Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 60 (1993)

Artikel: Une industrie reconnue : fer, charbon, acier dans le Pays de Vaud
Autor: Pelet, Paul-Louis / Carvalho-Zwahlen, Barbara de / Decollogny, Pierre
Kapitel: 7: Les ateliers et les mines
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-835406

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

7

Les ateliers et les mines

L'ÉTUDE systématique des fours fait ressortir leurs particularités architecturales et techniques; une description des installations qui les entourent mettra en évidence les conditions de travail et les dimensions de chaque entreprise.

La répartition symétrique de certaines installations, en particulier le long de la route de Moiry à Envy suggère un lotissement général, si ce n'est deux lotissements successifs. Il n'en reste pas moins que l'emplacement précis des fourneaux dépend moins d'une distribution arbitraire que des ressources du terrain. Les forgerons choisissent un talus (nous ne connaissons que 5 exceptions) qui, taillé en terrasse, assure d'emblée une bonne partie de l'isolation thermique, et qui peut faciliter d'autre part la charge et la vidange du four. Ils sont amenés parfois à évacuer de gros blocs de pierre, susceptibles de peser plusieurs tonnes; par exemple, le calcaire qui remplissait l'excavation relevée à l'angle ouest du four III de Bellaires I (voir fig. 86, 90-91), a été roulé par-dessus les vestiges des fours X et IX. A Bellaires III, le bloc erratique de la tranchée 18 (voir fig. 78) reposait sur un sol glaiseux parsemé de scories. Il avait été déplacé par les bâtisseurs des dernières entreprises. Ce bloc a été relevé lors des fouilles. Dressé, il signale leur emplacement. Il ne s'agit pas d'un menhir, pas plus que la pierre qui affleure de l'autre côté du chemin, près de Bellaires II, sur le bord d'un sondage.

Les matériaux nécessaires

Les emplacements retenus, dont l'orientation est très variable, fournissent autant que possible les matériaux de construction: les moellons calcaires, ou mieux encore, les gneiss et les granits des dépôts morainiques, leurs argiles – et l'eau.

L'eau

La proximité d'une source est indispensable, il ne faut pas l'oublier, pour préparer le mortier argileux d'abord, puis pour arroser les loupes incandescentes (c'est un moyen efficace d'en chasser les scories), enfin pour étancher la soif des travailleurs du feu tout au long de la campagne de fonte. Des sites tels que Voualève I et II, Carolines, les Petits-Lacs I-IV, Bellaires I et II, «La Fontaine des forges», Barnel (soit *Fontaine*) et plus de trente autres encore se situent ou se situaient à proximité d'une fontaine, d'un ruisseau ou d'une mare.

A Prins-Bois II et I, un lieu dit «La Gouille-aux-cochons» rappelle la zone humide disparue.

A Bellaires III, la combe actuellement sans ruisseau visible est liée au système hydrographique régional. Les huit haldes où la proximité d'un point d'eau n'est pas prouvée peuvent se ravitailler en eau à moins de trois cents mètres et les deux haldes apparemment les moins favorisées, celles de Pré-Penard (Cuarnens) n'en sont qu'à quelque 500 m. En fait, de toutes les entreprises relevées au pied du Jura, une seule n'a certainement jamais eu de source toute proche: celle de Manin, au sommet de la butte molassique du Mont-d'Orny. Les scories peu abondantes et la minuscule calotte de fer qui y a été recueillie (voir fig. 121) signalent, comme à Pré Penard II, un atelier de forge. Les analyses de Vincent Serneels le confirment.

Les matériaux de construction

La glaise

La moraine quaternaire fournit la glaise: grise à Prins-Bois I, ocre jaune à Bellaires III, ocre brun à Bellaires II, jaune ou au contraire ferrugineuse et rousse à Bellaires I. Dans trois cas, cette glaise se présente en couches régulières, à flanc de talus (Prins-Bois I, ép. 30 cm, Bellaires II et Bellaires III, ép. plus de 80 cm). A Bellaires I, au contraire, elle forme des poches entre les affleurements calcaires et les dépôts de gravier. La glaise ferrugineuse rousse abonde au nord des fourneaux, la jaune à l'est; c'est dans une terrasse due à son extraction qu'a été aménagé le four VI.

A Prins-Bois II et à la Bossena I, les fours sont bâtis directement sur le roc; les fouilles, limitées à un secteur étroit n'ont pas révélé de dépôt naturel d'argile.

L'emploi de la glaise est réservé en général au revêtement intérieur du fourneau. Le mortier qui enserre les moellons de la chape est fait le plus souvent d'une terre médiocrement argileuse, prise à proximité.

Les pierres

A Bellaires et à Prins-Bois, les granits et les gneiss utilisés systématiquement dans la construction de certains fourneaux proviennent des abords immédiats, où les blocs erratiques abondent. A la Bossena I, le four est bâti en grande partie avec des dalles extraites du calcaire en place. La fouille ne révèle qu'un niveau d'exploitation, et bien que l'on ne constate aucun autre indice de remaniement, des pierres d'origine glaciaire, déjà scoriées ont été insérées au milieu des parois. La présence de ces pierres ne s'explique que par un transport depuis une ferrière abandonnée. Les haldes les plus proches, les Petits-Lacs III et IV, sont distantes d'à peine 200 m. Cette constatation surprenante est cependant corroborée par le fait que les forgerons de la Bossena I ont amené aussi des tuiles cassées et des briques.

Les tuileaux et les briques

Dans les fours XI, XII, XIV, XVII, (XVIII), XXI des Bellaires, XXII de la Bossena I, XXIII de Prins-Bois II, les constructeurs ont employé quelques briques et des masses de tuiles cassées, principalement pour monter le revêtement intérieur réfractaire des cuves, parfois pour caler les moellons (Prins-Bois II, Bossena I), pour remplir une paroi (XIV de Bellaires I) ou pour équilibrer une dalle de fond (XII de Bellaires I).

Des briques n'apparaissent qu'à Bellaires I, Bellaires III et Bossena I. A Bellaires I, deux fragments ont été relevés près des fours I et II, tandis que deux briques quasiment intactes, de 25 cm de côté et 5 cm d'épaisseur servaient de pierre d'angle pour les deux angles nord du four XI.

A Bellaires III, des cinq fragments recueillis, deux se rattachent indiscutablement à la première exploitation (four XXI), deux autres ont été retrouvés dans les déchets du niveau supérieur.

A la Bossena I, 35 morceaux ont une épaisseur qui varie entre 37 et 60 mm (moyenne 50 mm). On peut par interpolation évaluer leur nombre dans l'ensemble du site à environ 120 morceaux, ce qui ne représente guère qu'une vingtaine de briques. C'est donc un matériau tout à fait exceptionnel.

Dans un seul site, Prins-Bois I (Pelet, 1960a, 60), des tuiles ont couvert une bâtisse. C'est paradoxalement la seule ferrière où aucun des fourneaux n'en a utilisé! Aux Bellaires, à la Bossena, il a fallu amener les tuileaux pour les nécessités de la construction. Sans parler du *terminus a quo:* les forgerons ne peuvent s'en servir avant l'époque romaine, ces fragments de tuiles plates à rebord *(tegulae)* ou rondes identiques à nos tuiles faîtières *(imbrices)* fournissent quelques indices utiles sur la construction des fourneaux à fer et sur la fabrication locale des tuiles. Cependant, les déchets d'*imbrices* ne sont pas significatifs et ceux des tuiles à rebord, très mutilés, ne permettent pas de déterminer la longueur et la largeur des pièces entières.

La hauteur et l'épaisseur des rebords eux-mêmes ne sont pas régulières: elles s'amenuisent d'une extrémité à l'autre; on ne peut en tirer des mesures valables. Seules les variations de l'épaisseur de la tuile proprement dite apportent des constatations intéressantes. A Bellaires I, un premier relevé, en 1964, montre que sur 148 tuileaux, 113 (76%) ont une épaisseur comprise entre 25 et 30 mm, que 24 (16%) dépassent 30 mm et 11 (8%) n'atteignent pas 25 mm. Dès 1965, des mesures précises donnent les chiffres suivants:

Bellaires I: 177 fragments de tuiles plates: épaisseur moyenne 26 mm
Bellaires II: 424 fragments de tuiles plates: épaisseur moyenne 23,5 mm
Bellaires III: 310 fragments de tuiles plates: épaisseur moyenne 25,2 mm
Bossena I: 883 fragments de tuiles plates: épaisseur moyenne 24 mm
Prins-Bois II: 41 fragments de tuiles plates: épaisseur moyenne 22,5 mm

A part Prins-Bois II où les tuileaux semblent un peu plus minces – comme à Prins-Bois I d'ailleurs – leur épaisseur moyenne se situe entre 24 et 26 mm. Les figures 82 pour Bellaires III, 111 pour la Bossena I et 134 pour les autres sites montrent une distribution des tuiles très équilibrée. L'épaisseur moyenne, la médiane et le mode sont très rapprochés. La plus grande partie des tuileaux se concentre dans l'espace marqué par le nombre moyen des échantillons:

80% à Prins-Bois II (fig. 134)
85% à Bossena I (fig. 111)
88% à Bellaires III (fig. 82)
90% à Bellaires II (fig. 134)
92% à Bellaires I (fig. 134)

Ce sont là les caractéristiques de populations statistiques homogènes. On peut en déduire sans crainte d'erreur que les tuileaux ont une provenance unique dans chaque site. Les cas extrêmes qui frappent sur le champ de fouilles, tuileaux très minces ou très épais ne représentent que de rares malfaçons. Le calcul de la déviation standard montre d'autre part que la marge de tolérance dans l'épaisseur des pièces fabriquées correspond à 4 mm en plus ou en moins de la moyenne retrouvée. Une tuile normale aura entre:

22 - 30 mm d'épaisseur à Bellaires I
21 - 29 mm d'épaisseur à Bellaires II
20 - 28 mm d'épaisseur à Bellaires III et Bossena I
18 et 27 mm d'épaisseur à Prins-Bois II (déviation standard 4,3 mm)

Les archéologues ont remarqué depuis longtemps[1] que les tuiles romaines, qui se fabriquent encore plusieurs siècles

1. En particulier Adrien Blanchet (1920,II,189-210). Jean Chauffin (1956,81-88) relève surtout la forme des rebords des *tegulae*; leur hauteur semble moins irrégulière qu'au pied du Jura.

après la chute de l'Empire romain tendent à s'alléger au cours des ans. On devrait arriver à les dater d'après leur épaisseur. Mais un tel indice chronologique, valable tout au plus province par province, nécessite de multiples relevés. Faute de comparaison pour la Suisse romande, nos chiffres (d'ailleurs très peu différenciés) ne fournissent aucune chronologie – sans parler du fait que les tuiles peuvent avoir été reprises par les forgerons plusieurs siècles après leur fabrication!

Elles sont cependant toutes du même type, avec leur lissage au doigt de la base interne du rebord. Nous n'avons relevé aucune estampille. Si le terme de Bellaires évoque une industrie de guerre, rien ne prouve que les tuiles proviennent de fabriques militaires. Une seule d'entre elles porte quelques incisions que l'on peut interpréter comme un T suivi de deux petits jambages, avec, en dessous, un IX oblique (fig. 135).

Les forgerons n'ont pas brisé des tuiles neuves pour monter leurs cuves; ils se sont contentés de déchets. Le plus ancien fourneau qui en utilise, XXI de Bellaires III remonte probablement à la seconde moitié du IIIe siècle. Les autres sont plus tardifs encore. Il ne devait pas être difficile alors de ramasser les tuiles de maisons ruinées.

Dans chaque champ de fouilles, les tuileaux ont des dimen-

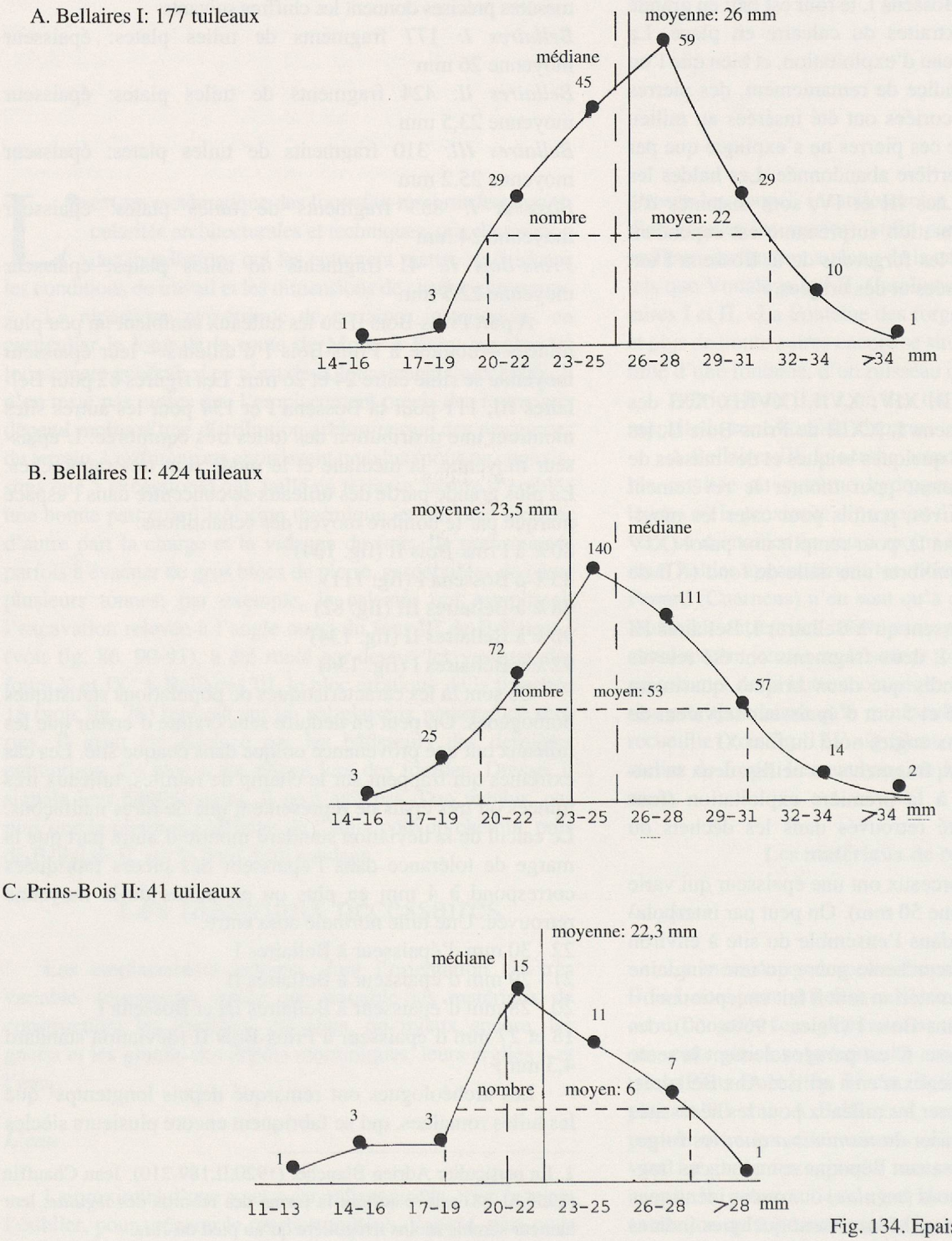

Fig. 134. Epaisseur des tuiles plates.

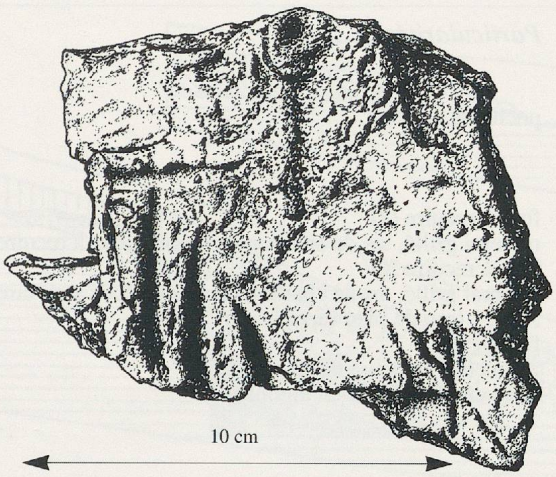

Fig.135. Bellaires I. Tuileau a 533.

sions très variables. Le calcul de leur surface brute (plus grande longueur multipliée par leur plus grande largeur) donne les moyennes suivantes:

Bellaires I: 150 cm²
Bellaires II: 84 cm²
Prins-Bois II: 73 cm²
Bellaires III: 68 cm²
Bossena I: 53 cm²

Ces chiffres ne manquent pas d'intérêt pour l'histoire des sites. A l'origine, la dimension normale des tuileaux utilisés doit varier de 150 à 250 cm². Mais les fours ont été démolis, et leurs matériaux réemployés. A Bellaires I, ce réemploi n'a été que partiel. A Bellaires II, le fourneau a été remanié probablement à plusieurs reprises.

De plus, il a été écrasé par des chutes de pierres. Les tuileaux de Bellaires III ont été utilisés d'abord pour les fours XVIII et XXI, puis déversés au bas du talus et repris partiellement par XIX et XX. De là leur détérioration. Les échantillons de la Bossena I, pris dans les tranchées et non dans les parois intactes du fourneau ont été éparpillés et brisés sans doute par l'exploitation tantôt forestière et tantôt agricole du site. Il se peut d'ailleurs qu'ils aient été repris d'une ferrière voisine, comme quelques pierres scoriées (voir pp. 59-60).

Les matières industrielles

L'emplacement des ateliers dépend sans doute dans une plus large mesure encore de la proximité des matières industrielles: minerai et combustible. Apparemment, les forgerons devaient souhaiter mettre la main sur le minerai à fondre dans la forêt à charbonner! Cette conjonction existait en tout cas à la Bossena I, et probablement dans toutes les entreprises bâties au pied du même affleurement rocheux: Bossena II, Carolines, Voualève I et II, Fontaine des Forges, Longchamp (voir fig. 1, page de couverture). Elle est vraisemblable aussi aux Bellaires (voir p. 29), et dans bon nombre d'autres sites autour de Ferreyres.

Les sites relevés dans la zone molassique, où l'on ne trouve pas les fissures remplies de sidérolithique: en particulier Pré Penard I et II (Cuarnens), Prêle (Cuarnens), Trois-Noyers (Eclépens), Côte-de-Manin (Orny) correspondent apparemment à de simples forges. A la Grand-Ferrire (Arnex), si la moraine a recouvert le coteau, le calcaire est très proche comme le montrent les analyses pédologiques (voir p. 115).

L'installation des ateliers

Une étude systématique des fours dégage leurs particularités architecturales et techniques.

La description des installations qui les entourent fera ressortir les conditions de travail et les dimensions réelles de chaque entreprise.

La réduction du minerai se faisait-elle au coeur d'un complexe englobant des forges et un habitat régulier? Etait-elle au contraire une occupation précaire et saisonnière? Aucun mur ne délimite l'emplacement des forges; il ne reste aucune substructure de maison importante. Nous n'observons qu'une seule fois, à Bellaires III, une lignée de trous de pieux, indice certain d'un appentis devant les fours XIX-XX. Les installations annexes: tas de charbon, de minerai, foyers de grillage ou fours à recuire n'apparaissent ni à Prins-Bois II, ni à Bossena I, ni à Bellaires II. Dans les sites complexes comme Bellaires I et III, les bouleversements successifs du terrain ont effacé le plus souvent les traces de ces places de travail (si elles ont jamais existé); elles ne subsistent, en tout cas, qu'exceptionnellement. La figure 137 résume le résultat de nos investigations.

Ainsi, les vingt et un fours de réduction et les deux à recuire mis au jour dans cinq sites représentent quinze ateliers. Trois d'entre eux sont uniques dans leur halde. Dix autres ont été juxtaposés ou superposés aux deux installations initiales de Bellaires I et III.

Dans les sites complexes, les fourneaux s'élèvent le plus souvent à quelques pas de leurs prédécesseurs (par exemple les fours XI-XIV); ils créent des cônes de déchets qui déferlent sur les vestiges plus anciens. Parfois les maîtres de

	Calcaire	*Gneiss, granit*	*Glaise*	*Charbon*	*Minerai*	*Tuiles*	*Tuileaux*
Pr.-B.I	*	*	*	*		*	
Pr.-B.II	*	*		*			(*)
Bell.I	*	*	*	*	(*)		*
Bell.II	*	*	*	*			*
Bell.III	*	*	*	*			*
Boss.I	*			*	*		*
Châtel/M.	*	(*)	*	*	*		

Fig. 136. Les apports du site.

Site	*Niveau*	*Four*	*Atelier*	*Terrasse*		*Particularités*
				type	*position*	
Bell.I	1a	X	I	P.n.	adossée à un rocher	poche de minerai
	1b	XIII	J	P.n.	dans moraine	
	2	IX	J	P.r.	idem	
	3	V	J	F.n.	idem	
	4	VIII	J	P.r.	adossée à un rocher	four à recuire (?)
	5	VII	J	P.r.	idem	minerai grillé, tas de charbon en amont, four à recuire (?)
	6	XI	J	P.r.	flanquée d'un rocher	four à recuire XV
	7	XII	S	M.r.	idem	minerai grillé, tas de charbon en amont, four à recuire XVI, 1 trou de pieu (appentis?)
	8	XIV	S	M.r.	dans moraine et scorie	forge (?)
	9	I, II	J	F.n.	dans moraine	zone charbonneuse en amont
		III, IV	J	F.r.	idem	zone charbonneuse en amont
		VI	J	F.n.	idem	
Bell.II	unique	XVII	U	M.n.	dans talus	
Bell.III	1	XVIII	I	M.n.	dans moraine	
		XXI	I	F.n.	idem	
	2	XIX	S	M.r.	idem	
		XX	S	M.r.	idem	zone charbonneuse latérale, appentis sur 3 piliers
Bos. I	unique	XXII	U	M.n.	adossée à un banc de rocher	mine, minerai grillé latéral
Pr.-B.II.	unique	XXIII	U	M.n.	entaillée dans un banc de rocher	

N.B. Atelier: I=initial, J=juxtaposé, S=superposé. Terrasse: P = profonde, M = moyenne, F = faible; n = nouvelle, r = réemployée, U=unique

Fig.137. Les ateliers.

forges tiennent à appuyer leurs fondations sur le sol vierge, moraine ou rocher. Ils déblaient alors totalement les couches antérieures qui affaibliraient leur construction ou qui gênent leur travail. C'est le cas du four XI de Bellaires I, qui a rasé le four XIII. De toute façon, la réinstallation dans un site déjà occupé antérieurement nécessite un aménagement du terrain, en général un nettoyage égalisateur, qui rejette au bas du talus une bonne partie des vestiges des installations précédentes. Les trois tranchées horizontales 21, 22 et 26 du plan général (fig. 41, et fig. 138) montrent très clairement ces rejets: au haut du site (tranchée 21), le terrain a été entièrement déblayé, l'humus primitif lui-même a été enlevé; la couche superficielle d'humus et de scories due à l'exploitation des fours III-IV et VI repose immédiatement sur le gravier morainique.

Un mètre en aval (tranchée 22), l'humus brun antérieur aux exploitations recouvre encore la moraine. Par-dessus, un mélange de cet humus et de terre de forge provient du nettoyage fait en amont.

Deux mètres cinquante plus bas, dans la tranchée 26, aucun déblai d'humus ne s'est infiltré entre les scories de V, qui sont recouvertes à l'est par du gravier morainique, déblai final des travaux d'aménagement de VI. Les successions des couches ne sont pas toujours aussi faciles à identifier. Les scories de tous les fourneaux à fer primitifs utilisant un minerai apparenté ou identique ont le même aspect et les mêmes composants chimiques. Cependant des marques de stratification, une nuance dans la couleur des déchets terreux, plus ou moins charbonneux, l'abondance variable des débris de glaise cuite distinguent en général les couches. Mais leur séparation est rarement nette. Une terre légère, charbonneuse ou graveleuse tend à se mêler aux masses plus grossières où dominent les scories. La ligne de démarcation entre les couches reste approximative. Nos relevés à échelle réduite les schématisent obligatoirement.

De plus, les interférences de déchets provenant de cônes d'éboulement de fours décalés sur le terrain posent des

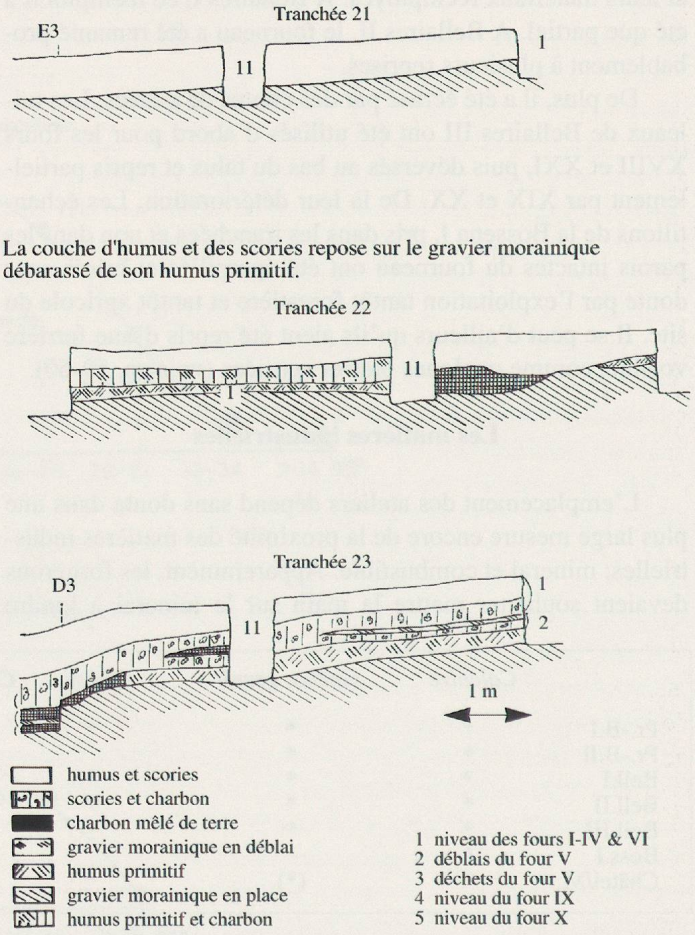

Fig. 138. Bellaires I. Tranchées 21, 22, 23.

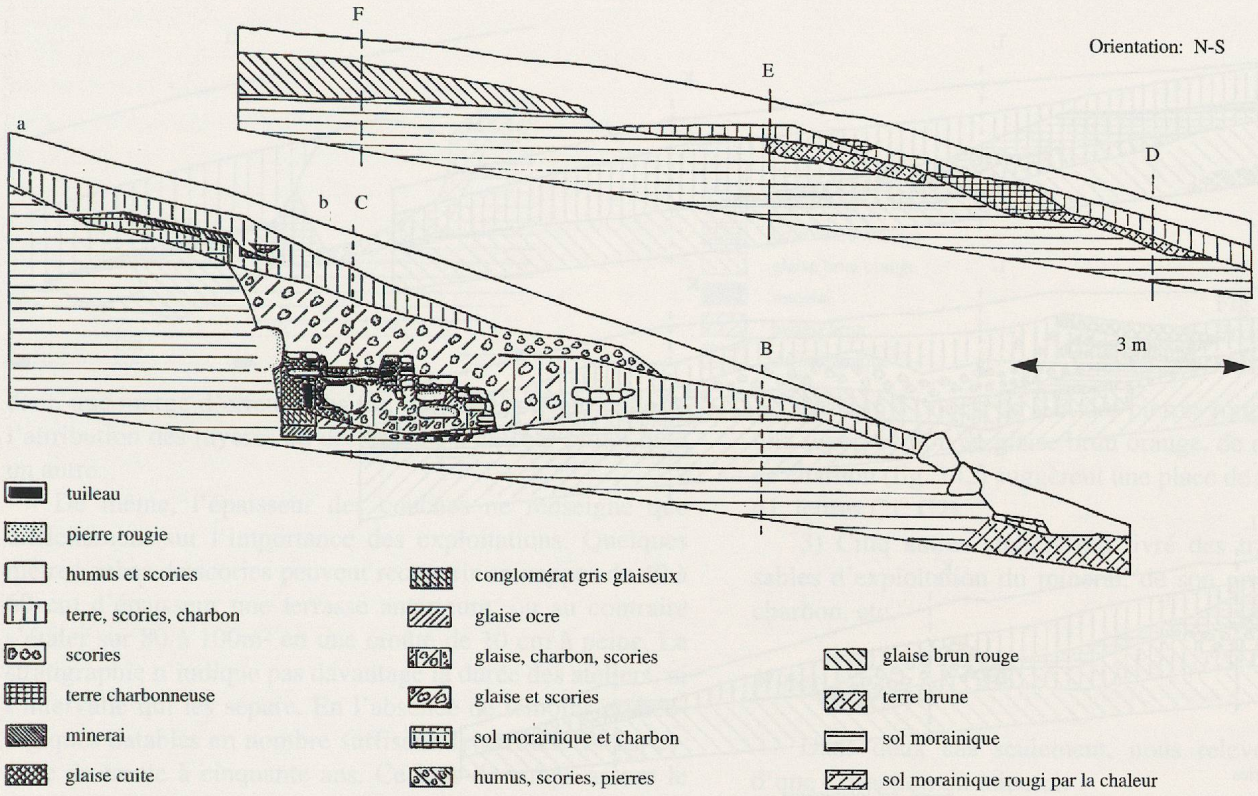

Fig. 139. Bellaires I. Profil de la tranchée 11.

problèmes délicats. Seule la multiplication des relevés stratigraphiques de tranchées (39 à Bellaires I) permet de s'y retrouver. (Voir fig. 138-140, tranchées 11;4;5;7;8).

La tranchée 8 en est un exemple caractéristique. Creusée dès 1963 dans sa partie centrale, prolongée en aval et en amont et approfondie en 1964 et 1965, cette tranchée qui traverse tout le site enregistre les traces de sept des dix installations successives de Bellaires I (voir fig. 141), bien qu'elle coupe les ruines de deux fours seulement, le III au haut du terrain, le IX au milieu (voir fig. 41). L'implantation de ces deux entreprises ne va pas sans bouleverser le terrain, sans le dégager des restes de fourneaux antérieurs. Ainsi les fours jumelés III et IV rasent le four V et en déblaient les éléments (fig. 141, V/3-4).

Le four V avait aménagé une terrasse et en avait déversé l'humus et la terre morainique sur les ruines du four IX, son prédécesseur. Il avait fait rouler ensuite ses scories et le minerai infondu au bas du talus (fig. 141, V).

Pour s'implanter, IX avait lui aussi débarrassé les matériaux accumulés auparavant par le four X, le premier construit à Bellaires I. Mais le four X lui-même avait commencé par aménager sa place de travail: il avait établi une terrasse dans le talus, dont l'aplanissement est reconnaissable, puis il avait déversé ses déchets d'exploitation au-delà de la terrasse. Au bas de la pente, les scories se sont mêlées au gravier morainique rejeté, avant de former par-dessus une couche typique de «terre de forge» avec sa dominante de scories et de charbon (fig. 141, X). En préparant sa place, IX a d'abord repoussé un gros bloc calcaire, contre lequel sont venues buter les pelletées de glaise cuite et de scories qui provenaient de la dernière chauffe de X (ces scories sont caractéristiques).

Les forgerons les ont recouvertes des déchets des campagnes de fonte précédentes, mêlées à davantage de charbon, elles ont formé ainsi un remblai à contrepente, qui commence à trois mètres en aval du fourneau IX ((fig. 141, X/9). Les déchets d'exploitation de IX se sont accumulés contre ce remblai. Longuement employé, ce fourneau a nécessité quelques remaniements (voir p. 32). A un moment donné, ses possesseurs ont nettoyé ses alentours jusqu'au sol naturel, dont quelques brouettées forment une bande jaunâtre au milieu des scories et du charbon.

Une série de couches ne s'expliquent que par l'intermédiaire d'autres entreprises: ainsi, tout au bas de la tranchée, une couche où la terre de forge se mêle au gravier semble rejetée sur les déchets imputables à X. Elle ne s'explique que par un remaniement du terrain dû au four XIII, bâti plus à l'est. Ses constructeurs semblent avoir cherché à aménager un passage jusqu'à l'actuelle Vy-Ferroche, en y jetant des scories mêlées de gravier dues à X et prises en amont. Par la suite, ils ont recouvert ce passage de leurs propres matériaux ((fig. 141, X/13 et XIII).

La couche de glaise orange et de tuileaux romains qui les recouvre ne peut provenir que de la démolition du four XI par les bâtisseurs de XII.

Pour atteindre la place de travail de cette nouvelle exploitation, une sente s'établit 8 à 9 m plus haut à flanc de coteau, sur les ruines de IX; elle aboutit entre le tas de charbon et celui de minerai du four XII. Les forgerons de XII, pour passer plus commodément ont rejeté une partie des scories de V en aval ((fig. 141, V/12).

La stratigraphie fait de X le four le plus ancien de la zone; il est suivi par XIII, IX, V, XI, XII, III et IV. Les données du carbone 14 s'accordent avec cette répartition. Cepen-

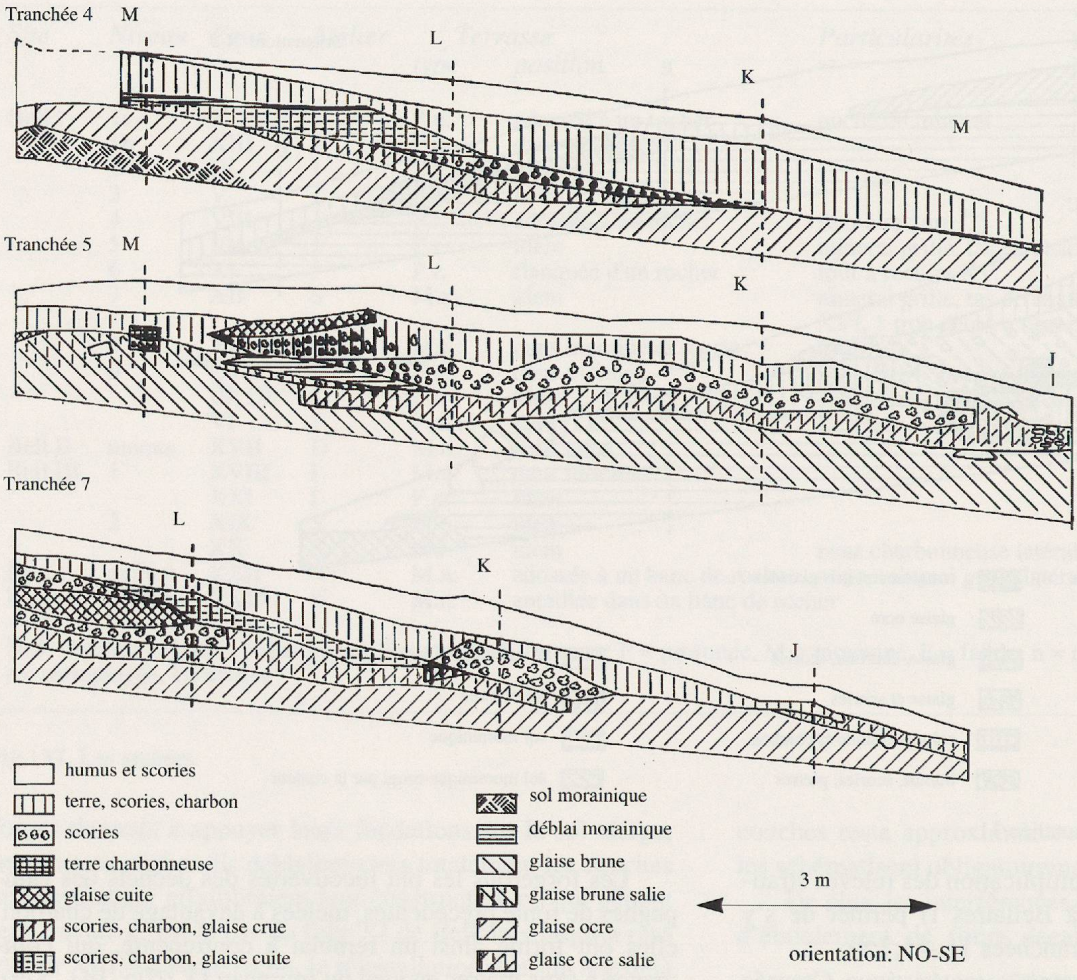

Fig. 140. Bellaires III. Profils des tranchées 4, 5, 7.

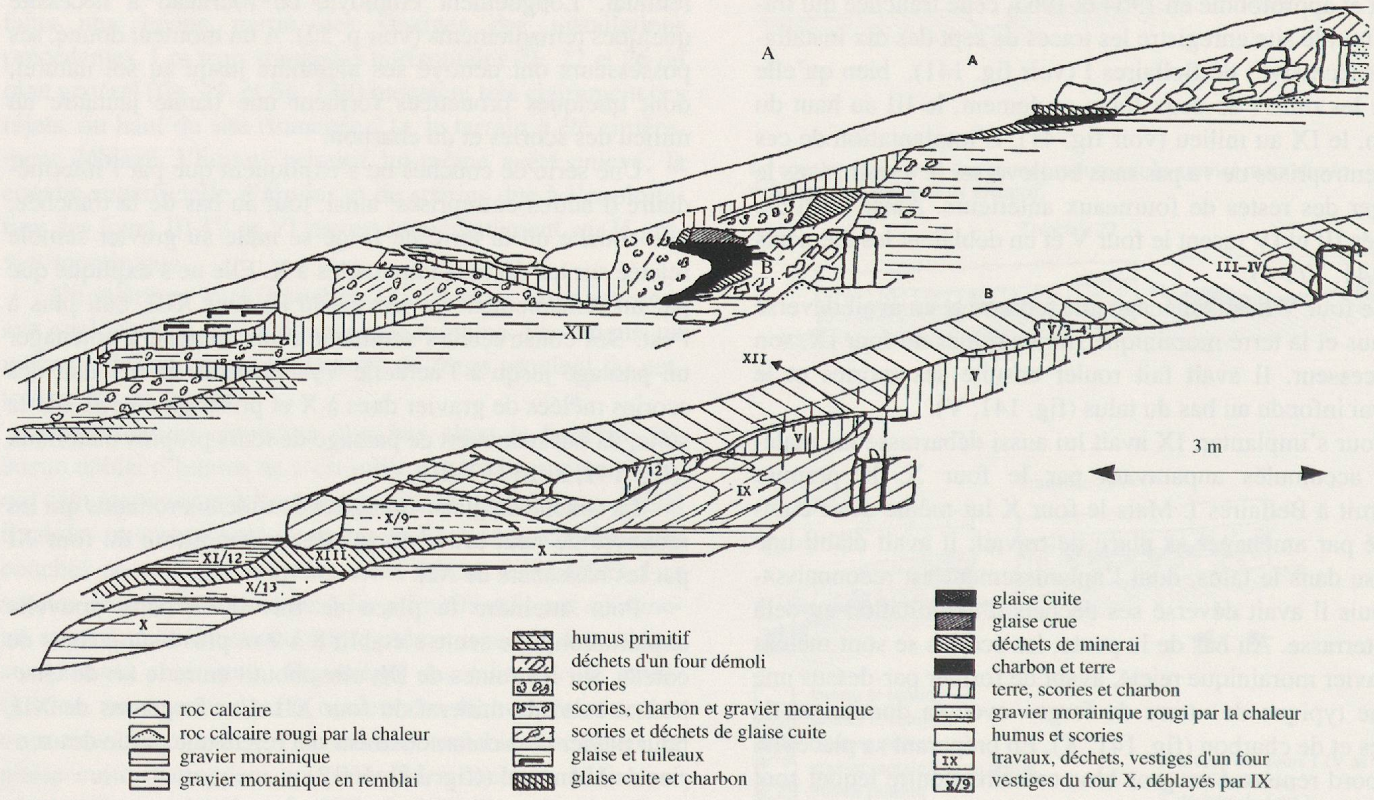

Fig. 141. Bellaires I. Profil de la tranchée 8. Les couches et leur provenance.

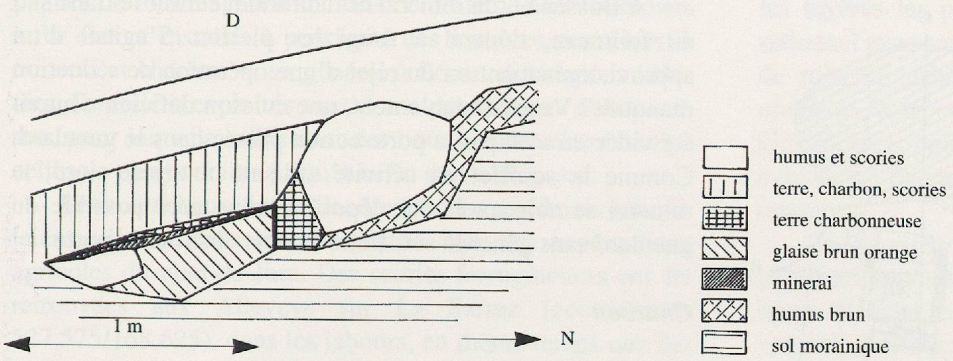

Fig.142. Bellaires I. Profil partiel de la tranchée 3.

dant, une marge d'erreur subsiste, qui rend souvent délicate l'attribution des tuyères ou des tessons à un four plutôt qu'à un autre.

De même, l'épaisseur des couches ne renseigne que difficilement sur l'importance des exploitations. Quelques mètres cubes de scories peuvent recouvrir en nappes de 40 à 60 cm d'épaisseur une terrasse antérieure, ou au contraire s'étaler sur 80 à 100m² en une croûte de 10 cm à peine. La stratigraphie n'indique pas davantage la durée des ateliers, ni l'intervalle qui les sépare. En l'absence de témoins archéologiques datables en nombre suffisant, le carbone 14 les espace de trente à cinquante ans. Ce laps de temps assure le reboisement.

Fourneaux et mines

Fourneaux

Dans douze cas sur quinze, les ateliers mis au jour dépendent d'un seul fourneau à fer. Cela semble la règle à Bellaires I jusqu'au début du Vᵉ siècle ap. J.-C. Il ne faut pas oublier que la datation, donnée essentiellement par les analyses du carbone 14, reste très approximative. Mais c'est en tout cas à partir du Bas-Empire que les ateliers prennent davantage d'ampleur.

Les trois ateliers à fourneaux multiples sont donc l'exception. C'est même faute d'indices stratigraphiques suffisants que nous jumelons XVIII et XXI de Bellaires III, de l'époque impériale, l'un très détérioré, l'autre inaccessible sous les fours XIX et XX! XIX et XX forment au contraire un couple dont on utilisait sans doute alternativement les foyers. L'un d'eux était remis en état pendant que l'autre fonctionnait.

A Bellaires I, les fours jumelés I-II, III-IV et le solitaire VI sont construits dans le secteur supérieur de la halde, sur un sol uniformément débarrassé des vestiges antérieurs et même de sa terre végétale (voir fig. 41, 138). Leurs scories, qui reposent directement sur le gravier morainique forment une couche uniforme.

Les *installations accessoires* ont disparu – ou n'ont jamais existé – dans huit des quinze ateliers. Il en subsiste des traces difficilement explicables dans deux cas, claires dans cinq autres.

1a) 4 m en aval de VIII et sur la même couche, les fouilles ont relevé une pile quadrangulaire de pierres et de glaise cuite qui pourrait provenir d'un atelier annexe (fig. 41, lettre d).

2a) 7 m à l'ouest de VII, des pierres rougies par le feu et une superposition de glaise brun orange, de minerai délité et de charbon (fig. 142) suggèrent une place de travail (voir fig. 41, lettres C1, C2).

3) Cinq autres ateliers ont livré des traces reconnaissables d'exploitation du minerai, de son grillage, de tas de charbon, etc.

Mines

Dans deux cas seulement, nous relevons les indices d'une extraction du minerai:

1. A Bellaires I, à proximité du four X, le plus ancien, une poche naturelle du rocher était remplie de scories et de terre charbonneuse; elle avait été vidée antérieurement de son contenu originel, probablement du sidérolithique.

2. A Bossena I, immédiatement au sud du fourneau, une couche de terre de forge de 40 cm d'épaisseur s'enfonce sous le rocher jusqu'à une profondeur de 3 m au moins. Il s'agit d'une «taille» que soutient un pilier fait de pierres glaciaires (fig. 142, 108). Une excavation analogue est visible le long du même banc rocheux à une cinquantaine de mètres plus au nord. Ailleurs, l'emplacement des filons ou les traces d'extraction ne sont plus repérables.

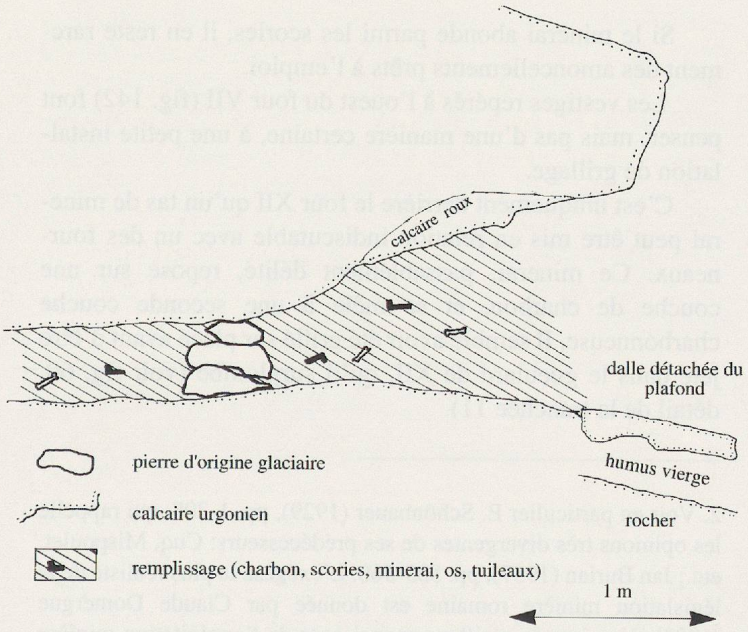

Fig. 143. Bossena I. Profil de la taille de mine.

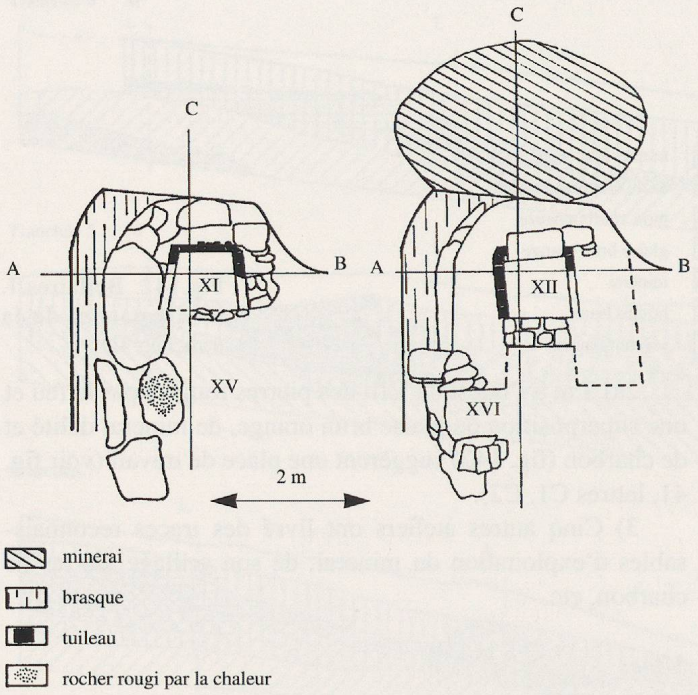

Fig. 144. Bellaires I. Les ateliers superposés XI et XII.

L'étroitesse des filons dans les failles de l'urgonien ou la présence de poches de faibles dimensions n'ont pas conduit à des exploitations en gradins comme celles que Wilsdorf (1952) a décrites et que Corot (1921, I, 127-131) avait découvertes chez les Eduens, sans se rendre compte qu'il s'agissait d'une minière. Leur exploitation n'a pas parsemé non plus la forêt d'entonnoirs et de mamelons comme les multiples puits relevés par Hans Frei (1966) en Bavière. La législation et l'organisation minières romaines n'apportent aucun éclaircissement à ce sujet[2].

Minerai préparé

Si le minerai abonde parmi les scories, il en reste rarement des amoncellements prêts à l'emploi.

Les vestiges repérés à l'ouest du four VII (fig. 142) font penser, mais pas d'une manière certaine, à une petite installation de grillage.

C'est uniquement derrière le four XII qu'un tas de minerai peut être mis en relation indiscutable avec un des fourneaux. Ce minerai, passablement délité, repose sur une couche de charbon, et se mêle à une seconde couche charbonneuse. Il semble avoir été grillé sur place avant d'être jeté dans le gueulard de XII, qu'il surplombe (voir fig. 60, détail de la tranchée 11).

A Bossena I, du minerai brûlant a été jeté sur le flanc sud du fourneau, dont il a rougi les pierres. S'agit-il d'un approvisionnement ou du rejet d'une opération de réduction manquée? Vraisemblablement, une cuisson déficiente aurait été vidée en aval par la porte et non puisée dans le gueulard. Comme le soufflet en activité utilisait la tuyère nord, le minerai semble avoir été déposé le plus près possible du gueulard sans gêner la soufflerie et sans obstruer la porte.

Charbon

L'accumulation des réserves de charbon devrait laisser des traces indélébiles; ce n'est que rarement le cas. A Bellaires I, subsistent les bases de deux tas; l'un ravitaillait le four VII, l'autre le XII.

Une zone de terre très charbonneuse surplombe les fours I-II et III-IV de Bellaires I, peu enfoncés dans le terrain. VI, au contraire n'était en tout cas pas alimenté d'amont. A Bellaires III, une zone analogue est visible sur le flanc ouest du four XIX.

Fours à recuire

La présence d'un fourneau de réduction devrait attirer en corollaire celle d'un four à recuire les loupes. A Bellaires I, XV et XVI (fig. 144) semblent avoir joué ce rôle. Blottis au pied sud du rocher qui flanque à l'ouest les fours XI puis XII, ils s'ouvrent du côté est, et le forgeron n'avait qu'un quart de tour à faire pour déplacer la loupe du fourneau dans le foyer à recuire. Il n'existe rien d'analogue dans les autres cas. Les forgerons (excepté peut-être ceux de VIII et de VII) ont utilisé vraisemblablement leur fourneau ou un de leurs fourneaux de réduction pour réchauffer le fer brut.

Forges

Nous n'avons retrouvé aucune base d'enclume, aucune pince, aucun marteau, aucune place de forge. Tout au plus, à l'est du four XIV subsistait-il dans les déchets une vingtaine de petites plaques de fer battu qui pourraient provenir d'un travail sur place du métal. Ici encore un aspect exceptionnel de ce fourneau aberrant, «burgonde».

Constructions et abris

Un seul trou de pieu a résisté aux multiples aménagements de Bellaires I, à proximité de XII. A Bellaires III, trois trous distants l'un de l'autre de 3 m révèlent l'existence de piliers soutenant sans doute une toiture légère, de 6 m de façade, qui surmontait XIX-XX et s'appuyait derrière eux sur le talus (où elle n'a laissé aucune trace). Dans les autres ateliers, si les forgerons ont travaillé sous abri, ils se sont contentés de parois de rondins fixées à des arbres en place et de toitures liées à leurs ramures, (comme l'abri des fouilles, à Bellaires I). De maisons, de murs de pierre, aucune trace.

L'absence d'un habitat durable, d'outils, la rareté de la vaisselle et la découverte d'une seule monnaie en six cam-

2. Voir en particulier E. Schönbauer (1929), pp. 1-208, qui rappelle les opinions très divergentes de ses prédécesseurs: Cuq, Mispoulet, etc.; Jan Burian (1957), pp. 535-560. L'exégèse la plus réaliste de la législation minière romaine est donnée par Claude Domergue (1983), à ce jour le meilleur connaisseur de l'exploitation minière antique.

pagnes de fouilles montrent sans conteste que les fourneaux à fer étaient installés à proximité des matières premières, – minerai et charbon –, en général à l'écart des régions habitées. Ils étaient exploités sans doute pendant une courte saison, pour laquelle suffisaient des huttes, sommaires comme celles de charbonniers jusqu'à la fin du siècle passé.

Les maréchaux, les taillandiers ou les armuriers travaillaient ailleurs, dans les villages ou dans les exploitations agricoles du pied du Jura. Des scories ferrugineuses ont été retrouvées aux Alleveys sur La Sarraz (coordonnées 527,575/168,625), dans les labours, en même temps que des tuileaux romains, de la céramique courante ou sigillée et qu'une monnaie de Commode. Il en est de même à proximité de la «villa» d'Orny (coord. 530,625/ 169,050). Des forges domaniales y existaient probablement.

Les unités de production

Ainsi douze au moins des quinze ateliers fouillés représentent une exploitation unitaire, individuelle ou familiale. Bien que les fourneaux se perfectionnent graduellement, l'installation dans la forêt reste précaire pour l'habitat, sommaire pour le travail du fer.

Apparemment, une main-d'œuvre limitée suffisait comme pour les bas fourneaux de l'Österland norvégien. Ole Evenstad (pp. 13-15), qui les décrit vers 1790, constate que trois personnes peuvent récolter le minerai, construire le four, le ravitailler en combustible et le mettre à feu pendant 4 à 5 semaines.

Seul le four XII, dont nous avons relevé la construction robuste et subtile, avec son creuset trapézoïdal, et qui utilisait les tuyères les plus racées, révèle un ensemble de travail rationnel avec son four à recuire et ses réserves de charbon et de minerai grillé. L'absence de forge dans cet ensemble confirme la séparation de la production et du travail du fer. Cet atelier, le huitième de Bellaires I, apparaît comme le plus évolué de l'époque gallo-romaine. Il est aussi l'un des mieux conservés.

Deux entreprises, trois peut-être, comprennent deux ou plusieurs unités de production. Le couple XIX-XX, de Bellaires III, dont les fourneaux massifs fonctionnent alternativement, doit disposer d'une équipe plus nombreuse que les ateliers à four unique, pour assurer le roulement des chauffes. Son rendement est certainement plus considérable, de type déjà «industriel». En effet, les 21 fourneaux dégagés dans les cinq haldes ont accumulé en moyenne entre 50 et 60 m^3 de scories chacun. Les quatre de Bellaires III, 500 m^3. Or, les fours XVIII et XXI, d'un très petit diamètre, ont rempli au maximum 20% de la halde de leurs déchets. XIX et XX ont produit ensemble environ 400m^3 de scories.

L'entreprise la plus vaste comprend les fours I à IV et VI de Bellaires I. Elle dispose probablement de trois équipes renforcées pour l'exploitation alternative des fours jumelés. Cette exploitation intensive semble de durée relativement courte: le jumeau de VI n'a pas été construit. A eux cinq, ils n'ont probablement pas déversé plus de 300 m^3 de déchets et scories. Mais c'est peut-être aux dimensions exceptionnelles de cet atelier que les Bellaires doivent leur toponyme: *Bellaria,* qui, en bas latin désigne les arsenaux ou les équipements militaires. La dernière ferrière de Bellaires I aurait-elle été une hâtive usine de guerre dans la tourmente des grandes invasions? (Jones, 835).