652
Scories en rognon, nodules, etc	Riches en fer	6321	4454	7017	17792
Scories en rognon, nodules, etc	Fayalitiques	5984	4497	22101	35583
Scories en rognon, nodules, etc	Argilo-sableuses	735	1044	1758	3537
Fragments de paroi		3837	4367	12909	21112
Total		29566	23881	72045	128491

Tabl. 2. Inventaire des déchets métallurgiques de Sévaz/Tudinges (V. Serneels, Département de Géosciences, Université de Fribourg).



Fig. 4. Battitures (photo : Cl. Zaugg, Service archéologique de l'État de Fribourg).



Fig. 5. Scories en calotte (photo : Cl. Zaugg, Service archéologique de l'État de Fribourg).

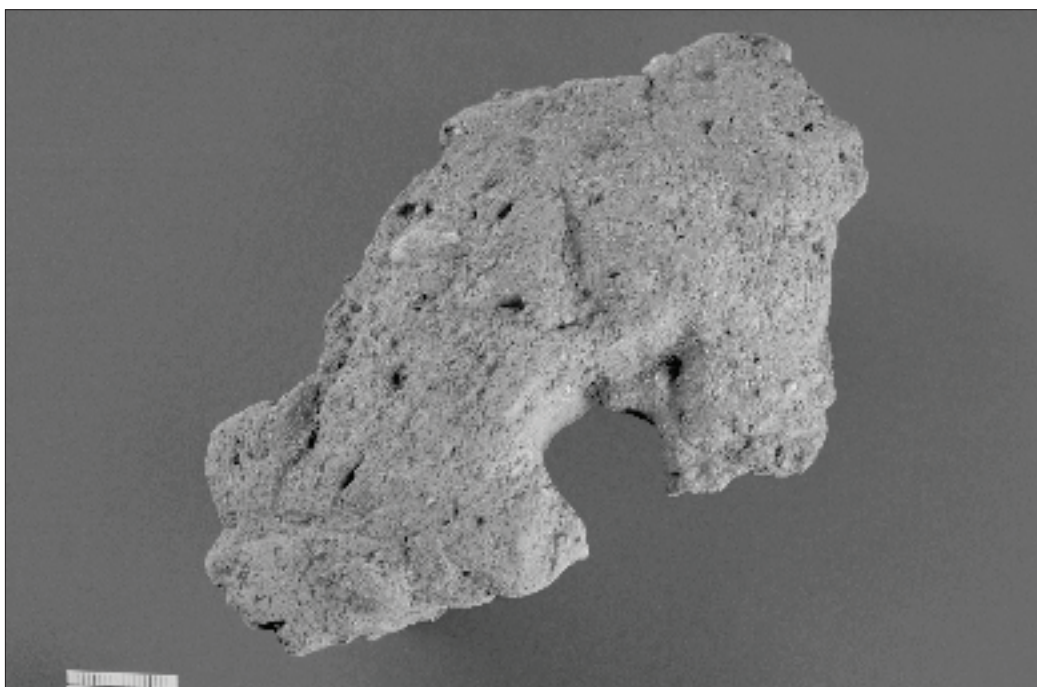


Fig. 6. Fragment de paroi avec trou (env. 2 cm) de ventilation (photo : Cl. Zaugg, Service archéologique de l'État de Fribourg).

(fig. 4). Elles sont abondantes dans certains niveaux du remplissage des deux fosses de travail (9 kg⁶). Elles ont fait l'objet d'une classification morphologique qui montre la prédominance des battitures présentant des surfaces boursouflées par rapport aux pièces planes, globulaires et équidimensionnelles.

Par leurs formes, les scories se répartissent entre les calottes grossièrement hémisphériques (fig. 5) et les pièces globuleuses (rognons, nodules, gouttes)⁷. Un peu moins de 500 objets ont été identifiés comme des calottes dont 77 sont complètes. À l'exception d'une dizaine de pièces dont le poids est supérieur à 500 g, elles sont légères (poids moyen 142 g). Du point de vue de leur nature, les scories de

Sévoz sont constituées par les trois matériaux habituels : à base de sable fondu (argilo-sableux), de silicates de fer (fayalite) et contenant une forte proportion de particules métalliques (ferreux). La proportion de déchets riches en matériaux argilo-sableux reste très basse (12 %), ce qui indique une faible utilisation de fondants et ajouts de forgeage. La forte proportion de déchets riches en fer (25 %) pourrait témoigner de l'utilisation d'un fer incomplètement compacté, probablement un produit brut du bas fourneau. Cette hypothèse est renforcée par les analyses chimiques. Les teneurs relativement élevées en éléments caractéristiques des minerais de fer (V et Cr) dans les scories peuvent être attribuées à l'apport des inclusions de scorie de réduction présentes en grand nombre dans le métal brut.

Un peu plus de 20 kg de débris consistent en éléments de parois en argile appartenant au revêtement interne des foyers. Certains fragments montrent la trace d'une perforation (diamètre entre 2 et 2,5 cm) correspondant à l'arrivée d'air dans le foyer (fig. 6) ; leur nombre élevé (170 pièces, soit 5 %) atteste la fréquence des réparations.

6- Le lavage des sédiments a permis d'en récolter environ 7 kg. On peut toutefois estimer le contenu réel à 9 kg dans les deux fosses. En appliquant le rapport mesuré pour les scories entre le contenu des fosses et celui de la zone de rejet (2:3), on obtient une masse totale de 22,5 kg de battitures pour l'ensemble du site.

7- Sur la figure 5, les pièces trop fragmentaires ont été regroupées avec les scories globuleuses.

QUELQUES ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATION

Chaque scorie en forme de calotte correspond à une unité de travail (entre l'allumage et l'extinction du foyer), probablement équivalente à une journée. Le nombre d'opérations attestées peut donc être évalué à environ 500. Cela ne prend évidemment en compte que les phases de travail à chaud. Quoi qu'il en soit, le volume de déchets de Sévaz n'est pas énorme et peut correspondre soit à deux ans de travail intensif (500 jours de travail) soit, plus vraisemblablement, à un travail régulier pendant une période de cinq à dix ans. Bien entendu, les déchets conservés ne représentent pas la totalité des déchets produits, mais, d'après la cohérence du site on peut penser qu'ils s'en approchent.

La taille des déchets, qu'il s'agisse de scories en calotte ou de débris métalliques, laisse penser que les forgerons de Sévaz travaillaient de petites quantités de métal pour produire des petits objets, de quelques dizaines à quelques centaines de grammes. En effet, pour une calotte de 140 g, le contenu en fer est de l'ordre de 70 g, ce qui représente le poids de métal perdu au cours de l'opération. Pour l'ensemble des scories de Sévaz, on calcule une perte en fer globale de l'ordre de 60 kg⁸.

La présence d'objets bimétalliques et les évidences concernant le travail du bronze accèdent l'hypothèse d'un travail de qualité. Les limes, outils techniquement difficiles à réaliser, renforcent cette idée. Les découvertes archéologiques attestent très clairement la pratique simultanée du forgeage du fer et de la fonderie du bronze. Les artisans de Sévaz maîtrisaient donc un savoir-faire étendu.

L'extension du site et la présence des tessons grecs apportent une dimension inattendue à ce site qui se rapproche de certaines découvertes d'importance comme, par exemple, celle de Bragny-sur-Saône, FR⁹.

Bibliographie

- Anderson, T. J., Cl. Agustoni, A. Duvauchelle, V. Serneels et D. Castella (2003) : "Des artisans à la campagne : carrière de meules, forge et voie gallo-romaines à Châbles (FR)", *Archéologie fribourgeoise*, 19, Fribourg.
- Brun, P. et B. Chaume, dir. (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, 27-29 octobre 1993*, Paris.
- Collet, S. et J.-L. Flouest (1997) : "Activités métallurgiques et commerce avec le monde méditerranéen au V^e siècle av. J.-C. à Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire) ", in : Brun & Chaume 1997, 165-172.
- Mauvilly, M., I. Antenen, E. Garcia Cristobal, M. Ruffieux et V. Serneels (1998) : "Sévaz 'Tudinges' : chronique d'un atelier de métallurgistes du début de La Tène dans la Broye", *Archéologie suisse*, 21, 144-154.
- Mauvilly, M., E. Garcia Cristobal, Chr. Peiry et V. Serneels (2001) : "La métallurgie du bronze au milieu de l'âge du Fer", *Archéologie suisse*, 24, 22-29.
- Ruffieux, M. et M. Mauvilly (1999) : "Sévaz/Tudinges et la Méditerranée au V^e siècle av. J.-C.", *Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise*, 1, 26-31.

8- Au cours du forgeage, le pourcentage de fer perdu dépend de la nature de la matière première et de la complexité du travail réalisé. Pour les travaux les plus simples, elle est minime (1 à 5 %). Pour les travaux habituels, elle se monte à 10 %. Pour des opérations complexes ou bien lors du compactage du fer brut, elle peut atteindre 50 % ou plus.

9- Collet & Flouest 1997.