Les fourneaux, découverte et reconstitution

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **60 (1993)**

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

5

Les fourneaux, découverte et reconstitution

Les vingt-trois fourneaux à fer découverts: seize à Bellaires I, quatre à Bellaires III, un dans chacun des autres sites se rattachent à six types différents et à douze exploitations au moins (fig. 41, 42).

Ils sont numérotés de la façon suivante:

Bellaires I, fours I à XVI

Bellaires II, four XVII

Bellaires III, fours XVIII à XXI

Bossena I, four XXII

Prins-Bois II, four XXIII

La numérotation est établie en fonction du plan de chaque site. Elle commence à partir de l'angle supérieur gauche et se poursuit selon le sens de l'écriture. Elle ne tient compte de la stratigraphie que lorsque deux fours sont superposés. Le plus récent reçoit le numéro le plus élevé. Cette numérotation ne révèle donc ni la succession chronologique générale, ni l'ordre de découverte pendant la campagne de fouilles, mais elle permet un repérage topographique immédiat.

Les découvertes peuvent être divisées grosso modo en trois groupes, dont les fours seront étudiés dans l'ordre suivant:

a) Les vestiges les plus anciens: Bellaires I, fours X et XIII.

b) Les étapes intermédiaires: Bellaires I, fours IX, V, VIII, VII, XI, XII, XV, XVI, XIV; Bellaires II, four XVII; Bellaires III, fours XVIII, XXI.

c) Le niveau supérieur: Bellaires I, fours III-IV, I-II, VI; Bellaires III, fours XIX-XX; Bossena I, four XXII; Prins-Bois II, four XXIII.

a) Les fourneaux les plus anciens

Deux exploitations frappent à la fois par leur implacable degré de destruction et par la profondeur de leur implantation, les fourneaux X et XIII de Bellaires I.

Four X (plan et coupe, fig. 43)

Dans le secteur ouest de Bellaires I, le four est bâti immédiatement en aval du four IX, sur le flanc du même rocher, au bas mot 160 cm au-dessous du niveau du sol primitif. Les deux fours n'auraient pu travailler simultanément sans se gêner. Les maîtres du four IX ont dégagé les alentours en détruisant la paroi ouest de X. Par la suite, un bloc calcaire de plus d'un demi-mètre cube, roulé depuis le haut de la halde l'a écrasé et repose au bas de sa porte sur 19 cm de glaise et de scories (fig. 41).

Il ne subsiste plus du four qu'une trace rougeâtre sur le banc calcaire et, au levant, la fondation du revêtement extérieur, formée de grosses pierres enrobées d'argile (50 cm de largeur). Une poussière de glaise orange, de 78 cm d'épaisseur le recouvre: la cuve était montée en argile. Le fond, en fer à cheval, d'un diamètre de 60 à 70 cm repose, comme au four IX, directement sur le rocher, grossièrement entaillé en forme de cuvette (profondeur 10 cm). La scorie s'y est collée par places. Un décrochement brusque en aval suggère une porte. A l'extrémité sud de la paroi ouest, les traces rouges se perdent, comme si un passage de 20 cm avait été ménagé. Une scorie s'y est logée dans une petite anfractuosité. Etait-ce l'emplacement d'un système de ventilation? Aucune tuyère ne peut être attribuée à ce fourneau, mais bien le conduit d'aération naturelle A236 (voir fig. 10).

Un mètre plus à l'est, au même niveau, une excavation naturelle du rocher, d'environ 60 cm de profondeur, vidée de son contenu primitif – peut-être du minerai (environ 2,5 quintaux) – était remplie de terre de forge.

Par l'emploi abondant de la glaise pour le revêtement intérieur, par son enfoncement dans le sol, qui implique une hauteur assez grande (180 cm) au minimum, probablement 2 m ou plus), par la présence de vestiges d'une aération naturelle, le four X semble se rattacher au type celtique décrit par Quiquerez (1866) et par Gilles (1957, p. 181).

L'analyse d'un morceau de charbon faite au laboratoire

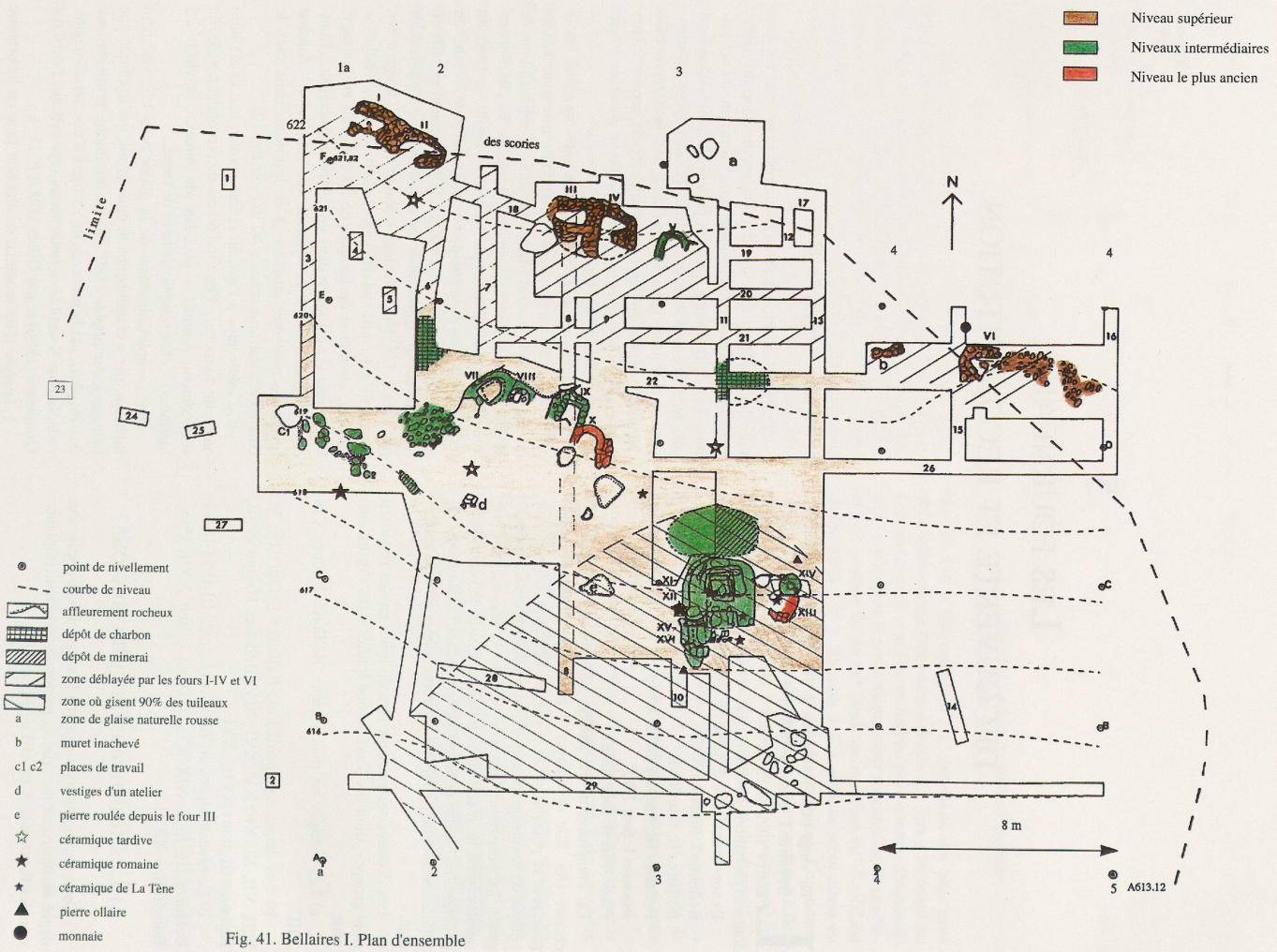


Fig. 41. Bellaires I. Plan d'ensemble

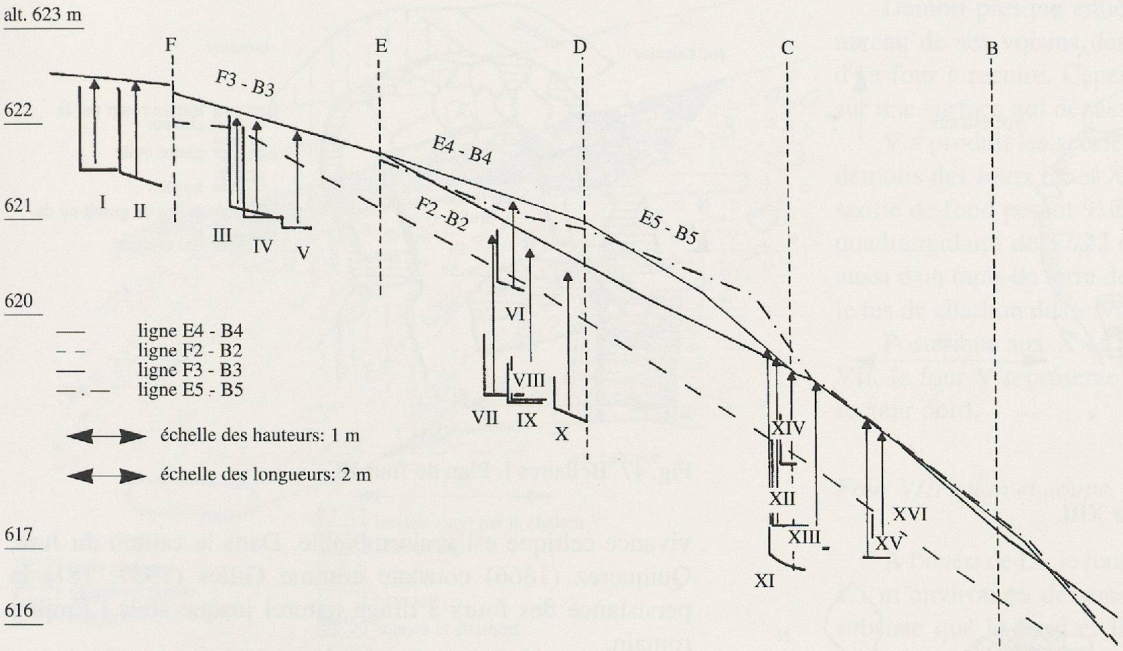


Fig. 42. Bellaires I. Profil du site selon les lignes 2, 3, 4, 5.

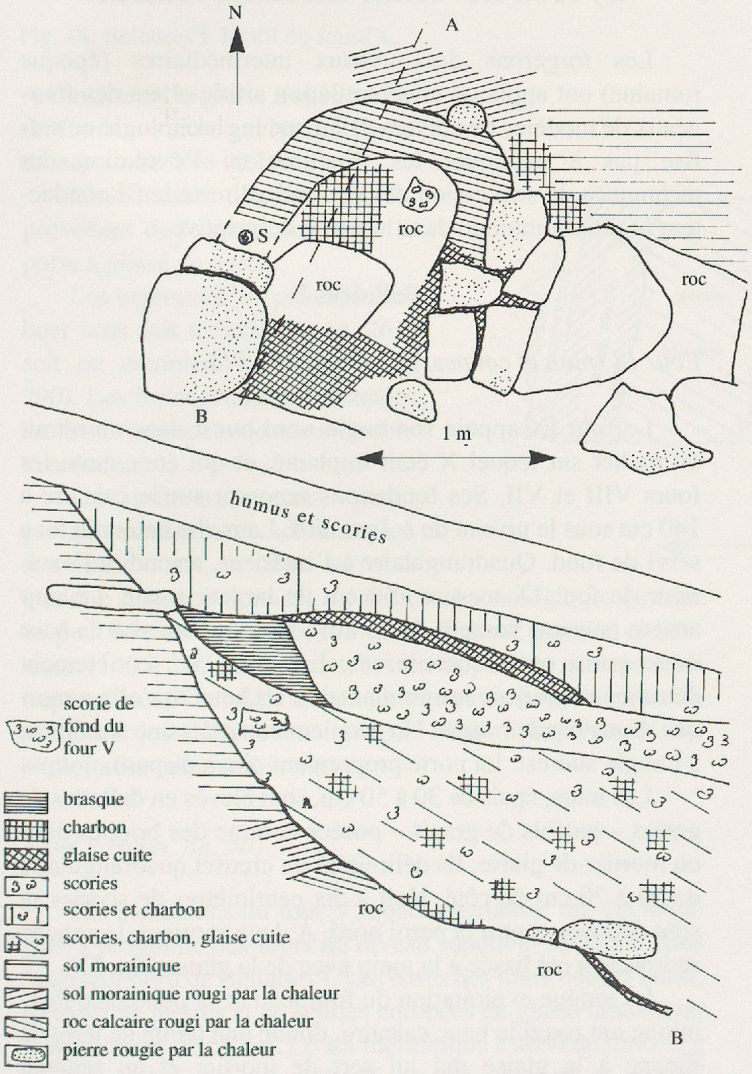


Fig. 43. Bellaires I. Plan et profil du four X.

C 14 de l'Université de Berne (professeur Hans Oeschger) le date de 350 ± 80 avant J.-C., c'est-à-dire de l'époque de La Tène (second âge du Fer).

Four XIII (plan et coupe, fig. 44, 46)

A environ 2 m sous le niveau du talus primitif, le four XIII représente la première installation du secteur oriental. Il s'appuie contre le flanc d'une dalle rocheuse semi-circulaire et repose sur le sol morainique naturel.

Ses vestiges se réduisent à un muret de pierres cimentées de glaise cuite, de 40 cm de hauteur, de 35 à 40 cm d'épaisseur, et subsistant sur une longueur, elle aussi de 40 cm. Une couche de glaise délitée le prolonge sur 35 cm encore.

Les forgerons des entreprises suivantes, désireux de travailler sur sol ferme, ont déblayé méthodiquement la place et remployé sans doute ses pierres, pour les fours XI-XV. C'est pendant cette opération de déblayage que s'est cassée la pioche dont la pointe est analysée plus loin (cf. fig. 162-164). Les déchets du four XIII se distinguent mal, en aval de la terrasse, de ceux de ses successeurs.

Des traces rouges délimitent ses points d'appui contre le talus: sa base atteignait une largeur totale de 150 à 160 cm dans l'axe nord-sud. Le creuset devait former un vide intérieur assez vaste, de 70 à 100 cm de diamètre. Le profond encastrement dans le talus (2 m environ) indique d'autre part un fourneau de taille relativement haute, 2,20 m au minimum.

Aucune des tuyères retrouvées ne peut être attribuée au four XIII, mais bien le conduit B 2184 (voir fig. 10).

Un fragment de céramique de style de La Tène (voir p. 106), est resté implanté à la surface du sol morainique qui soutient les fondations du four XIV. Il devait provenir de la terrasse arrière du four XIII.

Une analyse du C 14 fait remonter ce four à 30 ± 80 ap. J.-C., soit au début de la romanisation de l'Helvétie. Une sur-

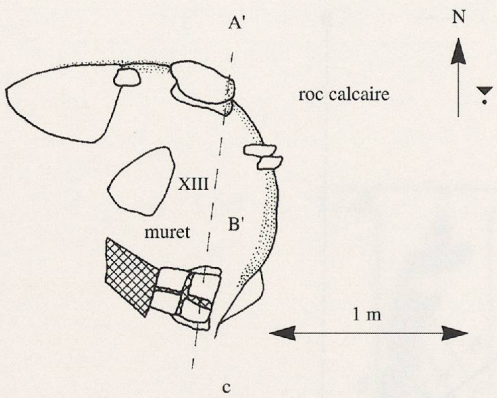


Fig. 44. Bellaires I. Plan du four XIII.

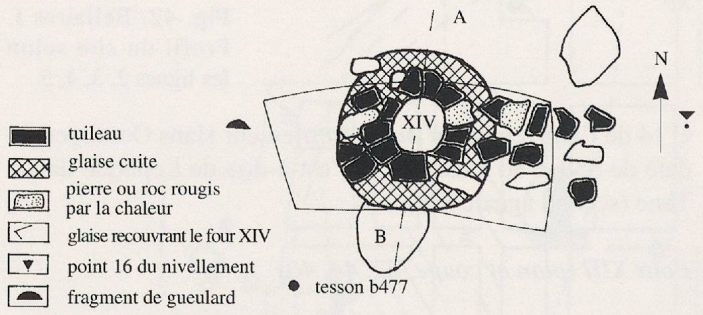
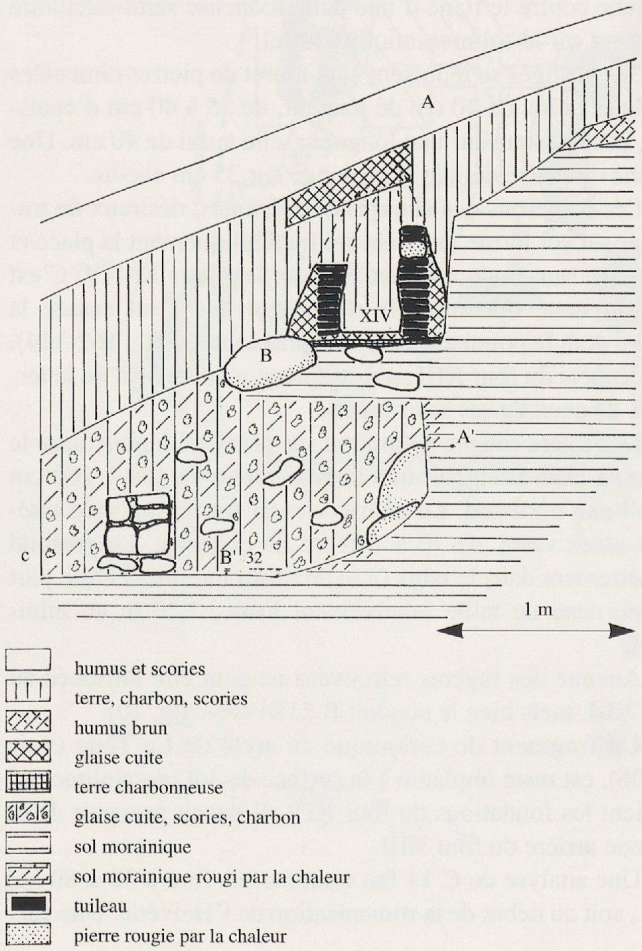


Fig. 45. Bellaires I. Plan du four XIV.



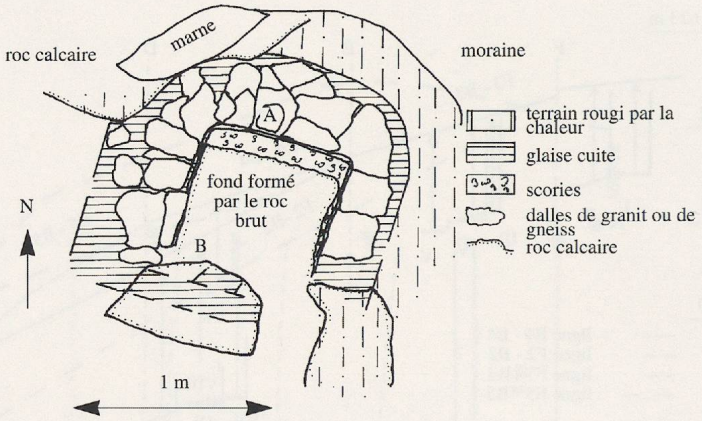


Fig. 47. Bellaires I. Plan du four IX.

vivance celtique est vraisemblable. Dans le canton du Jura, Quiquerez (1866) constate comme Gilles (1957, 181) la persistance des fours à tirage naturel jusque sous l'Empire romain.

b) Les niveaux intermédiaires

Les forgerons des niveaux intermédiaires (époque romaine) ont appliqué une ventilation artificielle à des fourneaux de modèles très divers. Bien que la chronologie ne suffise pas à expliquer les filiations ou l'évolution des techniques, la succession des entreprises reste le fil conducteur le plus commode dans la partie descriptive.

Bellaires I

Four IX (plan et coupes, fig. 47, 48, 49, 51)

Le four IX appuie son angle nord-ouest dans un retrait du rocher sur lequel X était implanté, et qui étaie aussi les fours VIII et VII. Ses fondations reposent sur le calcaire à 140 cm sous le niveau du sol primitif. La roche naturelle lui a servi de fond. Quadrangulaire à l'intérieur, arrondi à l'extérieur, le four IX mesure 150 cm de largeur totale. Le mur arrière (sur une hauteur de 65 cm), le retour ouest et la base de la paroi ont été conservés. La paroi sud, entièrement détruite, s'appuyait sur un mamelon rocheux, qu'elle a marqué d'une bande rougie. Un écoulement se dessine sur 30 cm à l'angle sud-est. La porte proprement dite a disparu.

Les murs, épais de 30 à 50 cm, sont élevés en dallettes de gneiss – parfois de granit – posées comme des briques dans un mortier de glaise. Ils délimitent un creuset quadrangulaire de 60 à 70 cm de côté. Huit à dix centimètres de scories se sont déposés contre la paroi nord. A deux reprises, la couche scoriacée a été lissée à la main avec de la glaise (fig. 51).

La longue exploitation du fourneau et sa puissance thermique ont rougi le banc calcaire, donné une teinte de terre de Sienne à la glaise qui lui sert de mortier et au remblai morainique qui l'isole au nord-est, jusqu'à 70 cm du creuset!

◀ Fig. 46. Bellaires I. Profil des fours XIII et XIV.

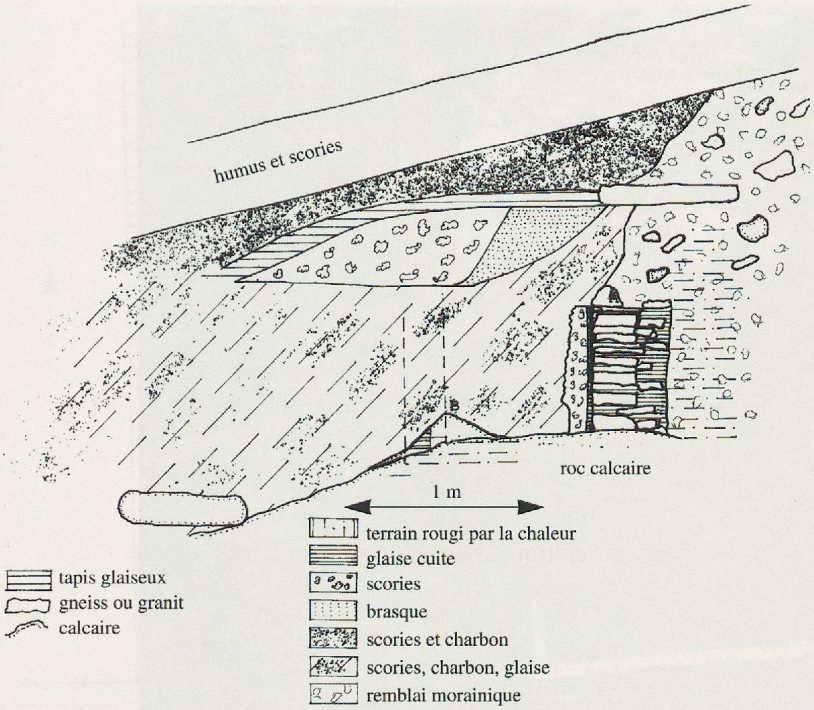


Fig. 48. Bellaires I. Profil du four IX.

A l'intérieur, la glaise a agi comme un fondant sur le gneiss qui prend un aspect de lave violacée.

Une masse d'argile délitée, provenant de la paroi sud et de la porte a glissé en aval.

Les tuyères qu'on peut lui attribuer sont soit cylindrique (A 261) soit en entonnoir (à alvéoles, A 290). Les fortes chaleurs constatées rendent vraisemblable cette double ventilation.

Un tuileau romain perdu presque au niveau du sol naturel, à son flanc ouest, et deux autres à quelque distance donnent un indice chronologique: ce four ne peut être antérieur aux Romains. D'assez grandes dimensions (140 à 160 cm de hauteur) il s'apparente aux modèles trapézoïdaux XI et XII, un peu plus larges, où les tuileaux ont remplacé les dallettes de gneiss. Mais il représente une exploitation très antérieure.

Four V (plan, fig. 50)

Les fondations du four V, quadrangulaires, ont été dégagées à proximité des fours du niveau supérieur III et IV, dans le secteur nord de Bellaires I. Les bases des murs nord et ouest, formées de pierres et de scories enrobées de glaise laissent un vide intérieur de 55 cm. Le sol morainique a servi de fond. Il a rougi sur une profondeur de 15 cm. Les déchets de tuyères recueillis avec ses scories prouvent une ventilation artificielle. Leur diamètre moyen est de 4,1 cm (voir page 18).

Démoli presque entièrement, le four V laisse au niveau de ses voisins des vestiges analogues à ceux d'un four à recuire. Cependant, le sol naturel a rougi sur une surface qui dépasse largement son foyer.

V a produit les scories qui ont rempli les creusets démolis des fours IX et X (fig. 43), en particulier une scorie de fond pesant 9, 740 kg et formant une masse quadrangulaire de 37/22 cm (fig. 152). Il a recouvert aussi d'un tapis de terre de forge le talus où sera placé le tas de charbon desservant le four VII (fig. 57).

Postérieur aux X et IX, mais antérieur à VIII et VII, le four V représente la première exploitation du secteur nord.

Four VIII (plan et coupe, fig. 52)

A l'ouest de IX, le four VIII repose sur le sol naturel à 1 m environ en dessous du terrain primitif. Il n'en subsiste que le fond et la base de la paroi nord (65 cm). Cette paroi, en glaise pure, légèrement incurvée à l'intérieur, rectiligne au dehors, s'élève verticalement du roc calcaire. Deux couches de dalles de

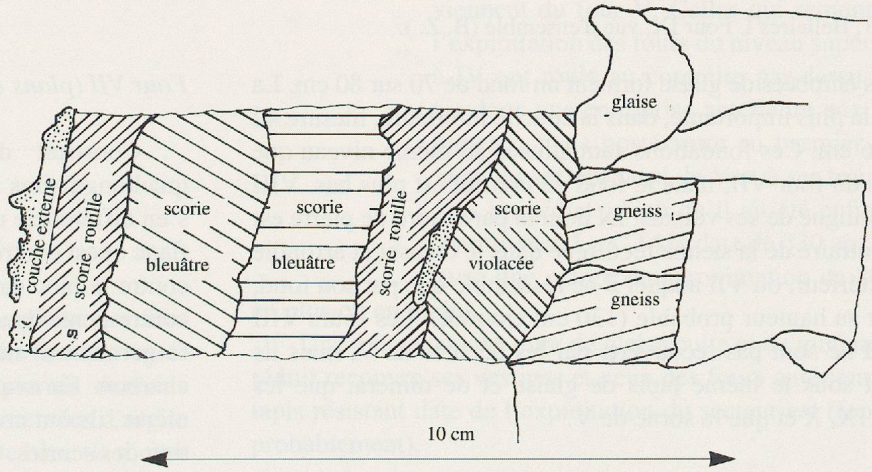


Fig. 49. Bellaires I. Paroi nord du four IX, coupe de la couche de scories.

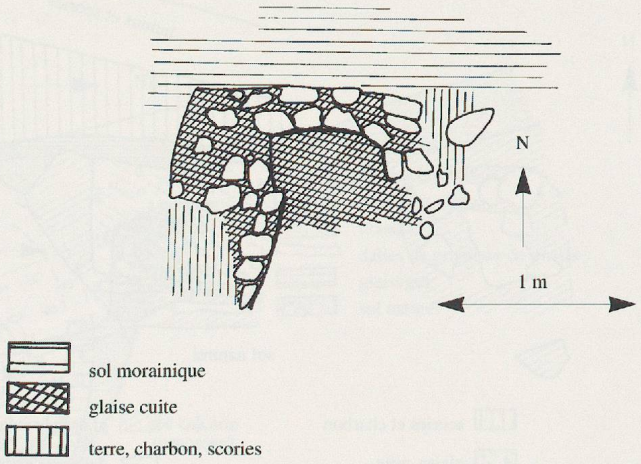


Fig. 50. Bellaires I. Plan du four V.

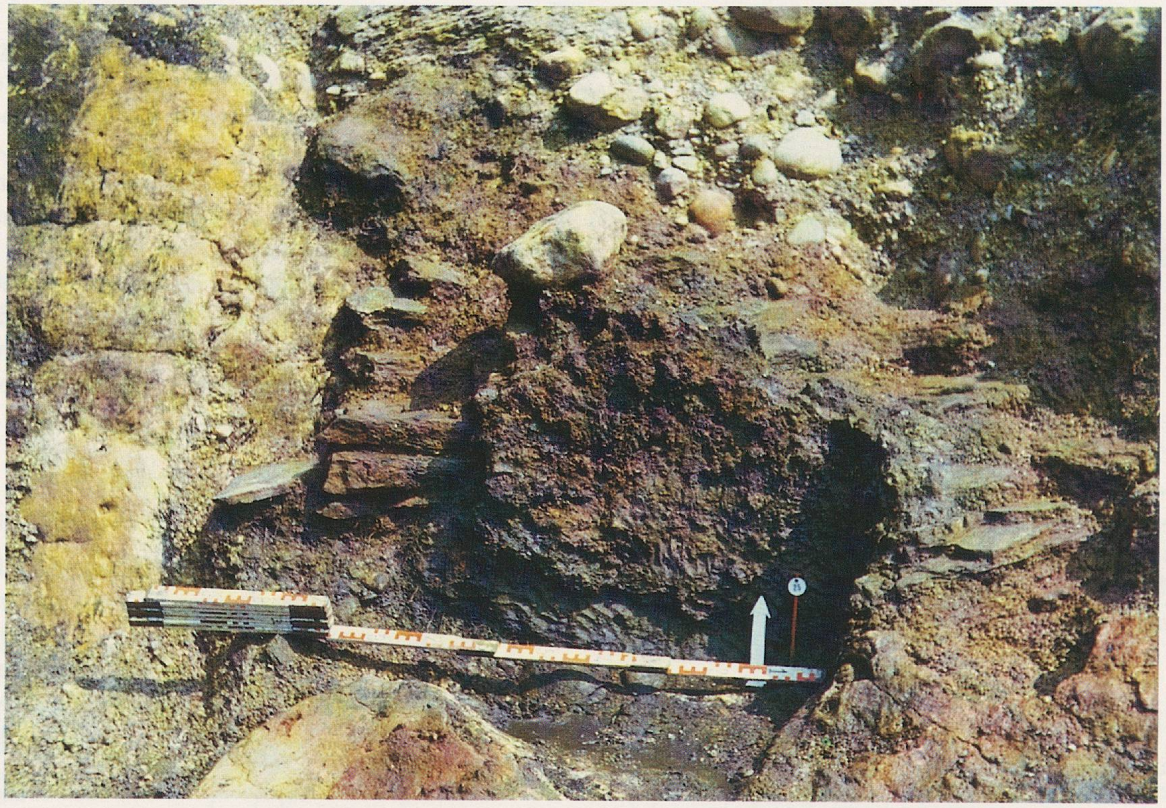


Fig. 51. Bellaires I. Four IX, vue d'ensemble (B. Z.).

gneiss enrobées de glaise forment un fond de 70 sur 80 cm. La dalle la plus importante, dans la couche inférieure, mesure 42 sur 46 cm. Ces fondations sont situées au même niveau que celles du four VII, mais le fond du creuset est plus bas. VIII se distingue de ses voisins: IX dont la paroi nord de pierre est au contraire de la sienne rectiligne dans le creuset et arrondie à l'extérieur, ou VII auquel il ne ressemble que par son fond, et par sa hauteur probable (130 cm environ). Les fours VIII et VII ne sont pas recouverts par les déchets de V, mais ils gisent sous le même tapis de glaise et de minerai que les fours IX, X et que la sorne de V.

Four VII (plans et coupes, fig. 53-57)

Construit dans le prolongement ouest des fours quadrangulaires IX et VIII et sur le même niveau, le four VII s'en différencie nettement. Bâti en fer à cheval, il appuie son flanc ouest contre un banc de marne blanchâtre, sa paroi nord contre le bloc calcaire. Four en puits typique, il s'enfonce à contre-pente dans le terrain (fig. 54). En amont, à l'ouest, les forgerons ont nivelé une plate-forme pour entreposer leur charbon. En aval, ils ont empierré l'humus. Devant le four même, ils ont creusé une excavation pour faciliter l'évacuation des scories.

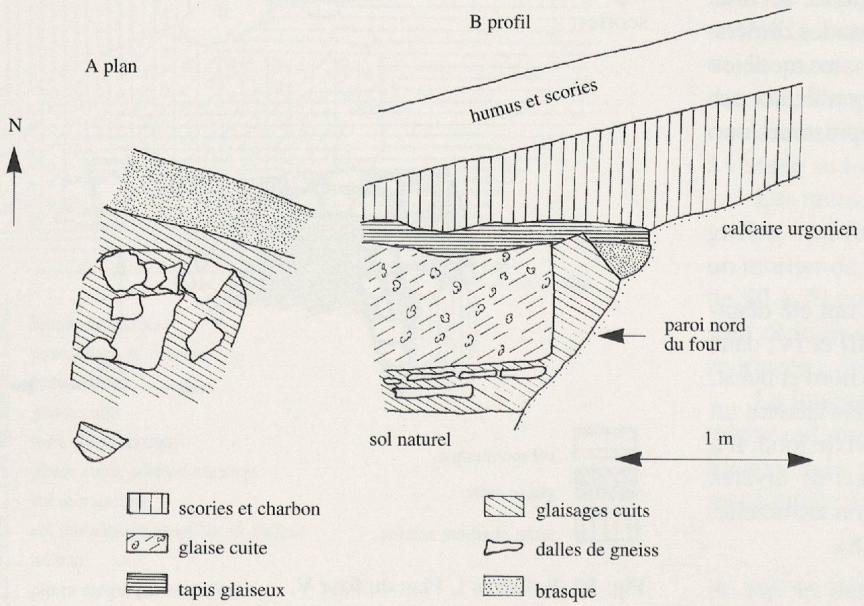


Fig. 52. Bellaires I. Four VIII.

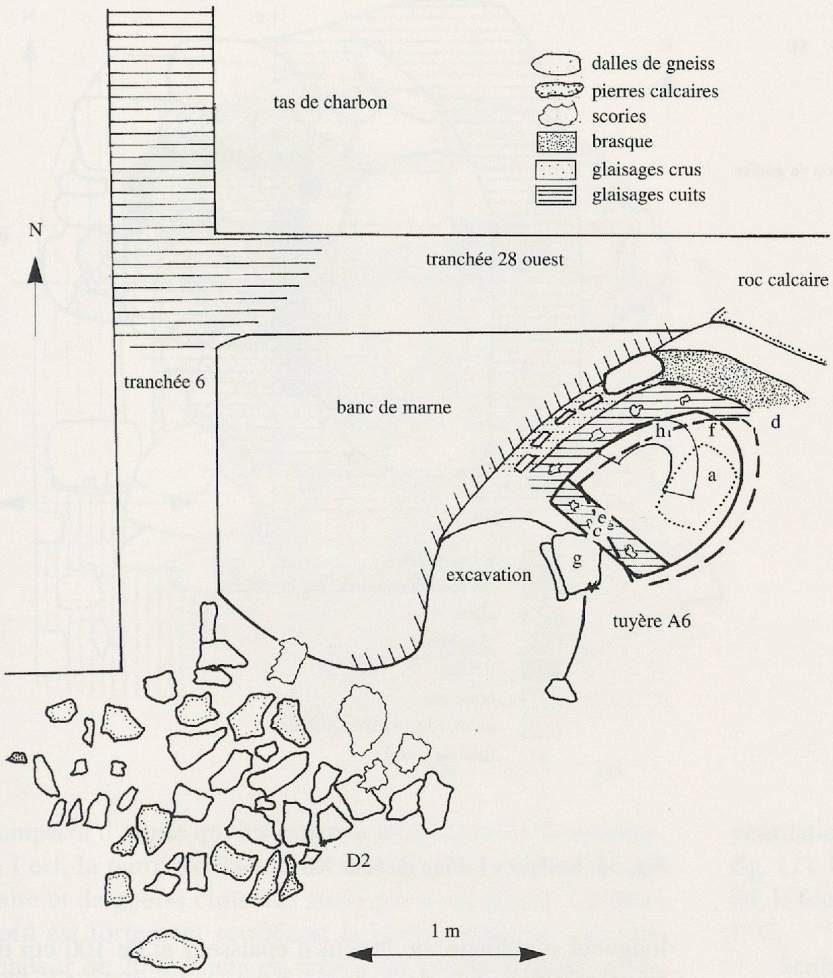


Fig. 53. Bellaires I. Plan du four VII.

La paroi intérieure du four enrobe de sa glaise des scories d'une exploitation plus ancienne. Le revêtement extérieur est formé à l'ouest d'un mur de pierres dressées verticalement contre le banc de marne, et cimentées d'argile crue (fig. 55-56). Au nord, l'interstice entre le banc de rocher et le creuset est rempli d'un isolant léger, mélange de charbon, de grains de minerai et d'argile.

Au fond, un bloc de granit de 30 sur 40 cm soutient deux couches de dalles de gneiss noyées dans la glaise. Le four VIII dispose les gneiss de la même façon, mais directement sur le sol naturel. Le granit est l'indice d'une réimplantation dans un sol surélevé et affaibli par les scories de VIII.

En retrait de 10 cm, une dame d'argile (fig. 53 et 54, lettre e) s'appuie sur le fond. Haute de 15 cm, elle semble destinée à retenir la scorie et à soutenir une tuyère. Le fragment cylindrique A6-A295 peut lui être attribué.

L'arc de cercle de glaise très délitée (fig. 53, 54, 56, lettre h) de 15 cm d'épaisseur tombé dans les déchets esquisse un gueulard. Le creuset est asymétrique et s'élève vraisemblablement avec un léger mouvement de torsion (fig. 54).

A 2 m à l'ouest, en amont, un tas de charbon repose sur un lit de scories qui proviennent du four V. Celles qui remontent à l'exploitation des fours du niveau supérieur I à IV ont roulé au contraire par-dessus. VII est donc une entreprise antérieure aux fours jumelés, mais postérieure au premier fourneau du secteur nord, le V et à ses trois voisins immédiats, bien qu'il ait été enfoncé à leur niveau. Le C 14 le date de 330 ap. J.-C., avec une marge d'approximation de 80 ans en plus ou en moins.

Une même couche dure de glaise cuite et de minerai mal réduit recouvre ses vestiges et ceux des fours antérieurs. Ce tapis résistant date de l'exploitation du secteur est (four XII probablement).

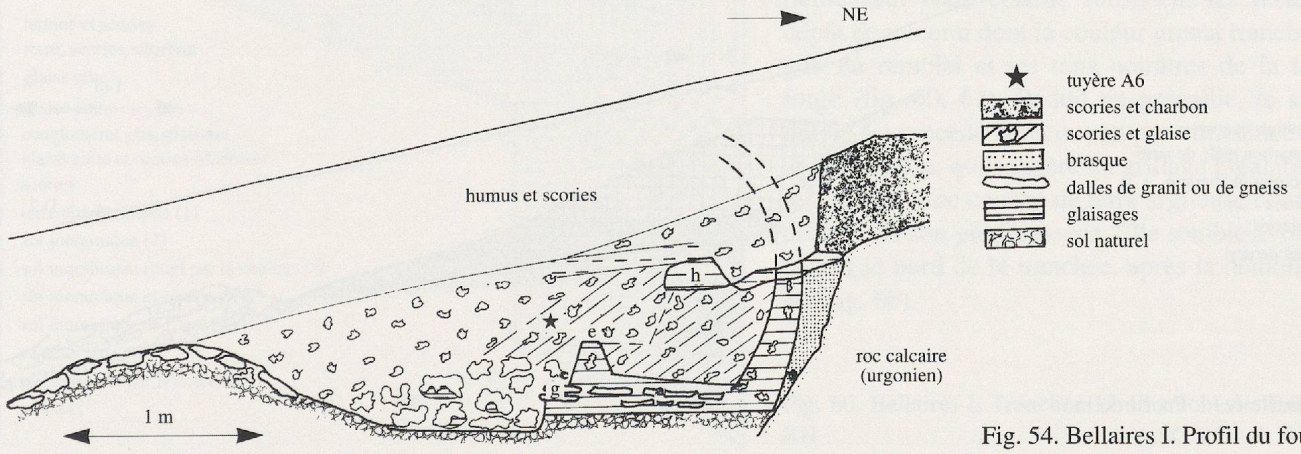


Fig. 54. Bellaires I. Profil du four VII.

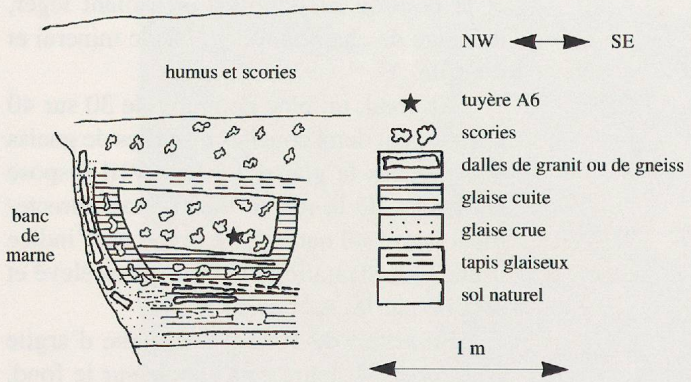


Fig. 55. Bellaires I. Coupe du four VII.

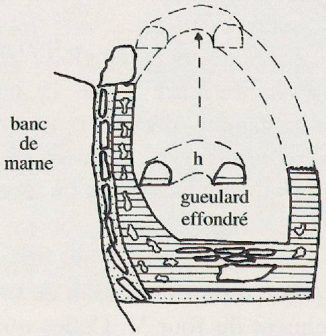


Fig. 56. Bellaires I. Essai de reconstitution du four VII.

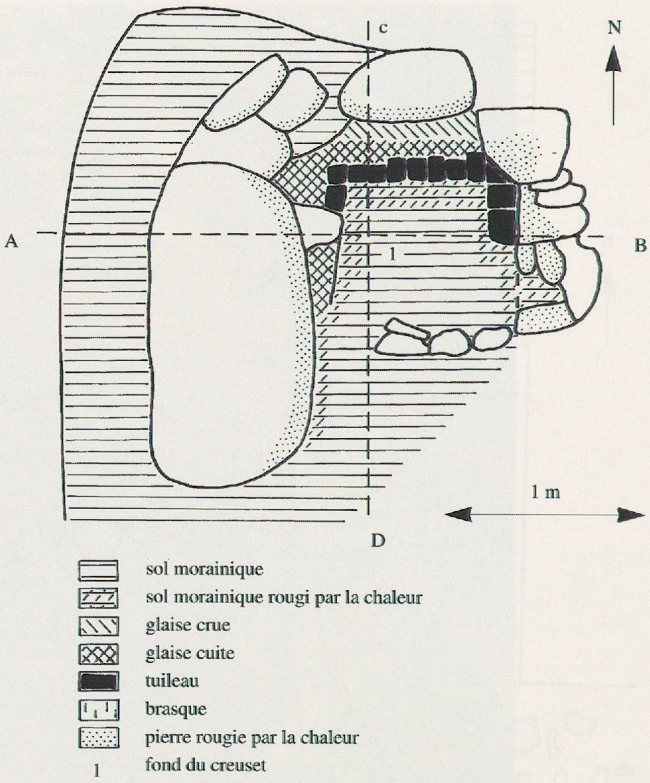


Fig. 58. Bellaires I. Plan du four XI.

Four XI (plan et coupes, fig. 58, 61-66)

Les murs du four XI qui apparaissent sous les fondations de XII, reposent sur une mince couche de déchets provenant de XIII, 135 à 145 cm en dessous du niveau présumé du sol primitif. Il ne reste au fond du creuset que le gravier morainique naturel. Un granit de 50 sur 70 cm (épaisseur 5 à 6 cm), remployé à l'envers dans le four XII (il porte des traces de chaleur sur sa face inférieure) pourrait lui avoir servi de fond.

La paroi nord du terrassement s'élève presque verticalement grâce à une pierre massive, haute de 50 cm, large de 65, pesant quelque 150 kg. A 110 cm du fond, elle s'évase, peut-être à la suite des remaniements provoqués par la construction du four XII. A l'ouest, un bloc calcaire de 160 cm de longueur maximale, de 80 cm d'épaisseur et de 100 cm de hauteur, pesant près de 2 tonnes, limite la tranchée (fig. 58). Grossièrement équarri, il sert de mur extérieur au four. A l'est, au contraire, le terrassement remonte en pente douce, tandis qu'au sud il se prolonge presque horizontalement sur 2 m environ.

Le creuset forme un trapèze dont la base nord mesure 70 cm, la base sud 80 cm, la hauteur 75 cm. Ce plan asymétrique se retrouve dans le four XII. La paroi sud n'est plus marquée que par une faible bordure de pierres. Les autres murs encore discernables ont une épaisseur qui varie entre 40 et 55 cm. Leur revêtement intérieur est en tuileaux romains. Les tessons de *tegulae* et *d'imbrices*, d'une largeur de 9 à 10 cm, s'enfoncent d'un demi-pied (14 cm) dans la paroi. Ils sont enrobés de glaise. A l'ouest et au nord, c'est une couche

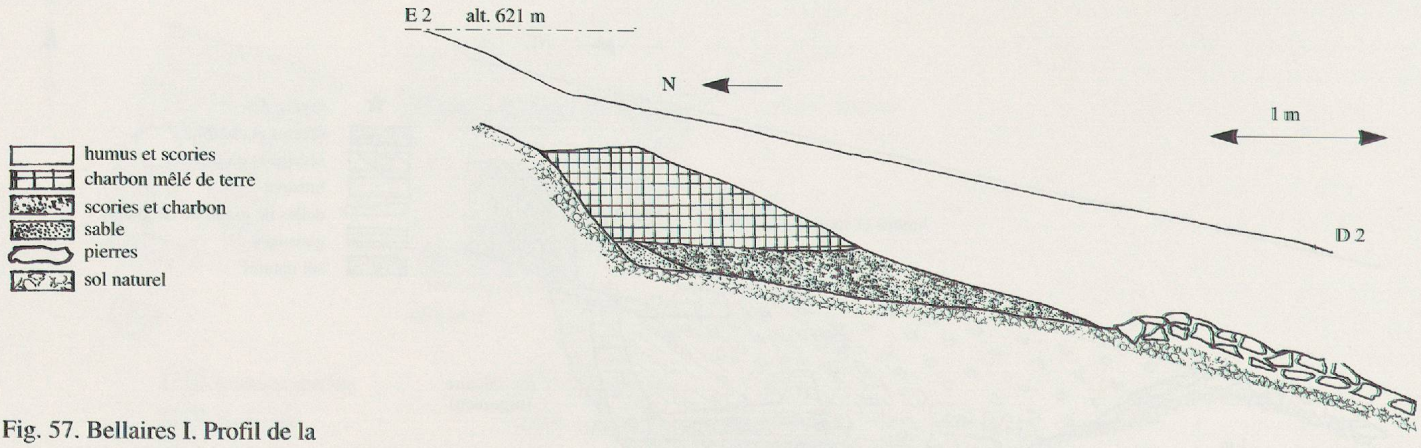


Fig. 57. Bellaires I. Profil de la tranchée 6, de E2 à D2.

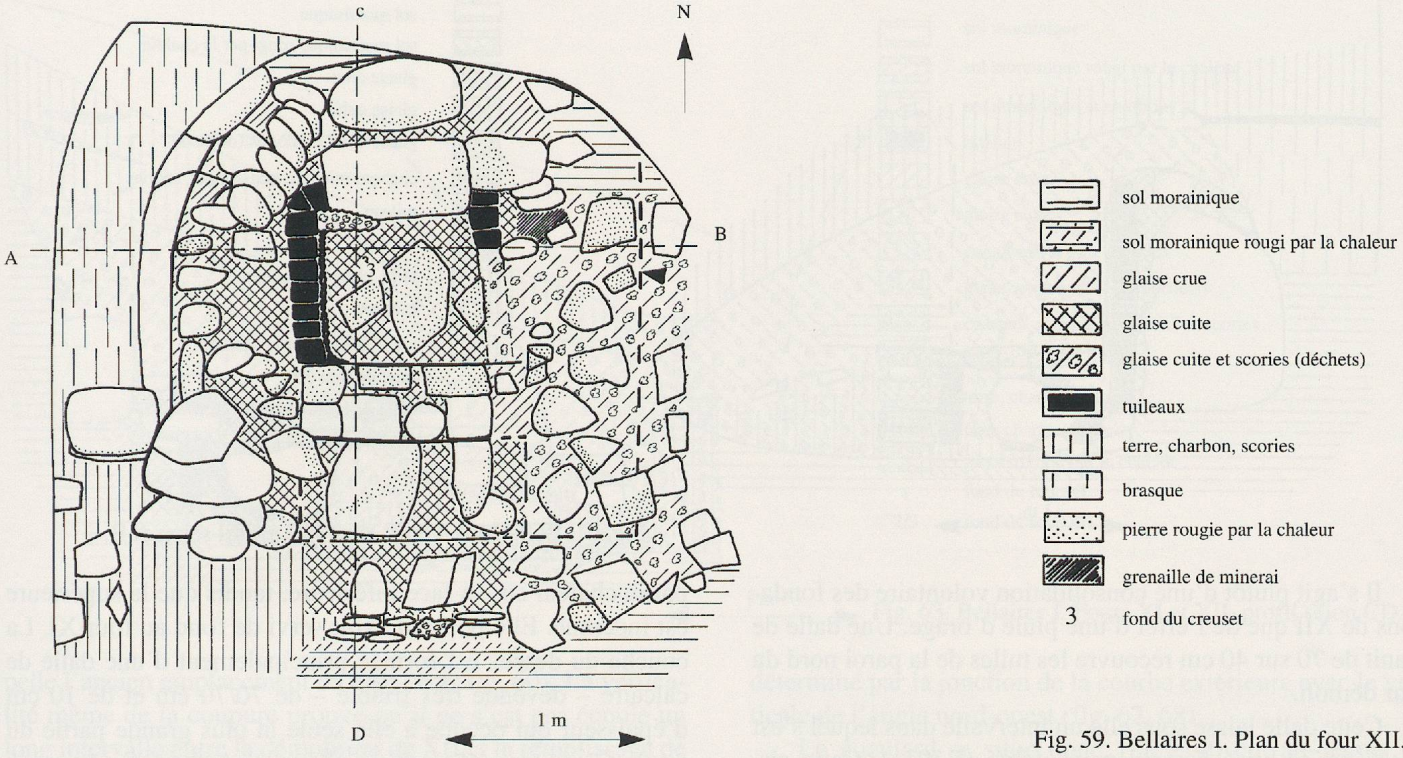


Fig. 59. Bellaires I. Plan du four XII.

compacte d'argile qui les cimente au rocher et à la moraine. A l'est, la paroi extérieure est montée en moellons de calcaire et de gneiss cimentés aussi par de la glaise. La paroi nord est fortement scoriée et la glaise cuite sur une profondeur de 20 à 25 cm en arrière du revêtement de tuiles. Les blocs de rocher ont rougi sous l'effet de la chaleur. La ventilation se faisait au travers de tuyères en entonnoir (voir fig. 11). Contemporain de XV avec lequel il est étroitement lié, le four Xl peut être daté, grâce au C 14, de 380 ± 50 après J.-C.

Seule la partie inférieure du four XI a subsisté, sous le XII. Son creuset a été vidé de ses déchets puis comblé par un bloc de granit de 45 sur 50 cm et de 35 cm de hauteur (poids environ 150 kg), destiné à assurer l'assise du nouveau fourneau.

Four XII (plans et coupes, fig. 59-68).

Bâti sur les vestiges des fours XI et XIII, le four XII, légèrement décentré s'avance de 14 cm plus au sud, et de 5 à 10 cm plus à l'est que son prédécesseur. En amont, la zone de travail a été remaniée (pas d'humus en place) et rehaussée par un apport de 30-40 cm de pelletées de gravier morainique mêlé de terre charbonneuse datant d'une exploitation antérieure. Sur cette couche subsistent les restes d'un dépôt de minerai dont la couleur grenat tranche sur le gris du remblai et les tons noirâtres de la terre de forge (fig. 60, 67). Réduit en grenaille, le sidérolithique est précédé et recouvert par une mince couche charbonneuse, qui suggère un grillage préalable.

A l'est, une couche de terre argileuse colmate les déchets de son prédécesseur. Elle semble avoir coulé depuis le bord de la tranchée, après la démolition de XI (fig. 66).

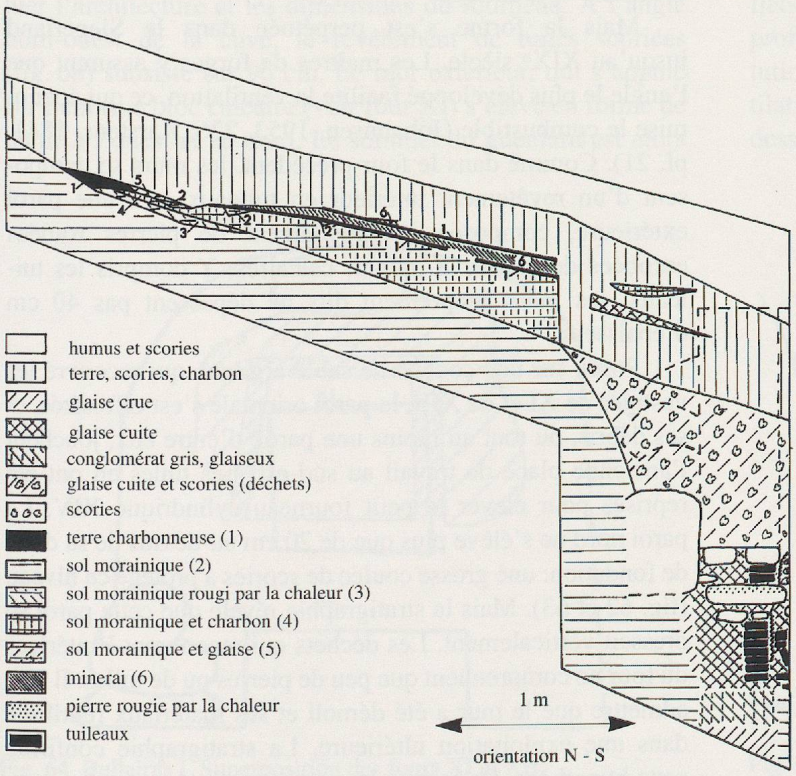


Fig. 60. Bellaires I. Tranchée 11 en amont des fours XI et XII.

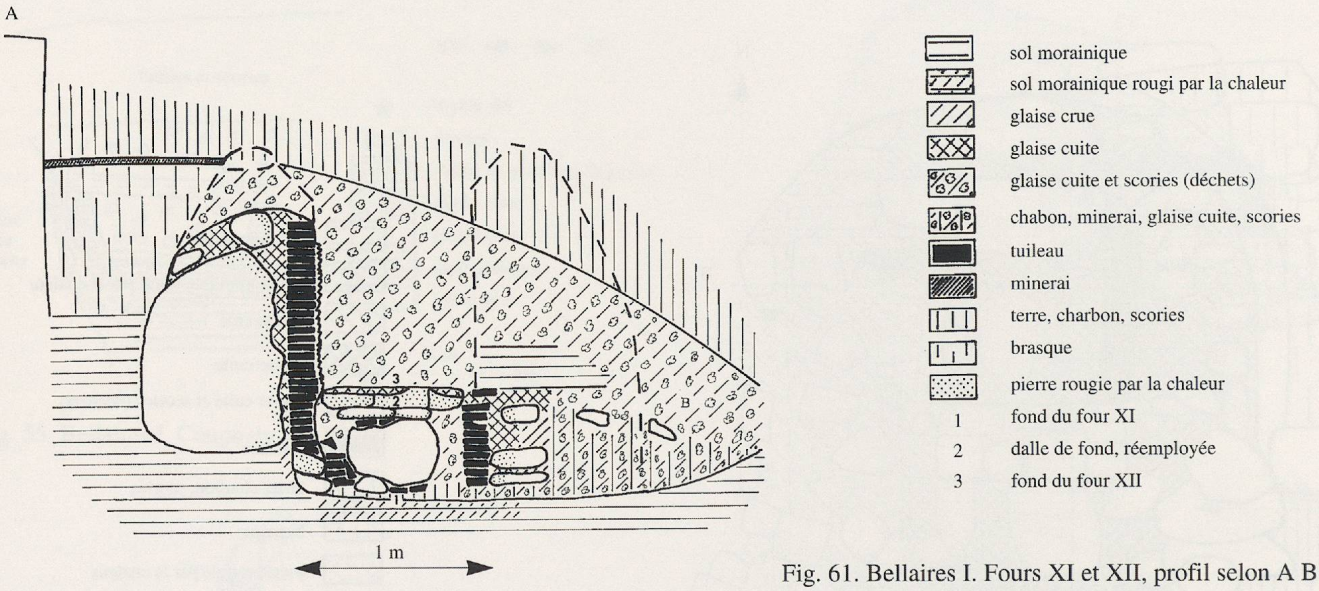


Fig. 61. Bellaires I. Fours XI et XII, profil selon A B.

Il s'agit plutôt d'une consolidation volontaire des fondations de XII que de l'effet d'une pluie d'orage. Une dalle de granit de 70 sur 40 cm recouvre les tuiles de la paroi nord du four démoli.

Cette dalle laisse sous elle un intervalle dans lequel s'est glissé un os brisé passablement délité (B1031). Cette circonstance est trop unique pour qu'on puisse en déduire un geste rituel.

Sur le granit de 40/50/35 cm qui comble le creuset de XI, huit tuileaux assurent l'équilibre et l'horizontalité du fond du nouveau fourneau, qui est formé de deux couches de dalles enrobées de glaise (épaisseur totale 18 cm). La pierre la plus importante de la couche inférieure, un granit, mesure 50/70 cm sur 5-6 cm d'épaisseur. Matériau de réemploi, elle est rougie par la chaleur sur sa face inférieure, tandis que la supérieure est indemne. Elle pourrait avoir servi de fond au four XI. La couche du dessus est formée principalement d'une dalle de calcaire – devenue très friable – de 70/70 cm et de 10 cm d'épaisseur qui occupe à elle seule la plus grande partie du fond. C'est la préfiguration d'une technique en honneur jusqu'au début du XIXe siècle dans la construction des hauts fourneaux (Courtivron et Bouchu, 1761-62, III, 63 et pl. I). Les dimensions intérieures du creuset ne dépassent pas, en effet, 75-80 cm. Comme pour son prédécesseur XI, le creuset du four XII s'inscrit dans un trapèze plus irrégulier encore, plus efficace au dire des techniciens d'autrefois. Sur ce point aussi, le modèle retrouvé à Bellaires I fait figure de précurseur: c'est, à ma connaissance, la première fois que l'on relève cette disposition des parois dans des fourneaux sans soufflerie hydraulique.

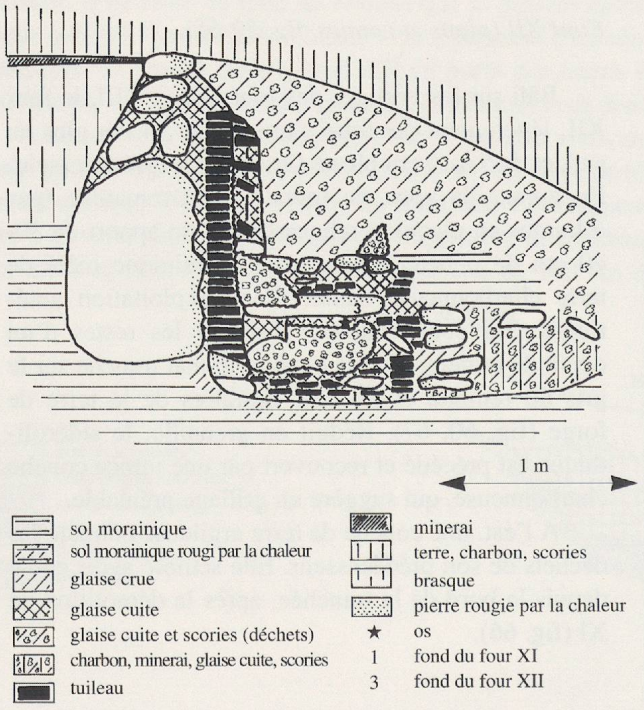


Fig. 62. Bellaires I. Parois nord des fours XI et XII.

Mais la forme s'est perpétuée dans le Siegerland jusqu'au XIXe siècle. Les maîtres de forges y assurent que l'angle le plus développé facilite la ventilation, ce qui économise le combustible (Johannsen, 1953, 226; Karstens, 1841, pl. 21). Comme dans le four précédent, les murs se composent d'un revêtement intérieur en tuileaux et d'une paroi extérieure, composée essentiellement de pierres roulées enrobées de glaise, la plupart calcaires. Y compris les tuileaux, les murs proprement dits ne dépassent pas 40 cm d'épaisseur.

Posée sur une couche de sable argileux qui recouvre les vestiges de XI et de XIII, la paroi orientale s'est effondrée, et ses débris, ou tout au moins une partie d'entre eux, jonchent l'ancienne place de travail au sud-est. Les tuiles en ont été reprises pour élever le petit fourneau cylindrique XIV. La paroi nord ne s'élève plus que de 20 cm au-dessus de sa dalle de fondation: une grosse coulée de scories a protégé ce niveau (fig. 62 et 63). Mais la stratigraphie révèle que cette paroi se dressait verticalement. Les déchets qui recouvrent l'intérieur du four ne comprennent que peu de pierres ou de tuiles. Il faut admettre que le mur a été démoli et ses matériaux réutilisés dans une exploitation ultérieure. La stratigraphie confirme cette hypothèse. En amont, la rupture totale des couches rap-

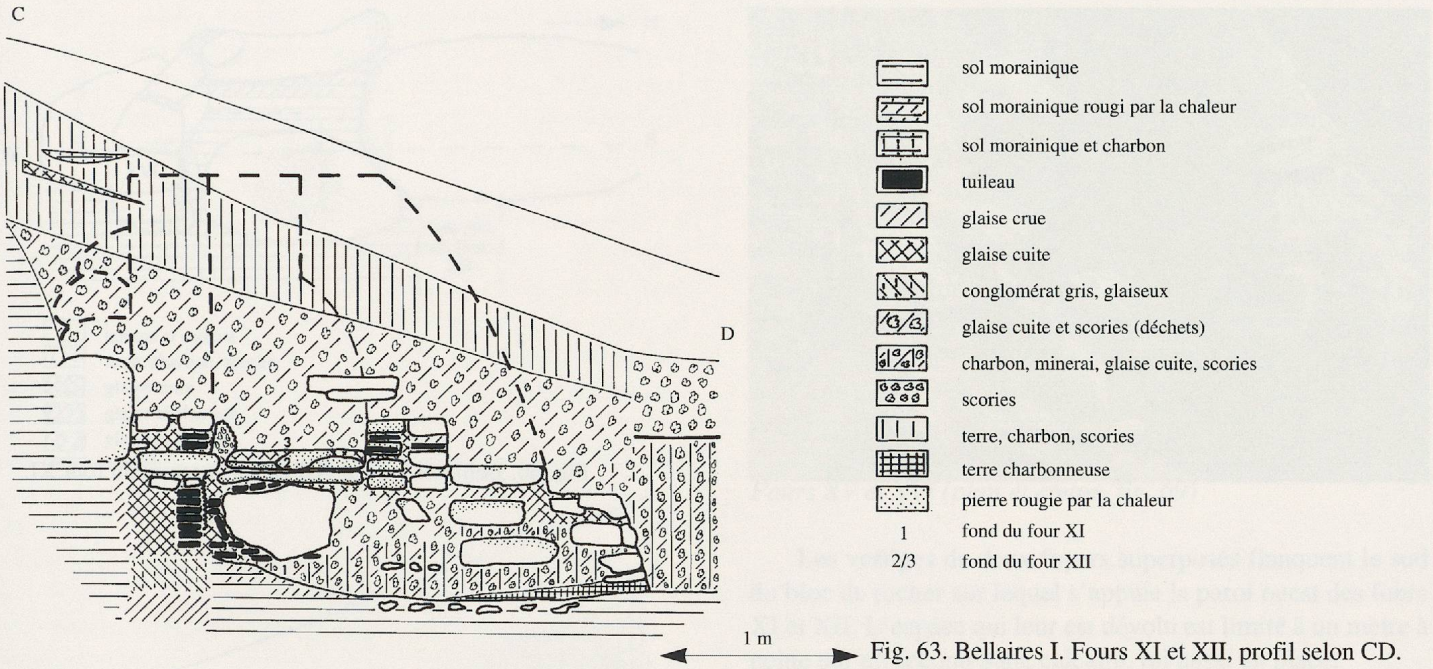


Fig. 63. Bellaires I. Fours XI et XII, profil selon CD.

pelle l'ancien emplacement du four (voir fig. 60). La verticalité même de la coupure prouve qu'il ne s'est pas écoulé un long intervalle entre la démolition de XII et le remplissage de l'excavation. Les forgerons d'une des entreprises suivantes (III, IV ou VI), ont repris les matériaux de cette paroi, ce qui avait un double avantage: procurer les moellons nécessaires à la construction du nouveau four et faciliter l'évacuation de leurs propres déchets. En effet, l'excavation a été presque entièrement remplie par le mélange typique de scories et de grumeaux de glaise, que l'on évacue à la fin d'une fonte (épaisseur maximale de la couche 105 cm). Puis elle a été nivelée par la terre de forge.

La paroi ouest, la mieux conservée, permet de reconstituer l'architecture et les dimensions du fourneau. A l'angle nord-ouest de la cuve, le revêtement de tuiles scoriées (fig. 68) subsiste sur 96 cm. Le mur extérieur, qui s'appuie sur l'énorme bloc calcaire (voir four XI) s'élève en forme de dôme à l'ouest et au nord. Le sommet du gueulard est alors déterminé par la jonction de la courbe extérieure avec la verticale de l'angle nord-ouest (fig. 62, 68).

Le gueulard se situe donc 135 à140 cm au-dessus du fond.

De la paroi sud, subsiste un muret de 38 cm de hauteur et de 40 cm d'épaisseur, formé de pierres plates et de tuiles romaines. La chaleur n'a pénétré et cuit la glaise qui les cimente que sur 20 cm. Au-delà, l'argile a gardé sa couleur jaune naturelle. La face supérieure du muret ne porte aucune trace de démolition, la glaise y est parfaitement lissée; il semble achevé, complet. Comme il dépasse de 18 cm le fond du fourneau, il peut avoir tenu lieu de la costière sur laquelle reposent les tuyères. Il fermerait ainsi l'embrasure des soufflets, embrasure dont les soubassements apparaissent dans le profil exécuté selon la ligne CD (fig. 63 et essai de reconstitution, fig. 64-65). La voussure qui devait surmonter la ventilation s'est effondrée. Mais un fragment de mur a chu en dessus du muret; il s'avance à l'intérieur du creuset et incite

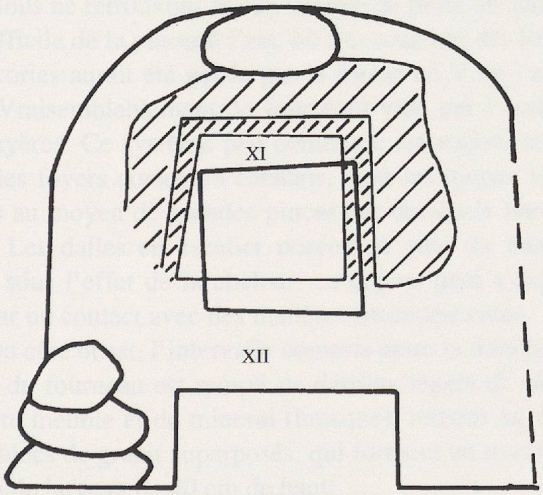


Fig. 64. Bellaires I. Superposition des fours XI et XII.

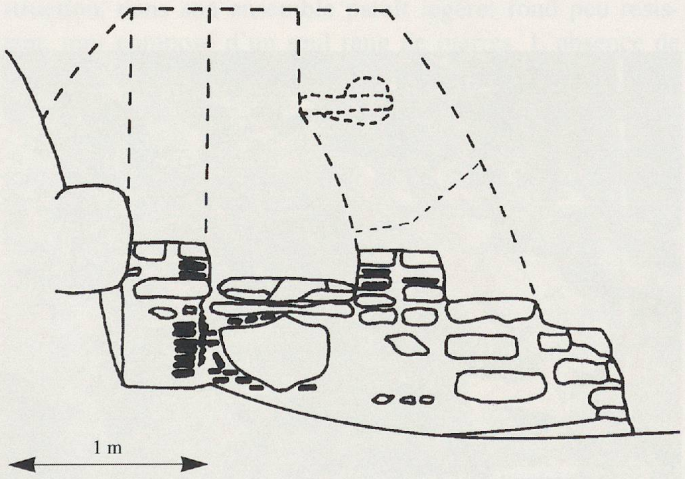


Fig. 65. Bellaires I. Essai de reconstitution du four XII.

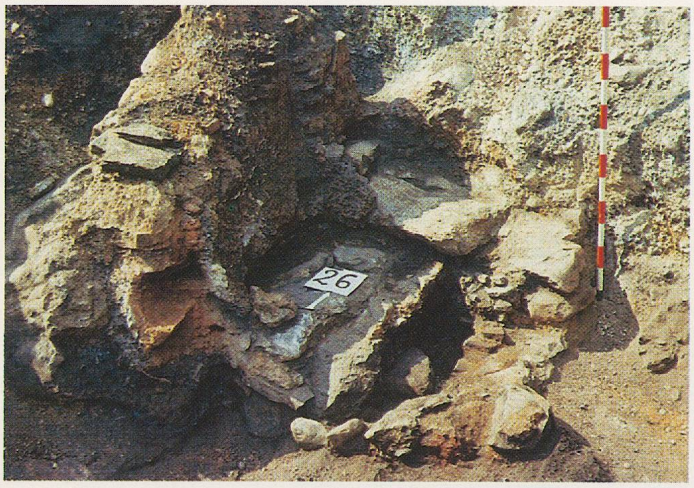


Fig. 66. Bellaires I. Four XII et substructure du four XI.

Fig. 67. Bellaires I. Dépôt de minerai en amont du four XII (tranchée 11).

Fig. 68 Bellaires I. Four XII.

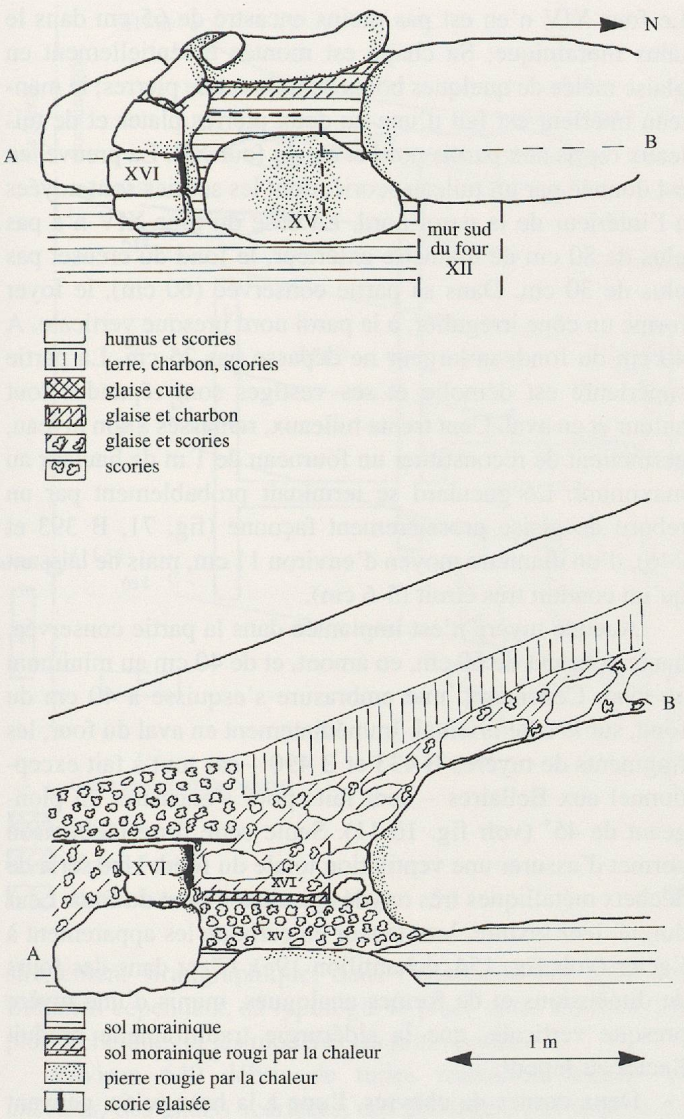


Fig. 69. Bellaires I.Plan et profil des fours XV et XVI.

à penser que la paroi sud s'incurvait et rétrécissait l'ouverture du gueulard, donnant au foyer une forme de cornue, (fig. 63 selon profil CD et essai de reconstitution) comme dans les fours jumelés XIX et XX de Bellaires III par exemple. Nous ne retrouvons aucun vestige de porte au sud. Il eût été difficile de la placer à l'est, où l'évacuation des loupes et des scories aurait été gênée par la forme en V de l'excavation. Vraisemblablement, le four était vidé par l'embrasure des tuyères. Ce système peu commode est encore employé dans les foyers corses ou catalans, dont les loupes sont extraites au moyen de grandes pinces par-dessus le bord de la cuve. Les dalles en escalier posées au pied du muret ont rougi sous l'effet de la chaleur, ce qui ne peut s'expliquer que par un contact avec des matières incandescentes.

Du côté ouest, l'intervalle compris entre la tranchée et le dôme du fourneau est rempli de détritus légers de charbon, de terre meuble et de minerai (brasque), retenus au sud par deux blocs de granit superposés, qui forment un mur de 45 à 50 cm de large et de 40 cm de haut.

Aucune tuyère n'est mêlée aux déchets des parois. Cependant deux pièces, le fragment B 364 (cylindrique, diam. 3,5-4 cm) et la tuyère entière B 365 (fig. 13, 15), recueillies dans les scories en aval du fourneau, au niveau même du creuset, semblent lui appartenir. Toutes deux sont destinées à être posées à plat; B 365 n'a pas été encastrée dans une paroi. Ses côtés et son dos ont subi l'effet de la fournaise, mais sans agglutiner beaucoup de scories, comme les becs coniques qui s'avancent dans le creuset. Elle devait être placée dans une embrasure. Seule tuyère courte (14 cm) retrouvée intacte en Suisse, elle est du diamètre le plus étroit (2,5 cm). Nous n'en relevons que deux échantillons. Le four XII, à la forme très étudiée, semble avoir disposé, de plus, d'une soufflerie perfectionnée.

Fours XV et XVI (plan et coupe, fig. 69)

Les vestiges de deux foyers superposés flanquent le sud du bloc de rocher sur lequel s'appuie la paroi ouest des fours XI et XII. L'espace qui leur est dévolu est limité à un mètre à peine par un second banc calcaire, lui aussi en place.

Four XV: l'existence du four XV est révélée par les marques de chaleur qui rougissent d'une part le fond et d'autre part les flancs des rochers qui le bordent. Ces traces ne peuvent provenir du foyer postérieur; elles appartiennent au niveau stratigraphique du four XI. Le carbone 14 les date de 380 ± 50 après J.-C.

Four XVI: vingt-cinq centimètres de scories compactes séparent les maigres vestiges de XV du fond de XVI. Ce second foyer est décalé de quelque 10 cm plus au sud (comme XII par rapport à XI).

Il est délimité lui aussi par les traces rouges repérables à un niveau plus élevé sur les rochers au nord, au sud et à l'ouest, où même le sol morainique a rougi. Un seul mur de moellons d'origine glaciaire (largeur 35-40 cm), cimenté de glaise, subsiste au sud. Il s'incurve en quart de cercle vers l'ouest. Deux de ses pierres sont liées par une scorification, que les forgerons ont reglaisée. Le foyer atteignait au maximum 70 cm du nord au sud, 50 à 60 cm de l'est à l'ouest. La plus grande dimension extérieure (nord-sud) ne dépasse pas 140 cm. Le fond – 5 cm de glaise durcie, et noircie par le charbon – repose sur un remblai de scories (25 cm). La construction, dans son ensemble paraît légère: fond peu résistant, mur composé d'un seul rang de pierres. L'absence de tuiles romaines comme revêtement intérieur le différencie de ses proches voisins.

L'emploi de pierres glaciaires rappelle au contraire les fours du niveau supérieur (I à IV et VI). Mais la stratigraphie ne permet pas de les rapprocher chronologiquement. Les fours XV et XVI ont été implantés avant l'abandon des fours XI et XII.

Ils sont recouverts par les pierres qui en sont tombées. Par la suite, cette couche de déchets a été masquée par les scories provenant de III-IV et de VI.

Le four XV, nous l'avons dit, se trouve en étroite connexion archéologique avec XI. XVI se retrouve au niveau de XII. Pourtant XV et XI, XVI et XII ne forment pas des couples comme les fours jumelés I-II, III-IV (voir pp. 48-51).

Fig. 70. Le four XIV avant son dégagement.

Leur bâti, leurs dimensions sont trop différents; d'autre part, leurs foyers ne sont pas alignés, mais à angle droit. Ils sont trop proches pour que les forgerons aient pu y travailler simultanément. XV et XVI semblent moins des fourneaux de réduction que des fours à recuire que l'on utilise après les chauffes de XI ou de XII.

Four XIV (plan et coupe, fig. 45-46, 70)

Bâti presque exactement au-dessus du four XIII, mais 110 cm plus haut, le four XIV doit sa position surélevée à l'abondance des déchets provenant des exploitations XI et XII. Ses bâtisseurs accentuent la pente en amont (elle passe de 19 à 33°), rafraîchissent la tranchée en la reculant de quelque 10 cm (pente 86°). Ils jettent leurs déblais, formés principalement de tout-venant d'origine morainique par-dessus les scories, les tuiles, les pierres et la glaise délitée provenant des fours XI et XII. Pour assurer une couche de fond suffisamment résistante, ils dament fortement leur remblai.

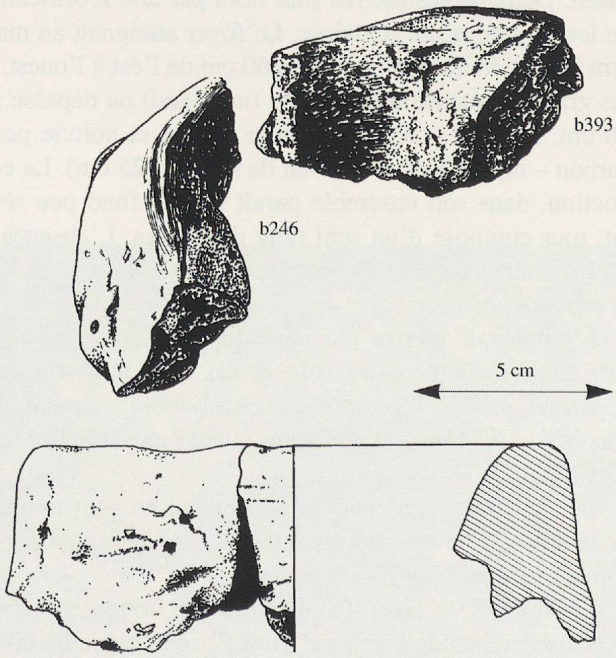


Fig. 71. Bellaires I. Rebord du gueulard du four XIV.

Le four XIV n'en est pas moins encastré de 65 cm dans le talus morainique. Sa chape est montée essentiellement en glaise mêlée de quelques bouts de tuiles et de pierres; le manteau intérieur est fait d'une ou deux pierres plates et de tuileaux repris aux parois nord et est du four XII. La preuve en est donnée par un tuileau scorié, dont les scories sont noyées à l'intérieur de la paroi nord. La base du four XIV n'a pas plus de 80 cm de diamètre extérieur, le fond du creuset pas plus de 30 cm. Dans sa partie conservée (60 cm), le foyer forme un cône irrégulier, à la paroi nord presque verticale. A 40 cm du fond, sa largeur ne dépasse pas 25 cm. La partie supérieure est démolie et ses vestiges sont répandus tout autour et en aval. Cent trente tuileaux, ramassés à son niveau, permettent de reconstituer un fourneau de 1 m de hauteur au maximum. Le gueulard se terminait probablement par un rebord de glaise grossièrement façonné (fig. 71, B 393 et 246), d'un diamètre moyen d'environ 11 cm, mais ne laissant qu'un conduit très étroit (5-6 cm).

Aucune tuyère n'est implantée dans la partie conservée, haute pourtant de 60 cm, en amont, et de 40 cm au minimum en aval. Cependant, une embrasure s'esquisse à 40 cm du fond, sur le côté oriental. Immédiatement en aval du four, les fragments de tuyères B 433 et B 490 – cas tout à fait exceptionnel aux Bellaires – sont faits pour s'encastrer en plongeant de 45° (voir fig. 10-11). Seule cette forte inclinaison permet d'assurer une ventilation totale du fond. Une série de déchets métalliques très oxydés gisaient à l'est du four. Leur dureté, leur texture, leur teneur en carbone les apparentent à l'acier (voir fig. 154, échantillon 19a). C'est dans des fours de dimensions et de formes analogues, munis d'une tuyère presque verticale, que la sidérurgie traditionnelle produit l'acier au Japon[1].

Deux cornes de chèvres, l'une à la base sciée, peuvent être rattachées à son niveau.

Sous les scories venues du haut du talus, une zone de glaise rouge délitée de forme rectangulaire couvre le fourneau. Mais elle en est séparée par une couche de terre de forge très charbonneuse de 20 cm d'épaisseur. Cette nappe de glaise doit dater des dernières exploitations.

Le four XIV ne s'apparente à ses prédécesseurs que par les matériaux qu'il leur emprunte. Il diffère de tous les autres fourneaux de Bellaires I par ses dimensions réduites: il entrerait tout entier à l'intérieur du creuset du four XII, son prédécesseur. Il s'en distingue aussi par la position de sa soufflerie. Postérieur au four XII, antérieur aux fours jumelés, il doit remonter au Ve siècle ap. J.-C.

Bellaires II

Four XVII (fig. 72-77)

Rattacher l'unique fourneau de Bellaires II aux étapes intermédiaires peut paraître inadéquat d'un point de vue

1. Nancy, Musée du fer, Rencontre-atelier, du 1 au 15 juin 1989 entre archéologues et maîtres armuriers (fabricants d'épées) japonais.

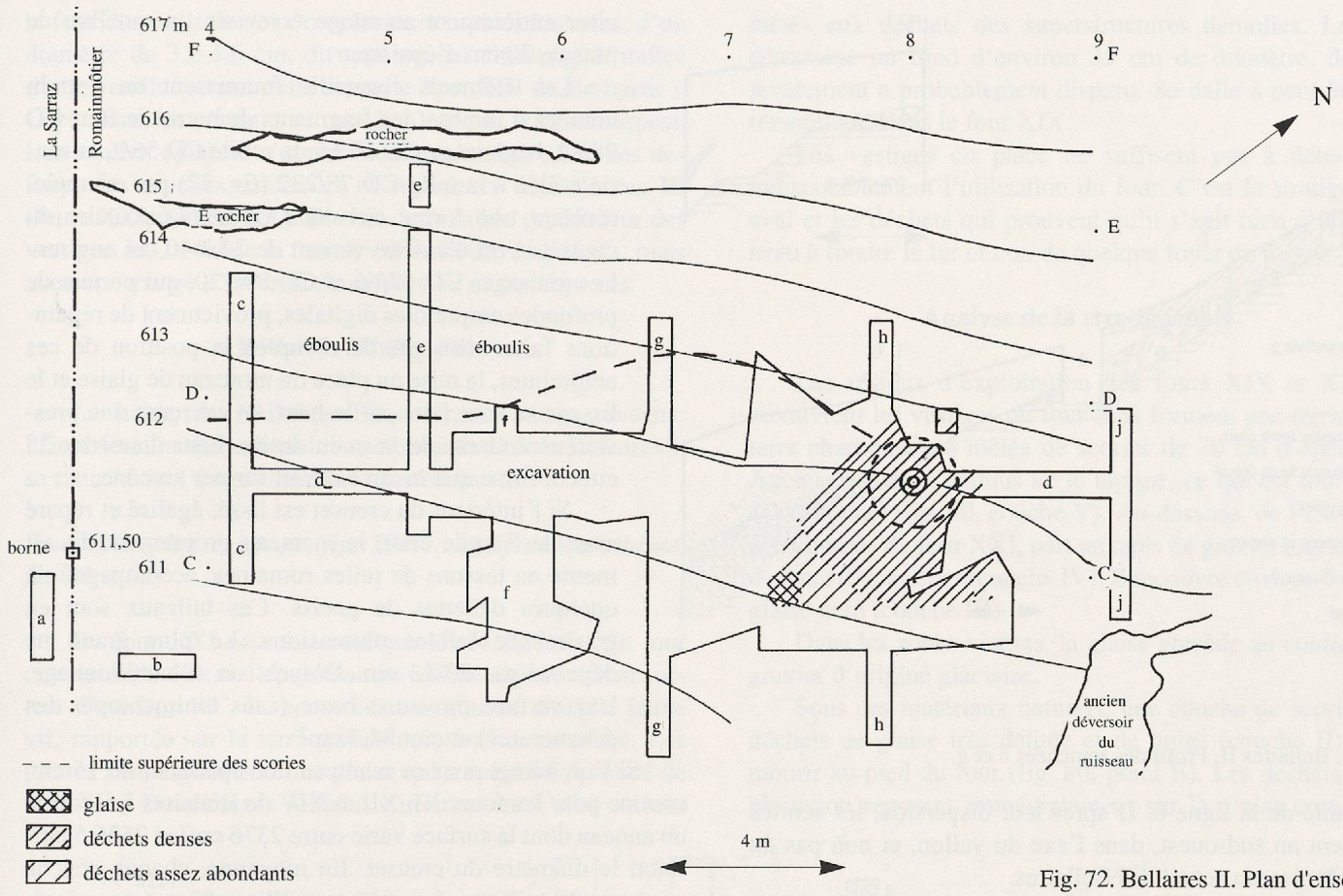


Fig. 72. Bellaires II. Plan d'ensemble.

strictement stratigraphique; dans l'ensemble des sites des Bellaires cependant, sa typologie le place entre les fours les plus archaïques et les modèles les plus récents.

Environ 640 débris de tuiles romaines, *tegulae* et *imbrices,* des gneiss scoriacés, des glaisages, 201 tessons de tuyères, du fer, du charbon, des moellons rougis par le feu et quelque 40m³ de scories attestent la présence et l'activité d'un fourneau dont il ne subsiste pas même les fondations. Les vestiges incontestables de parois ou de fond ont été dispersés, entre autres par la chute d'énormes blocs de rochers. Les morceaux d'une même tuyère (voir fig. 19) sont répandus sur 10 m. Malgré cet éparpillement, les déchets ont tendance à se concentrer à mi-pente, entre les lignes 8 et 7 du plan C6. Quatre-vingt-un pour cent des témoins recueillis l'ont été entre les lignes 6,5 et 8,5 (fig. 73).

Les scories ne forment qu'une seule couche, distincte en amont dans le terrain à partir de la ligne 8. Leur densité atteint son maximum entre les lignes 6 et 7, plus aval. Extraites du fourneau, c'est là qu'elles se sont entassées avant que ne les dispersent les intempéries, les travaux des carriers ou des forestiers. Les deux courbes de densité de la fig. 73 montrent qu'un seul four a été construit, vraisemblablement à

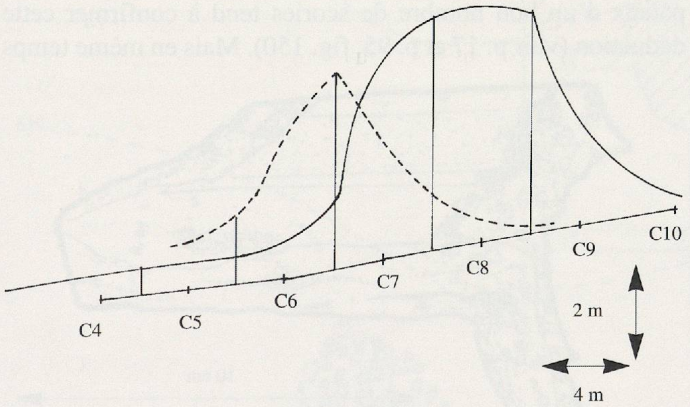


Fig. 73. Bellaires II. Distribution des objets-témoins et des scories.
—— objets
- - - - scories

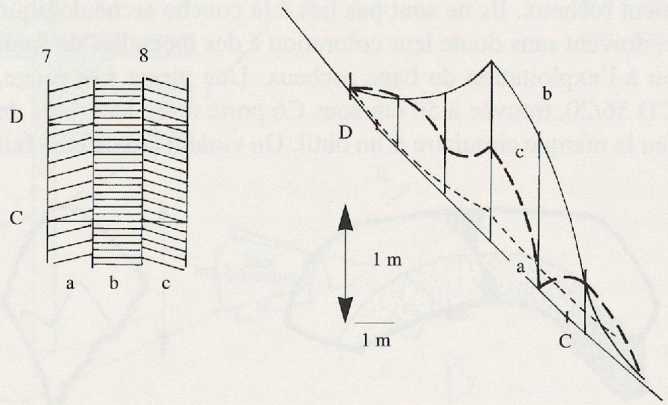


Fig. 74. Bellaires II. Densité des objets-témoins dans le secteur 7-8, selon la plus forte pente.

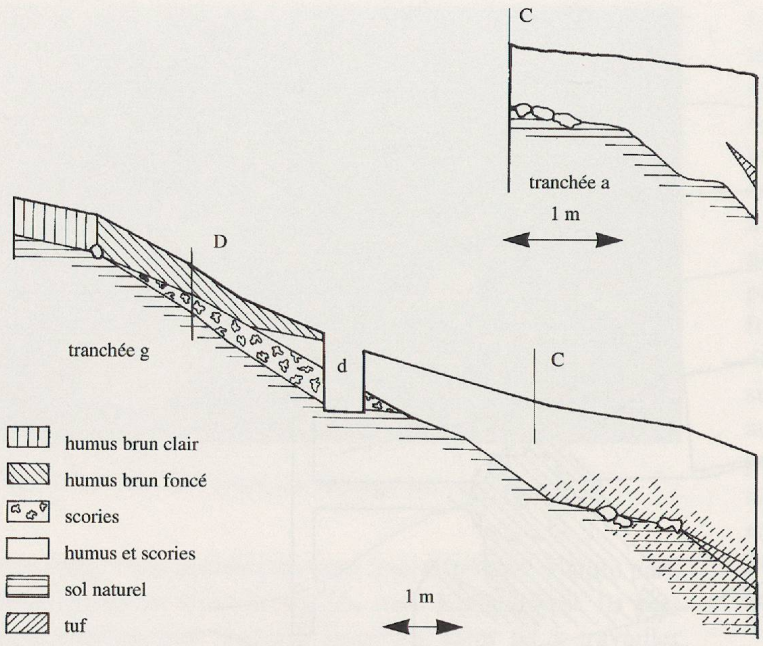


Fig. 75. Bellaires II. Profil des tranchées a et g.

proximité de la ligne 8. D'après leur dispersion, les scories coulaient au sud-ouest, dans l'axe du vallon, et non pas du côté du ruisseau actuel des Bellaires.

Dans le sens de la plus forte pente (fig. 74), la densité des objets témoins atteint son maximum sur la ligne 8, 150 cm en dessus du point C8. Le point de chute de quelques fragments de parois, l'altitude des tuiles et des tuyères gisant au niveau le plus élevé, et le début supérieur de la couche de scories (plan C6, tranchée g, et fig. 75) confirment cette implantation. Les 50 dm³ de glaise pulvérulente dégagés en contrebas sur la ligne C7-C8 (plan C6) ne proviennent pas d'un fond, mais d'une superstructure pulvérisée par la chute d'énormes pierres. Quelques fragments d'encolure, très irréguliers, d'un diamètre de 11 cm environ (fig. 76) ressemblent au gueulard du four XIV (voir fig. 71).

Des blocs calcaires massifs, rougis par le feu gisent à plus de 8 m du fourneau, plus haut que lui, sous l'affleurement rocheux. Ils ne sont pas liés à la couche archéologique et doivent sans doute leur coloration à des incendies de forêt ou à l'exploitation du banc rocheux. Une pierre très rouge, CD 56/20, trouvée à 50 cm sous C6 porte outre les traces de feu la marque circulaire d'un outil. Un violent feu de bois fait virer entièrement au rouge écrevisse un moellon de plus de 20 cm d'épaisseur.

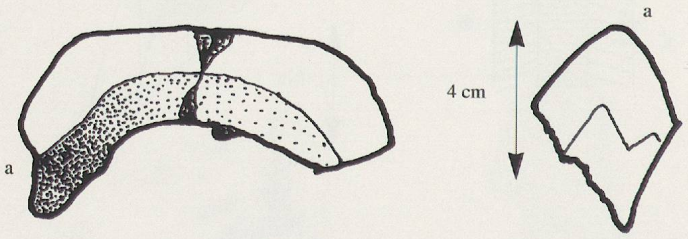
Les éléments recueillis fournissent un certain nombre d'indices: les fragments de bords de four CD 78/82, le glaisage CD 67/66, la scorie CD 56/1, la scorie collée à la tuile CD 78/232 (fig. 77) par exemple, révèlent une forme circulaire ou semi-circulaire du creuset et un diamètre variant de 24 à 40 cm environ. Les glaisages CD 67/66 et CD 89/120, qui portent de profondes empreintes digitales, proviennent de réparations faites sans truelle. D'après la position de ces empreintes, la mise en place du morceau de glaise et le lissage se sont faits par le haut, en exerçant une pression ascendante de la main droite. Leur diamètre: 25 cm confirme que la cuve devait former un cône.

Si l'intérieur du creuset est lissé, égalisé et réparé avec de l'argile crue, le manteau proprement dit est monté en tessons de tuiles romaines, accompagné de quelques dallettes de gneiss. Ces tuileaux sont en général de faibles dimensions. Le plus grand ne dépasse pas 23/13 cm. D'après un échantillonnage, leur surface moyenne brute (sans tenir compte des échancrures) atteint 84,4 cm² .

Si l'on admet pour ce manteau une épaisseur de 15 cm, comme pour les fours XI, XII et XIV de Bellaires I, il forme un anneau dont la surface varie entre 2376 cm² et 2536,5 cm² selon le diamètre du creuset. En moyenne, chaque couche nécessite 29 tuileaux. Les 640 recueillis suffisent pour environ 22 couches. Les tuileaux qui auraient été intégralement détruits, ceux qui ont été éparpillés hors de la zone fouillée et les quelques gneiss ne dépassent pas 4 à 5% du total. Comme une couche de tuiles et la glaise qui l'enrobe et la cimente ont une épaisseur moyenne de 5 cm (voir Bellaires I, fours XI et XII), ces matériaux suffiraient pour une cuve de 120 cm de haut, de 135 au plus avec un gueulard de glaise.

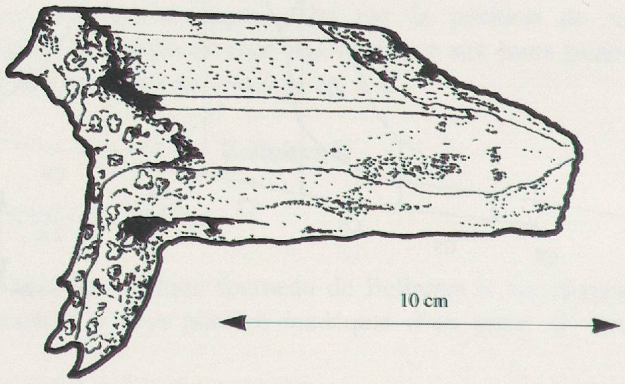
Le revêtement extérieur du four était formé de calcaires parfois rougis par la chaleur, de quelques gneiss et de terre.

Au sud-ouest vraisemblablement, une porte étroite, aux montants de gneiss, permettait l'évacuation des scories. Des tuyères très courtes et d'un large diamètre placées dans la porte assuraient à l'occasion un tirage naturel. L'aspect pâteux d'un bon nombre de scories tend à confirmer cette déduction (voir p. 17 et p. 95, fig. 150). Mais en même temps



gueulard (CD 67/15, 63)

Fig. 76. Bellaires II. Gueulard du four XVII.



tuile à rebord, scoriée, (CD 78/232)

Fig. 77. Bellaires II. Four XVII. Tuile scoriée.

le four disposait de deux ou plusieurs tuyères latérales, d'un diamètre de 3,2-3,6 cm, du type ogival ultralong. L'indice d'une ventilation naturelle rappelle X et XIII de Bellaires I. Cependant, les conduits retrouvés n'ont pas le même aspect. Les tuyères ogivales s'apparentent au contraire à celles des fours des niveaux inférieurs et supérieurs de Bellaires III (fours XXI, XIX et XX). Du fait de la faible profondeur des vestiges, le C 14 date le four XVII de 300 ans ap. J.-C., mais avec une marge d'incertitude de plus ou moins cent ans.

Bellaires III (fig. 78)

La halde de Bellaires III comprend deux niveaux. L'inférieur, nettement moins ancien que celui de Bellaires I, se rattache aux étages romains intermédiaires.

Four XXI (plan et coupe, fig. 79-80; analyses statistiques, fig. 81 et 82)

Du four XXI ne subsistent que les fondations. Un mur circulaire de 40 cm d'épaisseur est encore visible sur un secteur d'environ 90°. Il repose sur une couche d'argile jaune vif, rapportée sur la terre grasse ocre encore en place. Les pierres sont enrobées d'une glaise qui a rougi à l'épreuve de la chaleur. Des tuileaux romains s'insèrent entre elles ou sont mêlés aux déchets des superstructures démolies. Le mur détermine un fond d'environ 35 cm de diamètre, dont le revêtement a probablement disparu. Sa dalle a peut-être été réemployée dans le four XIX.

Les vestiges en place ne suffisent pas à déterminer indiscutablement l'utilisation du four. C'est la stratigraphie aval et les déchets qui prouvent qu'il s'agit bien d'un fourneau à fondre le fer et non de quelque foyer de forge.

Analyse de la stratigraphie

Les résidus d'exploitation des fours XIX et XX qui recouvrent les vestiges du four XXI forment une terrasse de terre charbonneuse mêlée de scories de 70 cm d'épaisseur. Aucune couche d'humus ne le tapisse, ce qui est tout à fait exceptionnel (fig. 80, couche V). Au-dessous, de l'extrémité méridionale du four XXI, part un tapis de gravier morainique de 4 cm d'épaisseur (couche IV). Il recouvre environ 6 cm de glaise ocre (couche III).

Dans les zones vierges, la glaise précède au contraire le gravier d'origine glaciaire.

Sous ces matériaux naturels, une couche de scories, de déchets de glaise très délitée et de tuiles (couche II) vient mourir au pied du four (fig. 80, point B). Les déchets d'exploitation reposent immédiatement sur la glaise ocre natu-

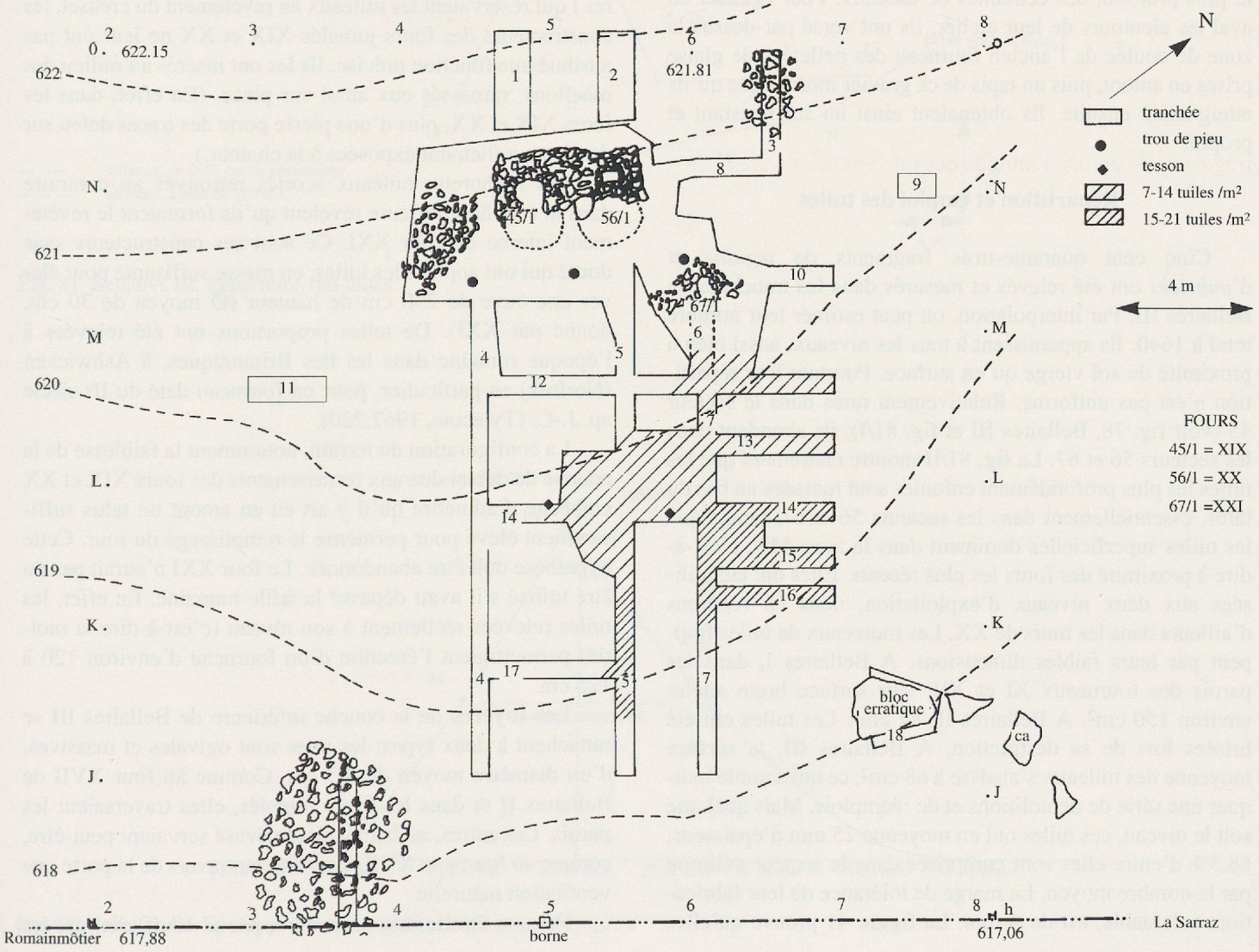


Fig. 78. Bellaires III. Plan d'ensemble.

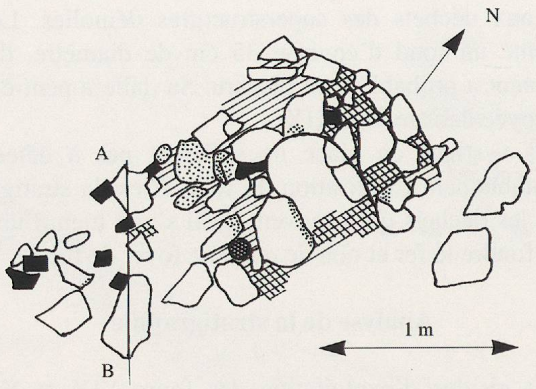


Fig. 79. Bellaires III. Four XXI. Plan.

relle. L'absence d'humus prouve que les forgerons ont entaillé le talus pour assurer l'évacuation des scories; scories qui ne peuvent d'ailleurs provenir que de XXI. Nous avons ainsi la preuve que XXI était un fourneau de réduction et non un four à recuire.

Les couches III et IV, inversées, résultent des travaux postérieurs. Les constructeurs de XIX et XX ont aménagé à leur tour la place de travail, l'ont agrandie. Ils ont réemployé les moellons utilisables et versé les déchets superflus, inutiles ou gênants au bas du talus. On y retrouve, au niveau le plus profond, des centaines de tuileaux. Pour égaliser en aval les alentours de leur atelier, ils ont versé par-dessus la zone de coulée de l'ancien fourneau des pelletées de glaise prises en amont, puis un tapis de ce gravier morainique qu'ils atteignaient ensuite. Ils obtenaient ainsi un sol résistant et propre.

Répartition et emploi des tuiles

Cinq cent quarante-trois fragments de *tegulae* et d'*imbrices* ont été relevés et mesurés dans les tranchées de Bellaires III. Par interpolation, on peut estimer leur nombre total à 1640. Ils apparaissent à tous les niveaux, aussi bien à proximité du sol vierge qu'en surface. Pourtant leur répartition n'est pas uniforme. Relativement rares dans le secteur 45 (voir fig. 78, Bellaires III et fig. 81/I), ils abondent dans les secteurs 56 et 67. La fig. 81/II montre clairement que les tuiles les plus profondément enfouies sont massées au bas du talus, essentiellement dans les secteurs 56 et 67, tandis que les tuiles superficielles dominent dans la zone MN, c'est-à-dire à proximité des fours les plus récents. Elles ont été utilisées aux deux niveaux d'exploitation; nous en repérons d'ailleurs dans les murs de XX. Les morceaux de tuiles frappent par leurs faibles dimensions. A Bellaires I, dans les parois des fourneaux XI et XII, leur surface brute atteint environ 150 cm². A Bellaires II, 84 cm². Les tuiles ont été brisées lors de sa destruction. A Bellaires III, la surface moyenne des tuileaux s'abaisse à 68 cm², ce qui semble indiquer une série de démolitions et de réemplois. Mais quel que soit le niveau, ces tuiles ont en moyenne 25 mm d'épaisseur; 88,5% d'entre elles sont comprises dans le secteur délimité par le nombre moyen. La marge de tolérance de leur fabrication, calculable, est de 4 mm. La figure 41 prouve qu'elles

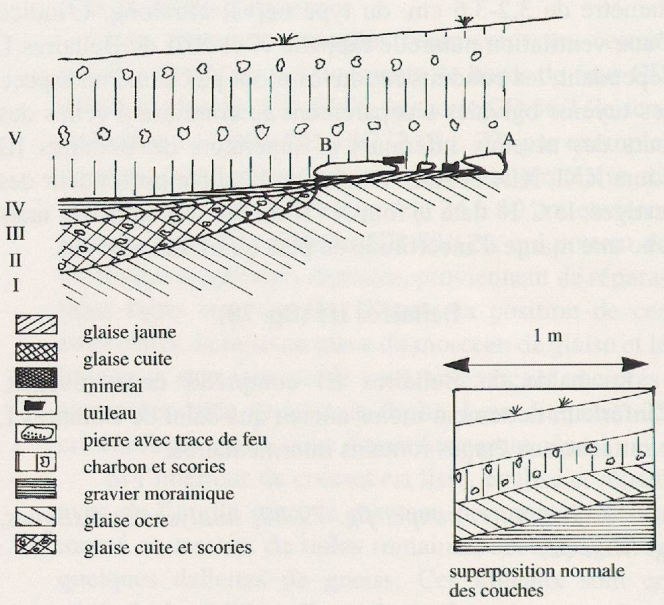


Fig. 80. Bellaires III. Profil de la tranchée 6.

forment un ensemble parfaitement homogène. Toutes les tuiles relevées à Bellaires III ont la même provenance.

Au contraire des bâtisseurs des fours XI et XII de Bellaires I qui réservaient les tuileaux au revêtement du creuset, les constructeurs des fours jumelés XIX et XX ne leur ont pas attribué une fonction précise. Ils les ont insérés au milieu des moellons, ramassés eux aussi sur place. (En effet, dans les fours XIX et XX, plus d'une pierre porte des traces defeu sur des faces nullement exposées à la chaleur.)

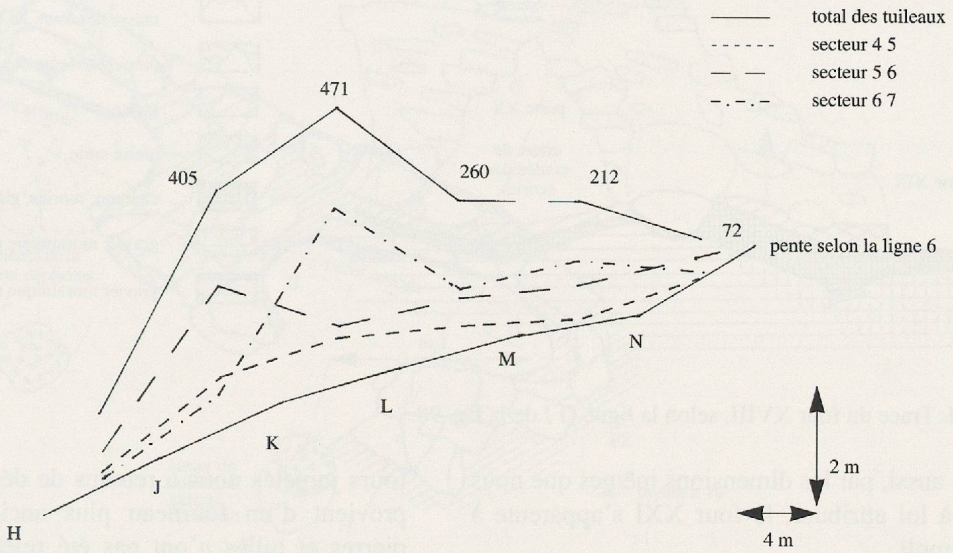
Les nombreux tuileaux scoriés retrouvés au contraire dans la couche inférieure révèlent qu'ils formaient le revêtement interne du four XXI. Ce sont ses constructeurs sans doute qui ont apporté les tuiles, en masse suffisante pour élever une cuve de 250 cm de hauteur (Ø moyen de 30 cm, donné par XXI). De telles proportions ont été relevées à l'époque romaine dans les îles Britanniques, à Ashwicken (Norfolk) en particulier, pour un fourneau daté du IIe siècle ap. J.-C. (Tylecote, 1962,220).

La configuration du terrain, notamment la faiblesse de la couche de déblai due aux terrassements des fours XIX et XX empêche d'admettre qu'il y ait eu en amont un talus suffisamment élevé pour permettre le remplissage du four. Cette hypothèse doit être abandonnée. Le four XXI n'aurait pas pu être utilisé s'il avait dépassé la taille humaine. En effet, les tuiles relevées réellement à son niveau (c'est-à-dire la moitié) permettraient l'érection d'un fourneau d'environ 120 à 125 cm.

Les **tuyères** de la couche inférieure de Bellaires III se rattachent à deux types: les unes sont ogivales et massives, d'un diamètre moyen de 3,3 cm. Comme au four XVII de Bellaires II et dans les fours jumelés, elles traversaient les parois. Les autres, au bec ovaloïde évasé servaient peut-être, comme au fourneau XVII, à assurer au travers de la porte une ventilation naturelle.

Par son étroite base circulaire, par sa soufflerie, par les

I. Par secteur



II. Selon la profondeur

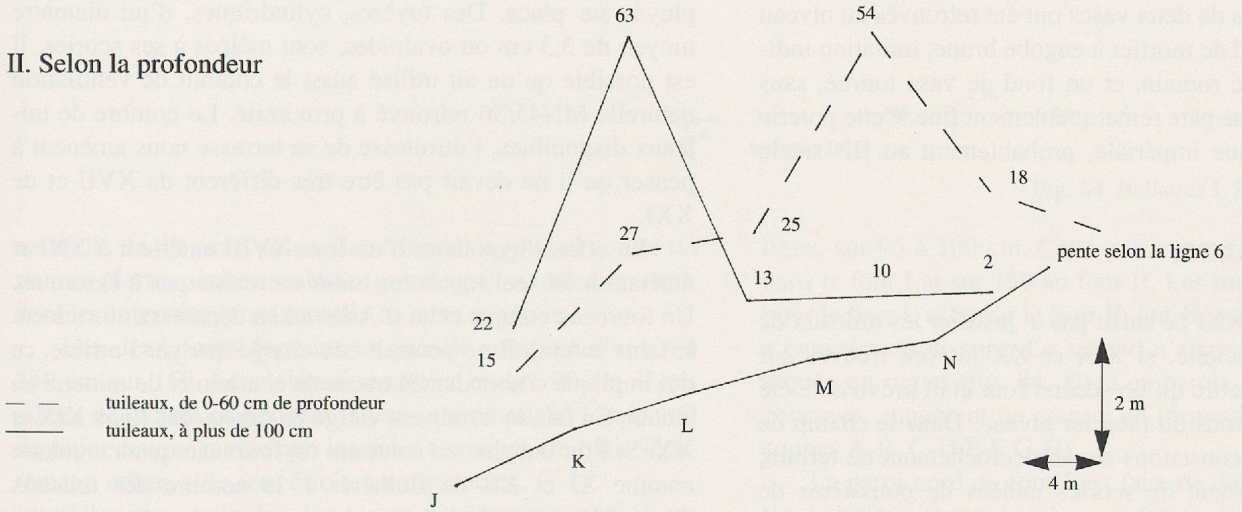


Fig. 81. Bellaires III. Répartition des tuiles.

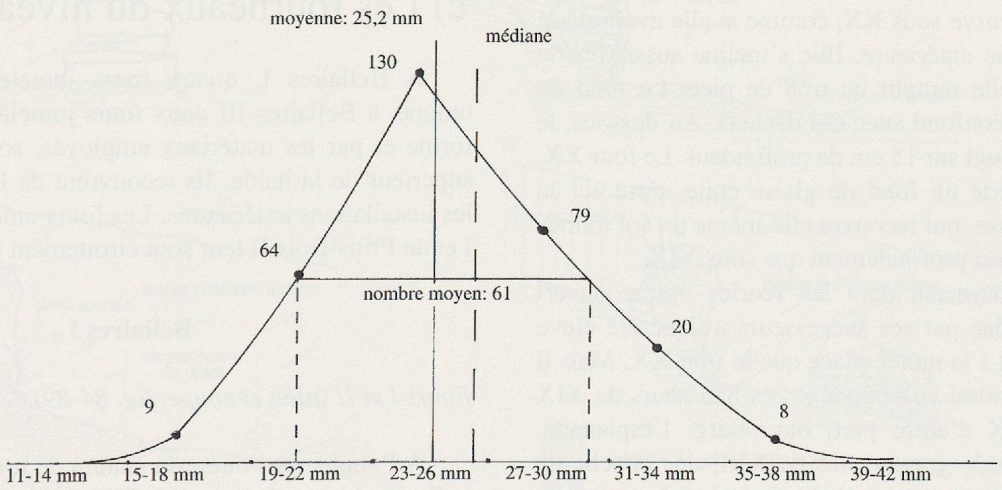


Fig. 82. Bellaires III. Epaisseur des tuiles plates.

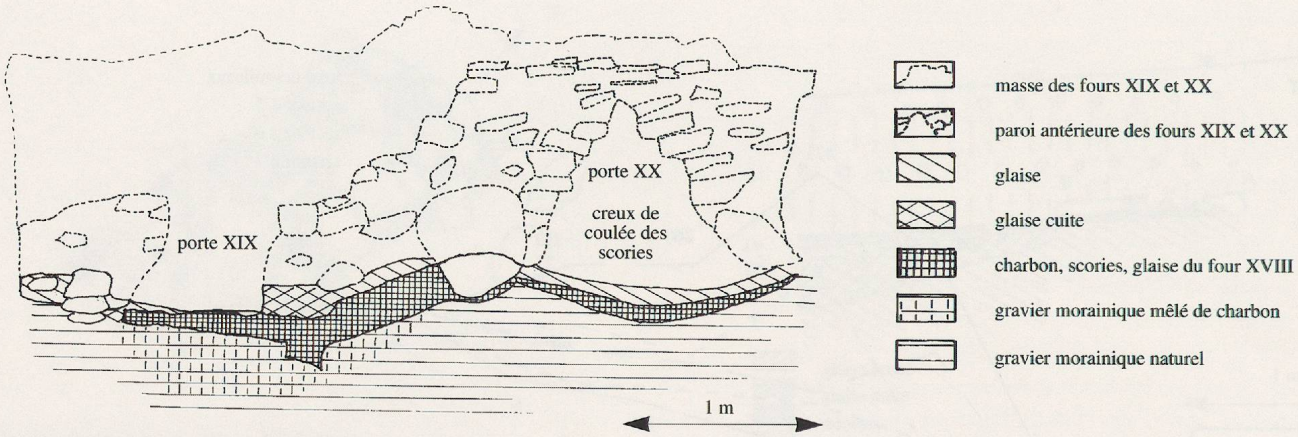


Fig. 83. Bellaires III. Trace du four XVIII, selon la ligne G J de la fig. 98.

matériaux utilisés aussi, par les dimensions mêmes que nous sommes amenés à lui attribuer, le four XXI s'apparente à XVII, lui aussi démoli.

Les fragments de deux vases ont été retrouvés au niveau de XXI: un rebord de mortier à engobe brune, imitation indigène d'un modèle romain, et un fond de vase tourné, sans engobe, mais d'une pâte remarquablement fine. Cette poterie remonte à l'époque impériale, probablement au IIIe siècle (voir p. 108).

Four XVIII (fig. 83, 98)

Le fourneau XXI ne suffit pas à justifier les tuileaux de la couche superficielle, si XIX et XX les ont trouvés sur place. Il faut admettre qu'un second four était prévu ou a été bâti par les forgerons du premier niveau. Dans le champ de fouilles, nous ne constatons aucun décrochement de terrain, aucun amoncellement de scories mêlées de poussières de glaise, aucune substructure analogue à celles du secteur 67. Cependant, le pilier central des fours XIX et XX repose sur quelque 20 cm de charbon, de glaise et de fines scories (fig. 83) qui ne peuvent provenir que d'une exploitation antérieure; cette couche n'est pas en connexion avec celles qui entourent le four XXI. Sa provenance est autre.

La couche s'étend sur 340 cm devant les portes des fours XIX et XX et s'incurve sous XX, comme si elle avait glissé dans une excavation antérieure. Elle s'incline aussi sous le pilier central, où elle remplit un trou de pieu. Le fond du creuset de XIX se confond avec ces déchets. Au-dessous, le sol morainique a rougi sur 15 cm de profondeur. Le four XX, au contraire, possède un fond de glaise cuite, posé sur la couche charbonneuse, qui recouvre elle-même un sol morainique rougi tout aussi profondément que sous XIX.

Un premier fourneau, dont les scories ont recouvert l'emplacement utilisé par ses successeurs a donc été élevé approximativement à la même place que le four XX. Mais il ne devait pas être aussi volumineux. Les bâtisseurs de XIX d'une part, de XX d'autre part, ont rélargi l'esplanade. Comme la glaise et le gravier près de XXI, une couche de gravier morainique recouvre la halde primitive en aval de XIX (p. 86, fig. 140/4). Le désir de conserver intacts les fours jumelés nous a retenus de dégager cette couche. Elle provient d'un fourneau plus ancien dont les matériaux, pierres et tuiles n'ont pas été rejetés en aval, mais réemployés sur place. Des tuyères, cylindriques, d'un diamètre moyen de 3,3 cm ou ovaloïdes, sont mêlées à ses scories. Il est possible qu'on ait utilisé aussi le conduit de ventilation naturelle MN45/36 retrouvé à proximité. Le nombre de tuileaux disponibles, l'étroitesse de sa terrasse nous amènent à penser qu'il ne devait pas être très différent de XVII et de XXI.

En effet, l'hypothèse d'un four XVIII antérieur à XXI et utilisant à lui seul toutes les tuiles ne résiste pas à l'examen. Un fourneau comme celui d'Ashwicken dépasserait fortement le talus naturel. Il ne pourrait être chargé que par l'arrière, ce qui implique d'abondantes traces de charbon et de minerai en amont. En fait, le terrain est vierge en dessus des fours XIX et XX. Si l'on imagine au contraire un fourneau quadrangulaire comme XI et XII de Bellaires I, le nombre des tuileaux disponibles – ou plutôt leur masse – ne permettrait pas d'élever un four d'un creuset de plus de 65 cm de côté. Mais cette dimension est assez forte pour que les fondations suffisent à l'établissement de ses successeurs. Surtout, la stratigraphie ne permet de relever aucun indice de trois exploitations successives (voir fig. 140, tranchées 4, 5 et 7).

c) Les fourneaux du niveau supérieur

A Bellaires I, quatre fours jumelés et un fourneau unique, à Bellaires III deux fours jumelés, parents par leur forme et par les matériaux employés, sont bâtis au niveau supérieur de la halde. Ils recouvrent de leurs scories toutes les installations antérieures. Les fours uniques de la Bossena I et de Prins-Bois II leur sont étroitement apparentés.

Bellaires I

Fours I et II (plan et coupe, fig. 84-89)

A l'angle nord-ouest du champ de fouilles, en dessus de la limite des scories, quelques pierres à fleur de terre signalaient une construction. Sur une terrasse qui entame la pente

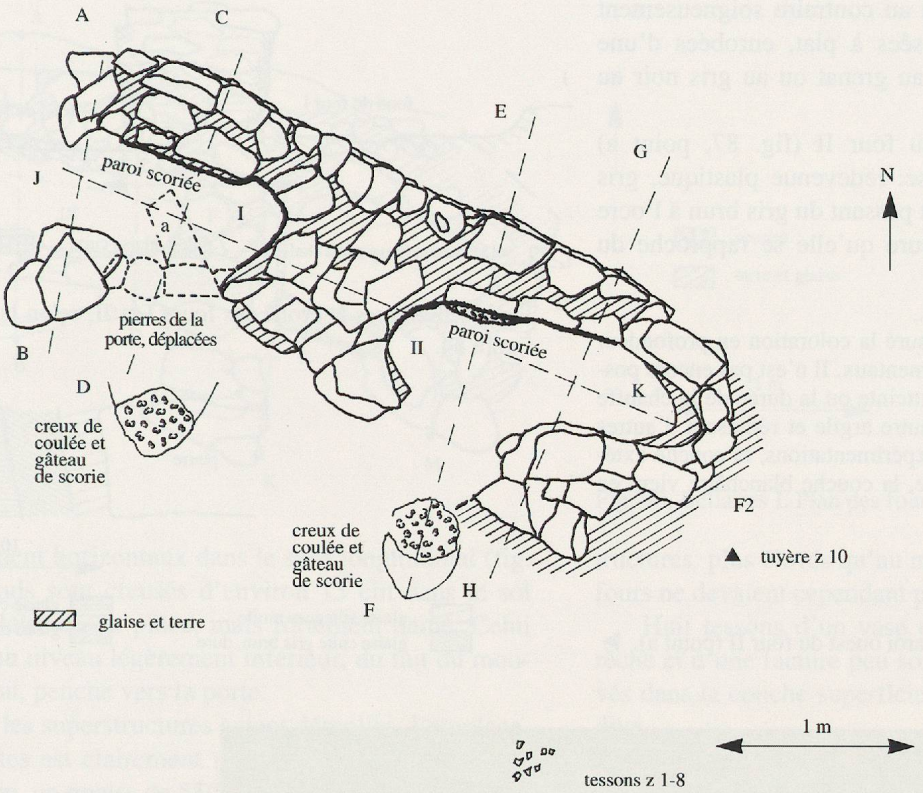


Fig. 84. Bellaires I. Plan des fours I et II.

naturelle de 40 cm à peine, deux fours s'appuient contre un mur en pierres sèches roulées, (granit, gneiss, calcaire, etc.), dont les interstices sont remplis de terre végétale.

Les deux fours forment un massif compact d'environ 350 cm sur 150. Leur élévation atteint encore 90 cm. Trois piliers de pierres composent la paroi méridionale. L'appareil du pilier central révèle que les deux fours ont été bâtis séparément, même s'ils sont étroitement associés.

Allongés, ovaloïdes, les foyers ne dépassent pas 45 cm en largeur. Des scories ont adhéré à leur paroi nord, rectiligne, sur 95 à 100 cm. Cette paroi se prolonge sur 110 cm dans le four I et sur 150 au four II. Les murs latéraux, ouest pour le four I, est pour le four II, ont été rompus. Le premier a entièrement disparu. Le second n'a conservé que sa base arquée en ogive (fig. 84, K). Les parois nord et centrales, concaves, suggèrent un creuset en forme de cornue (fig. 85, coupes A-B, C-D,E-F,G-H).

La paroi nord du four I est faite de deux parties distinctes. L'arrière, contre le talus, est formé de pierres grossièrement disposées dans la glaise crue et appuyées par de la terre

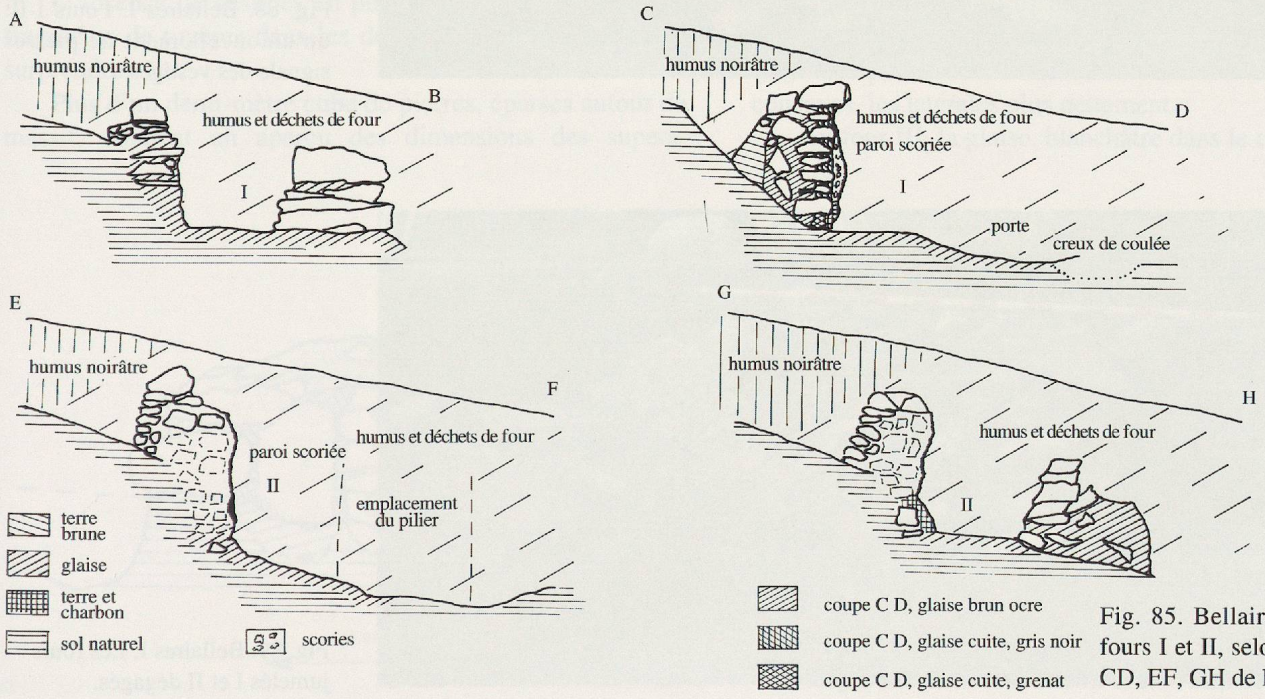


Fig. 85. Bellaires I. Profils des fours I et II, selon les lignes AB, CD, EF, GH de la figure 84.

végétale damée. Le creuset est au contraire soigneusement bâti en pierres réfractaires posées à plat, enrobées d'une glaise qui passe du brun ocre au grenat ou au gris noir au contact des scories.

Le revêtement intérieur du four II (fig. 87, point a) montre quatre états de la glaise: redevenue plastique, gris jaunâtre contre la pierre dure, et passant du gris brun à l'ocre rose puis au blanchâtre à mesure qu'elle se rapproche du foyer[2].

2. Philippe Andrieux (1990) a mesuré la coloration en profondeur de l'argile de ses fourneaux expérimentaux. Il n'est pas encore possible d'en déduire la température atteinte ou la durée de la chauffe dans des fourneaux utilisant une autre argile et réduisant d'autres minerais. Dans la plupart de ses expérimentations, la couche extérieure du glaisage est rouge brique, la couche blanchâtre vient en second rang.

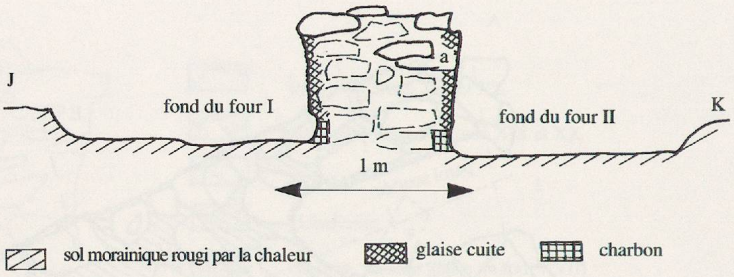


Fig. 86. Bellaires I. Profil des fours I et II, selon la ligne JK de la figure 84.

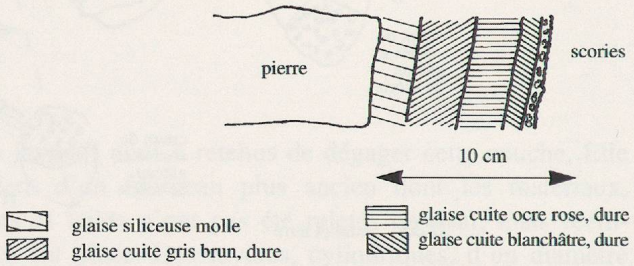


Fig. 87. Bellaires I. Glaisage de la paroi ouest du four II (point a). ▶

Fig. 88. Bellaires I. Fours I-II: un amoncellement de pierres signale des vestiges.

Fig. 89. Bellaires I. Les fours jumelés I et II dégagés.

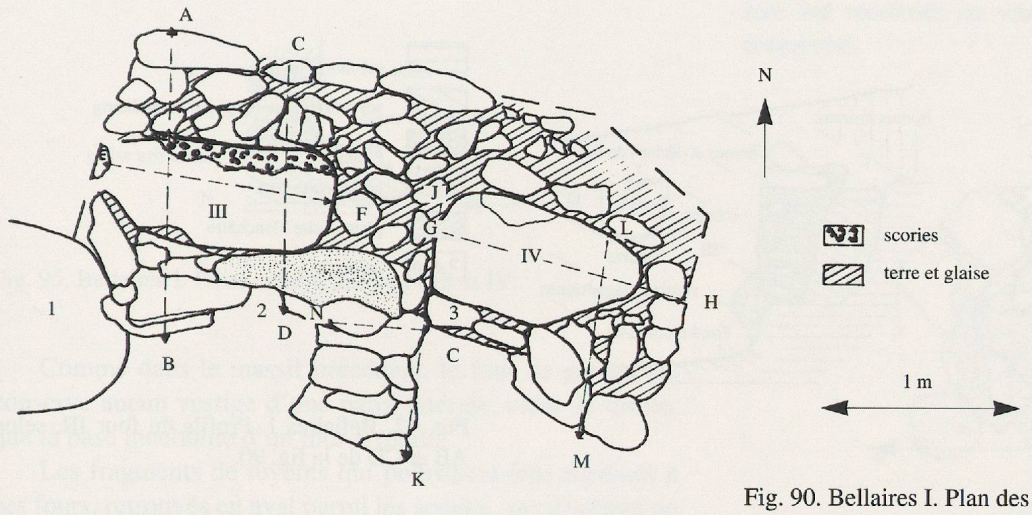


Fig. 90. Bellaires I. Plan des fours III et IV.

Pratiquement horizontaux dans le sens longitudinal (fig. 86/A), les fonds sont creusés d'environ 15 cm dans le sol morainique glaiseux, en place, mais fortement damé. Celui du four II, à un niveau légèrement inférieur, du fait du mouvement général, penche vers la porte.

Bien que les superstructures soient démolies, l'emplacement des portes est clairement marqué par les piliers. Une dalle du linteau, un gneiss de 55/50 cm, a viré à l'intérieur du creuset du four I (fig. 84, a).

En aval de chacune des portes, le sol, légèrement creusé, facilite l'évacuation. Des scories en gâteau ont rempli ces dépressions (fig. 84).

Les deux fours, aux murs fortement scoriés, ont été reglaisés en cours d'exploitation. Des traces de doigts sont visibles sur ces retouches.

Deux fragments de tuyère en entonnoir, retrouvés à l'est de II, semblent indiquer qu'une soufflerie était placée à 90° de la porte, dans l'alcôve du creuset. Cependant, l'accumulation des scories sur la paroi nord oblige à admettre qu'un autre soufflet était engagé dans la porte.

L'absence de vestiges en place et le faible nombre des fragments de tuyères dans les déchets ne manquent pas de surprendre.

Plus d'un demi-mètre cube de pierres, éparses autour du massif, donnent un aperçu des dimensions des superstructures: plus élevés qu'au moment de leur dégagement, les fours ne devaient cependant pas dépasser 130 cm de hauteur.

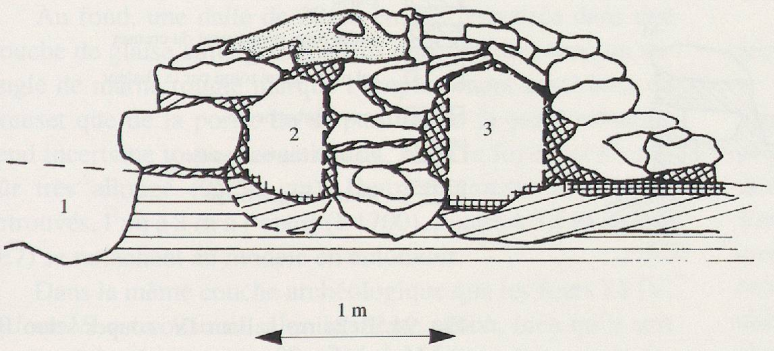
Huit tessons d'un vase caréné fait au tour, d'une pâte rêche et d'une facture peu soignée (p. 107, fig. 168), retrouvés dans la couche superficielle semblent d'une époque tardive.

Fours III et IV (fig. 90-95)

Quatre mètres à l'est des modèles précédents, sur le même sol morainique aplani et débarrassé de son humus, les fours III et IV, bâtis avec les mêmes matériaux que les précédents sont eux aussi accolés. Mais leur pilier central est monté d'un seul tenant en lourdes pierres, maçonnées en retrait. Son épaisseur ne dépasse pas 55 cm. Aussi le massif est-il plus court (310 cm) et plus irrégulier. Sa largeur, de 110 cm aux extrémités, passe à 200 cm au centre. La hauteur conservée atteint 100 cm au four III, 110 cm au four IV. Les déchets qui l'entourent font estimer à 20 ou 30 cm la superstructure disparue.

Un peu moins étirés que ceux des premiers fours, les foyers, ellipsoïdes, mesurent 110/50 cm (III) et 105/55 cm (IV). Les parois conservées au nord et au sud sont à peine concaves, les latérales plus nettement.

Au four III, la glaise, blanchâtre dans le creuset, passe à



glaise
glaise cuite
terre charbonneuse
sol morainique rougi par la chaleur
sol morainique naturel
bloc de gneiss servant de linteau
1 excavation produite par l'extraction d'un bloc de rocher
2 porte du four III
3 porte du four IV

Fig. 91. Bellaires I. Fours III et IV. Profil des portes.

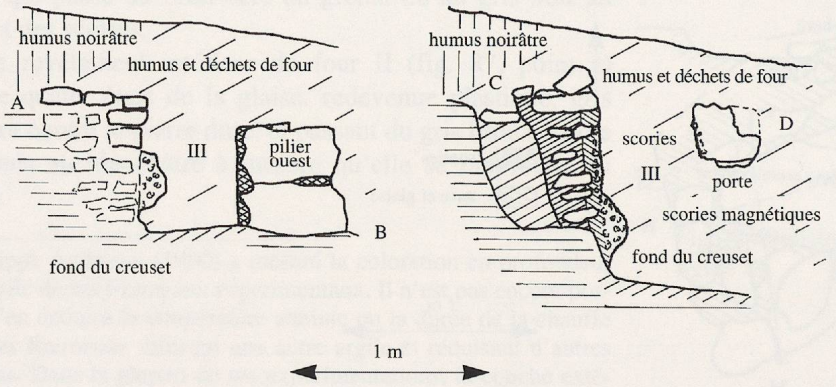


Fig. 92. Bellaires I. Profils du four III, selon AB et CD de la fig. 90.

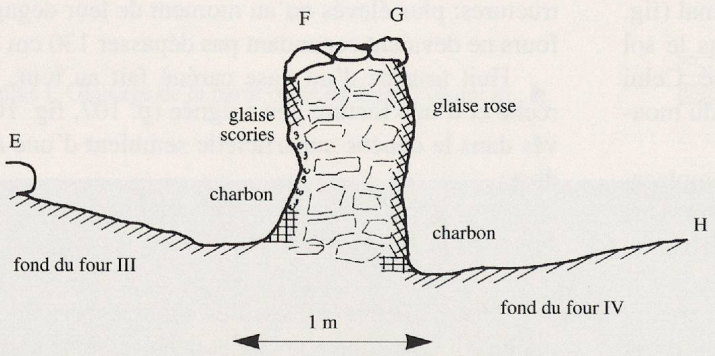
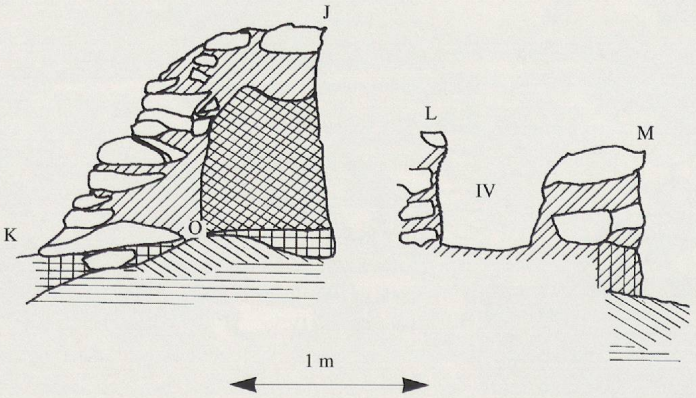


Fig. 93. Bellaires I. Profil des fours III et IV, selon EF et GH de la fig. 90.

l'ocre, puis au rouge brun. La paroi nord (fig. 92, coupe C et D) est couverte d'une double couche de scories de 10 à 15 cm, qui contient assez de fer réduit pour attirer l'aimant. L'intérieur du four IV, au contraire, est tapissé d'une glaise orange clair ou rose, très dure, peu scoriée. Le creuset était rempli de déchets de ce glaisage, tombés du gueulard (fig. 94). Les expérimentations de Gerhard Sperl à Vordernberg en 1978 et 79 ont montré que les parois du four s'encrassent quand la température n'y dépasse pas 1200°. Un four mieux ventilé, dont la température atteint 1270° est au contraire «autonettoyant». L'épaisseur de la couche de scorie résulte moins d'un long emploi que d'une chaleur insuffisante.

Le sol morainique, damé, sert de fond. Il est rougi profondément (20 cm environ). Du fait de la pente générale de la halde, le fond du four IV est établi à un niveau légèrement inférieur. Les creusets s'abaissent régulièrement en direction du pilier central (fig. 93); leur dénivellation totale atteint 20 cm.

Moins détériorés que les précédents, les fours III et IV ont conservé leurs portes, soutenues par des blocs volumineux, pesant de 100 à 200 kg chacun (fig. 91). Une plaque de gneiss de 97 cm de longueur sert de linteau à la porte III. La porte du four IV, effondrée, avait été construite en encorbellement, avec des pierres plus modestes.



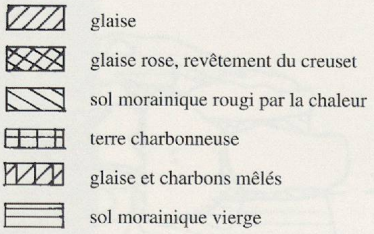


Fig. 94. Bellaires I. Four IV, coupes selon JK et LM de la fig. 90.

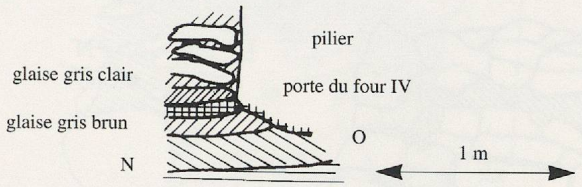


Fig. 95. Bellaires I. Pilier central des fours III et IV.

Comme dans le massif précédent, le four de gauche ne conserve aucun vestige d'une paroi latérale; celui de droite, que la base incertaine d'un mur arrondi.

Les fragments de tuyères qui pourraient être attribués à ces fours, retrouvés en aval parmi les scories, se rattachent au type conique.

A l'angle sud-ouest de III, une excavation ovale de 95/120 cm, remplie de terre de forge, rappelle l'emplacement d'un bloc calcaire. Si proche du four qu'il porte des traces de brûlures, ce bloc encombrait et la porte et la soufflerie latérale. Roulé au bas du talus par-dessus les fours IX et X, il gît sur la ligne C, altitude 619 du plan général de Bellaires I (fig. 41).

Une couche charbonneuse recouvre le sol sur lequel est bâti le four IV. Au-dessous, le gravier morainique est rougi profondément (20 cm.) Cette zone s'étend sur plus de trois mètres cinquante; elle est liée aux vestiges d'une exploitation antérieure, à laquelle appartient le four V entièrement démoli. Le C 14 date le four III de 510 ± 100 ap. J.-C.

Four VI (fig. 96-97)

Au nord-est de la halde, le fourneau VI, solitaire, mais parent des modèles jumelés, occupe une excavation de 5 m sur 3, due vraisemblablement à une extraction antérieure d'argile jaune (orange après cuisson).

Comme I à IV, le four VI (dimensions extérieures 190/140 cm) s'appuie contre un petit talus. Les parois en moellons sont elles aussi colmatées par de la glaise à l'intérieur du creuset, par de la terre ordinaire à l'extérieur. Leur épaisseur totale ne dépasse pas 50 cm. La paroi nord, rectiligne, haute encore de 55 cm, est recouverte d'une couche de scories vitrifiées (épaisseur 5 à 6 cm) sur une longueur de 95 cm. La paroi ouest, elle aussi scoriée, forme un arc de 45° et détermine une largeur de 50 cm.

Au fond, une dalle de 20/40 cm est encastrée dans une couche de glaise cuite grisâtre, très dure. Au-dessous, un triangle de marne rougie marque l'emplacement aussi bien du creuset que de la porte. La disparition de la paroi orientale rend incertaine toute reconstitution. Mais le foyer est à coup sûr très allongé (95/50 cm). Deux fragments de tuyères retrouvés, l'un à 3 m à l'ouest (B1700), l'autre à 3,5 m au sud (E7) se rattachent au modèle en entonnoir.

Dans la même couche archéologique que les fours I à IV, le four VI est construit selon le même canon, bien qu'il soit resté unique. Les nombreuses pierres gisant à l'est ont peut-être été récoltées en vue d'une sixième fournaise, jamais entreprise.

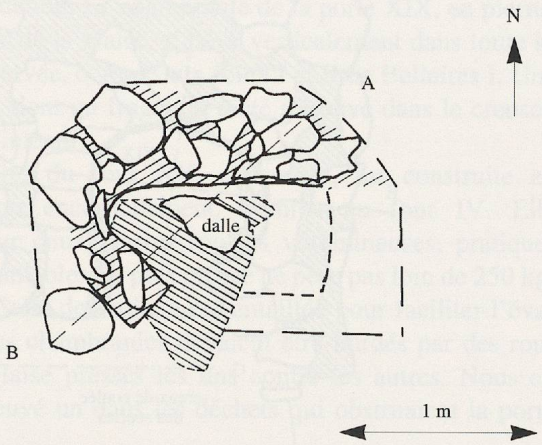


Fig. 96. Bellaires I. Plan du four VI.

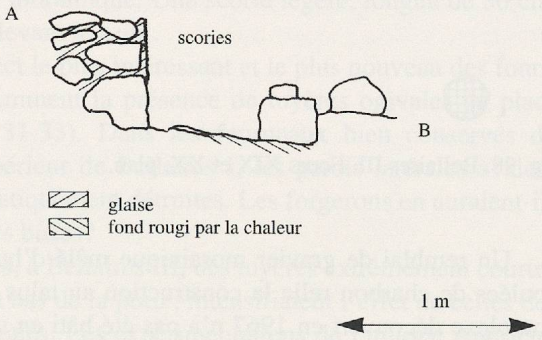


Fig. 97. Bellaires I. Four VI, profil selon AB.

Muret inachevé (fig. 41, lettre b)

En effet, à 2 m à l'ouest, un muret glaisé, long de 1 m, dessine apparemment la paroi arrière d'un fourneau. Placé en dessus de l'excavation, trop haut pour être accolé au VI, il a été abandonné.

Bellaires III

Fours XIX et XX (plan et coupes, fig. 98-102)

La campagne de fouilles de 1967 à Bellaires III éclaire les mises au jour des saisons précédentes.

A la limite amont du site, deux fourneaux (XIX et XX) apparaissent dans la couche superficielle. Ils sont élevés en pierres roulées dont quelques-unes portent des traces de feu dues à une utilisation antérieure; quelques tuileaux romains sont insérés entre elles. Plus long et plus large que les ensembles analogues de Bellaires I, ce massif, rectangulaire, mesure 400 sur 200 cm, et 100 à 120 cm de hauteur. Deux chênes *(quercus pubescens)* ont crû par-dessus et plongent chacun leurs racines dans un des creusets.

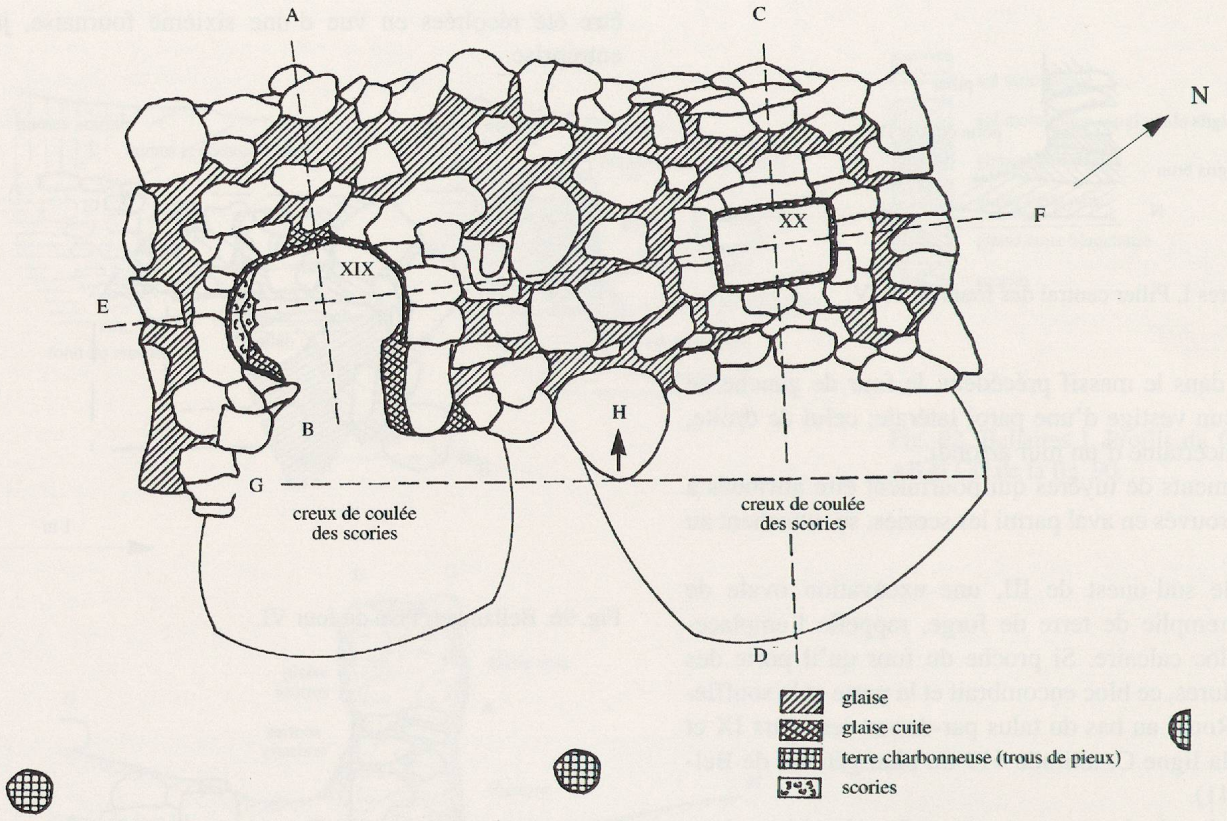


Fig. 98. Bellaires III. Fours XIX et XX, plan.

Un remblai de gravier morainique mêlé d'humus et de coulées de charbon relie la construction au talus amont. Le complexe découvert en 1967 n'a pas été bâti en une fois: la maçonnerie centrale, large de 150 cm, est faite de deux murs accolés; les deux fours ne sont pas identiques ni même symétriques. Les creusets sont moins allongés qu'à Bellaires I. Le fond de XIX, ellipsoïde, mesure 86/50 cm.

Le fond de XX est de 70/50 cm. Tous deux sont horizontaux. Tandis que XIX repose directement sur le sol naturel, rougi sur 15 cm de profondeur, la couche de glaise cuite qui forme le fond de XX recouvre une installation antérieure (couche charbonneuse mêlée de scories, et sol naturel rougi par le four XVIII). Il est de ce fait 14 cm plus haut (fig. 99, coupe E F).

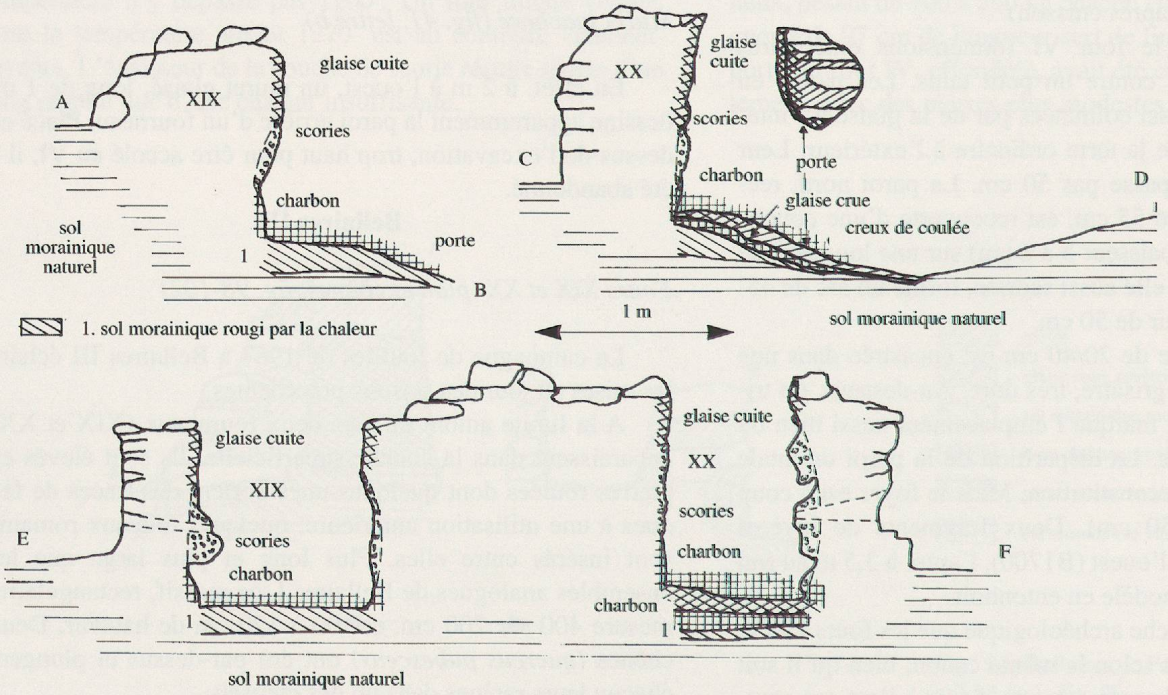


Fig. 99. Bellaires III, profils des fours XIX et XX, selon AB, CD et EF de la fig. 98.

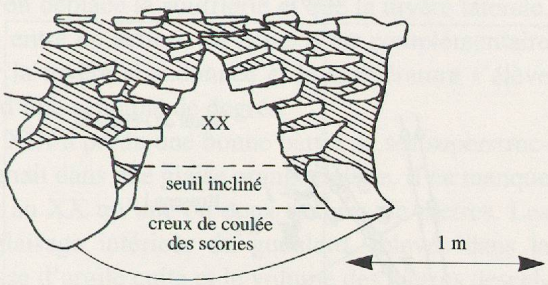


Fig. 100. Bellaires III. Four XX, porte en encorbellement.

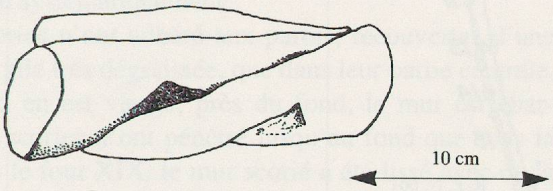


Fig. 101. Bellaires III. Glaisage en rouleau.

Les parois nord-ouest et de contre-vent du four XIX s'incurvent de 8 à 10 cm, celle de la tuyère de 3 cm. A 65 cm du fond, la cuve s'est rétrécie à 72/50 cm. Plus haut, elle s'élève verticalement.

Au four XX, mieux conservé, le bord de la cheminée rectangulaire surplombe la paroi nord-ouest de 12 cm. A l'inverse du four précédent, c'est la paroi de la tuyère qui s'incurve d'autant, tandis que celle de contre-vent le fait à peine (3 cm). Pour la superstructure disparue, aucun indice ne suggère un gueulard vertical.

Fait surprenant, au lieu d'être bâtis symétriquement, les deux foyers orientent vers le nord-est leurs plus fortes concavités. La tuyère latérale s'insère dans une paroi presque verticale à XIX, dans une paroi très concave à XX.

Les robustes portes des fours diffèrent elles aussi dans leur construction. Le chambranle de la porte XIX, en pierres scellées par de la glaise, s'élève verticalement dans toute sa partie conservée, comme aux fours I et II de Bellaires I. Une dalle plate, dont un fragment a été retrouvé dans le creuset, servait de linteau.

La porte du four XX, conservée, est construite au contraire en encorbellement, comme au four IV. Elle s'appuie sur deux pierres roulées volumineuses, pratiquement inébranlables (la plus grosse ne pèse pas loin de 250 kg; fig. 100). Celle de droite a été entaillée pour faciliter l'évacuation. Les chambranles devaient être bordés par des rouleaux de glaise pressés les uns contre les autres. Nous en avons retrouvé un dans les déchets qui obstruaient la porte (fig. 101).

La forte inclinaison du seuil (20°) chasse les scories dans une excavation de 110/145 cm à XIX, de 130/190 cm à XX; ces excavations, profondes de quelque 30 cm, sont creusées dans le sol morainique. Une scorie légère, longue de 30 cm, est restée devant le seuil.

L'aspect le plus intéressant et le plus nouveau des fours, c'est évidemment la présence de tuyères ogivales en place (voir fig. 31-33). Dans les fourneaux bien conservés du niveau supérieur de Bellaires I, les parois latérales avaient été systématiquement détruites. Les forgerons en auraient-ils récupéré les buses?

De plus, à Bellaires III, des tuyères extrêmement courtes insérées au bas de la porte, intensifiaient l'effet de celles des parois latérales. Les expérimentations de Philippe Andrieux à l'Archéodrome de Beaune, en 1983-84, dans un fourneau du type «Bellaires» révèlent l'utilité d'une ventilation à deux niveaux. Tant que la tuyère inférieure, placée dans la porte alimente seule le foyer, la température dépasse difficilement 1150°.

Fig. 102. Bellaires III. Les fours jumelés XIX et XX.

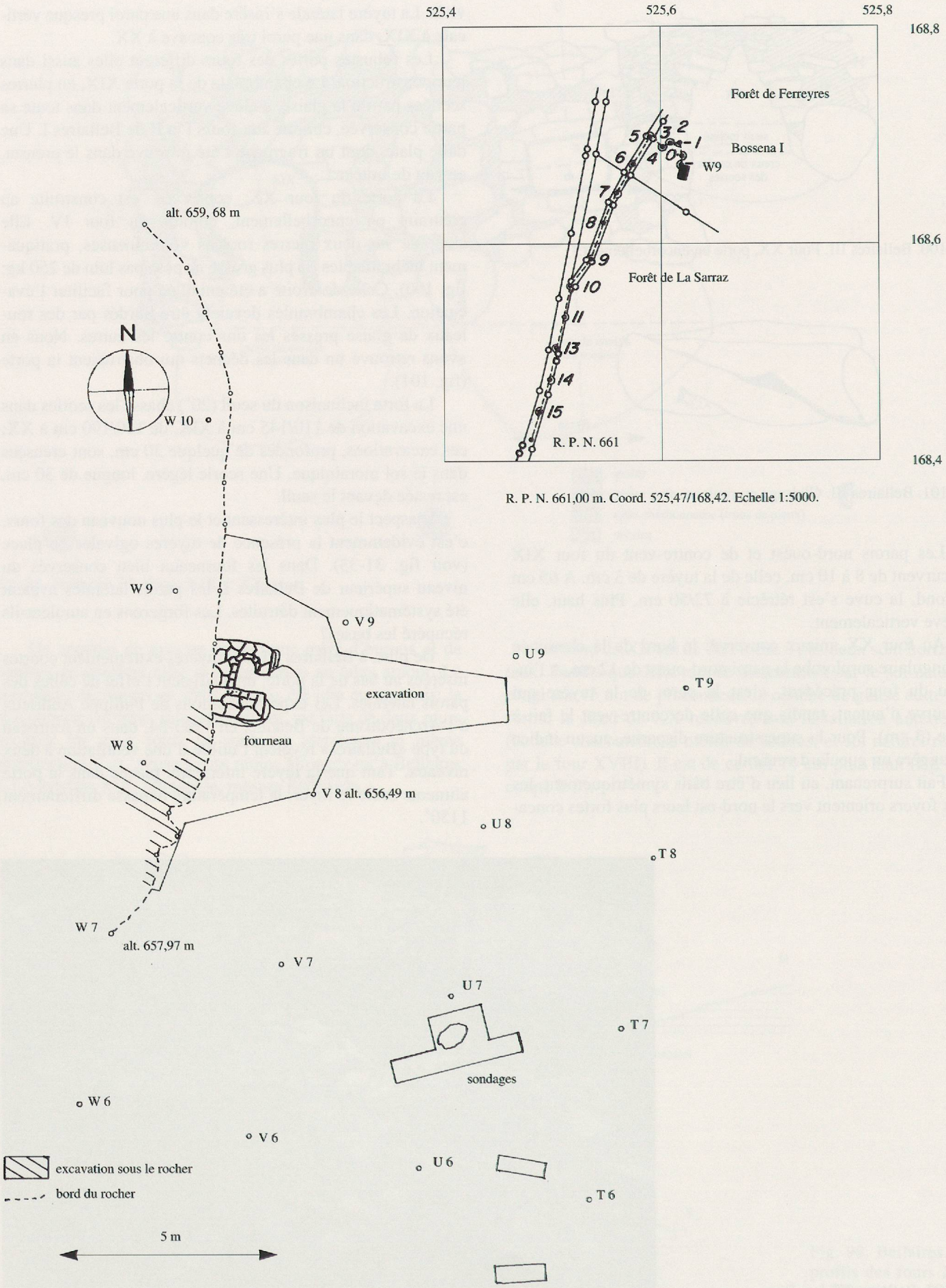


Fig. 103. Bossena I sur Ferreyres. Plan de situation, d'après le levé de Fernand Spertini, 25 juin 1968.

Dès qu'on déplace la soufflerie et que la tuyère latérale, plus élevée, entre en action, un appel d'air complémentaire s'établit par la tuyère abandonnée et la température s'élève rapidement d'une centaine de degrés.

Le four XIX a perdu une bonne partie de ses superstructures; il baignait dans une glaise orange délitée. Il ne manque au contraire au XX qu'une ou deux rangées de pierres. Les débris du glaisage intérieur du gueulard, relevés dans la cuve, la masse d'argile cuite et le volume des pierres descellées reconstitueraient un canal d'environ 30 cm de hauteur. Le four pouvait atteindre 130 cm.

Le revêtement intérieur, surtout dans la cheminée, contient quelques tuileaux romains. Mais ce matériau n'est pas employé systématiquement.

Les scories n'ont adhéré aux parois, recouvertes d'une couche d'argile très dégraissée, que dans leur partie centrale. Le gueulard en est vierge; près du fond, le mur est charbonné. Les scories n'ont pénétré jusqu'au fond que sous la porte. Dans le four XIX, le mur scorié a été lissé avec de la glaise (comme aux fours I, II, III, IX, etc.), pour permettre une nouvelle chauffe.

Trois trous de pieux, situés approximativement à une toise (2,90 m) l'un de l'autre, apprennent l'existence d'un abri sommaire devant les fours. Du fait de la pente, la toiture devait s'appuyer en amont directement sur le talus, où ne subsiste aucune trace d'implantation. Les nombreuses pierres jonchant le flanc sud-ouest de la terrasse, par-dessus la couche charbonneuse accumulée autour des fours, proviennent peut-être d'un mur protégeant des averses les plus fréquentes, celles du sud-ouest. Ni à Bellaires I, ni à Bellaires II, nous n'avons retrouvé l'indice d'une telle construction. Si quelque avant-toit ombrait les fours, il appuyait sa poutraison sur des dalles, ou il était simplement tendu entre les arbres, comme l'abri des fouilles!

La toiture au-dessus des fours de Bellaires III s'apparente à celle que Piero di Cosimo peignait vers 1500 derrière Vulcain et Eole[3]. Au XVIe siècle, Breughel de Velours place devant le célèbre haut fourneau de la galerie Doria-Pamphili un appentis rustique couvert de chaume[4]. C'est une installation tout aussi rudimentaire qui protégeait les forgerons des Bellaires.

A Bellaires III, un pavillon construit *in situ* a permis de préserver cet ensemble et de le présenter au public (Pelet, 1970a).

3. Piero di Cosimo (1462-1521), *Vulcain et Eole* (155,5/166 cm), Ottawa, Galerie nationale du Canada. Détail. – Vulcain forge un fer à cheval sur un feu de charbon à même le sol. Eole avive la flamme en comprimant deux outres, selon la technique hellénique. Derrière eux se dresse un auvent rustique qui abrite une masse sombre et basse, évocation d'un fourneau archaïque – mais peut-être de peu antérieur à Piero di Cosimo.

4. Jan Breughel, *Le Haut Fourneau*, Galerie Doria-Pamphili, Rome. – Devant la construction massive du fourneau, un appentis couvert de chaume protège la coulée de la fonte et le travail des forgerons.

Bossena I (fig. 103)

Four XXII (plan et coupes, fig. 104-114)

A la Bossena I sur Ferreyres (coord. 525,625/168,675), le fourneau s'adosse à un décrochement rocheux de calcaire urgonien (fig. 104, ligne gh) qui le surplombe de 220 cm. En dessus, aucun vestige archéologique: un humus vierge. Les forgerons ont abordé leur four par le bas. Il ne s'agissait donc pas d'un fourneau de grande dimension, dont le gueulard aurait atteint le haut du rocher, mais d'un modèle de petite taille.

Les vestiges en place forment une masse approximativement quadrangulaire, de 180 cm de côté et de 73 cm de hauteur conservée. A part quelques gneiss, quelques granits et quelques moellons de molasse, les murs sont construits en calcaire urgonien et en tuileaux romains. Pris sur place dans une couche qui se clive en dalles assez régulières, l'urgonien favorise une construction beaucoup plus élégante que celle de tous les autres fours dégagés. Les blocs qui forment les piliers de la porte ne sont pas simplement superposés en encorbellement comme dans les fours IV, XX ou XXIII.

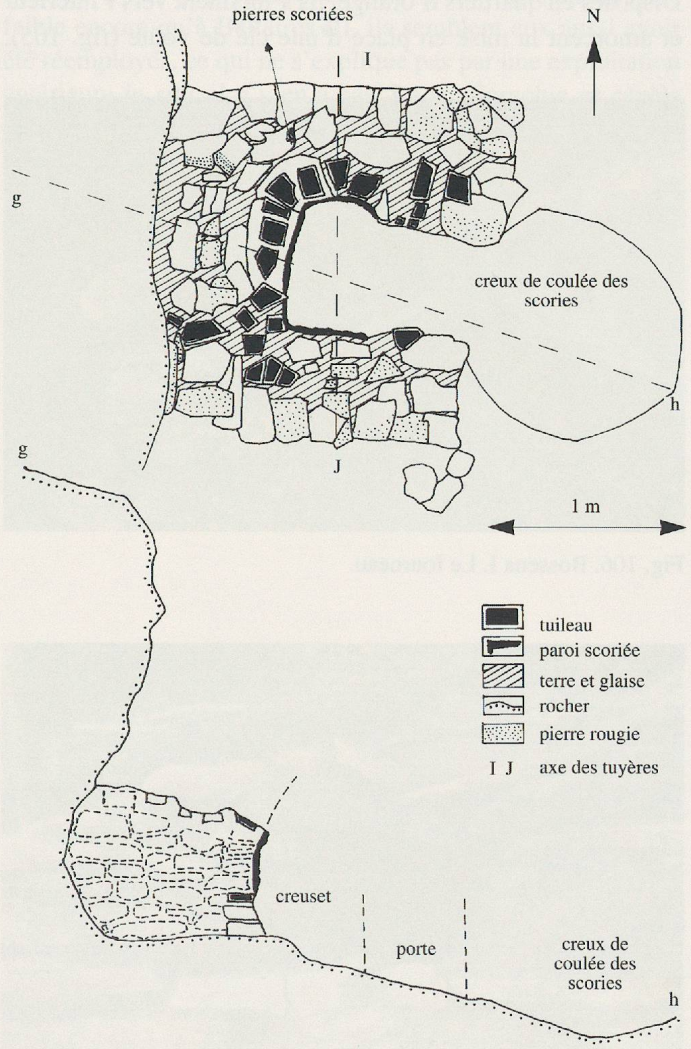


Fig. 104. Bossena I sur Ferreyres. Plan et coupe du four XXII.

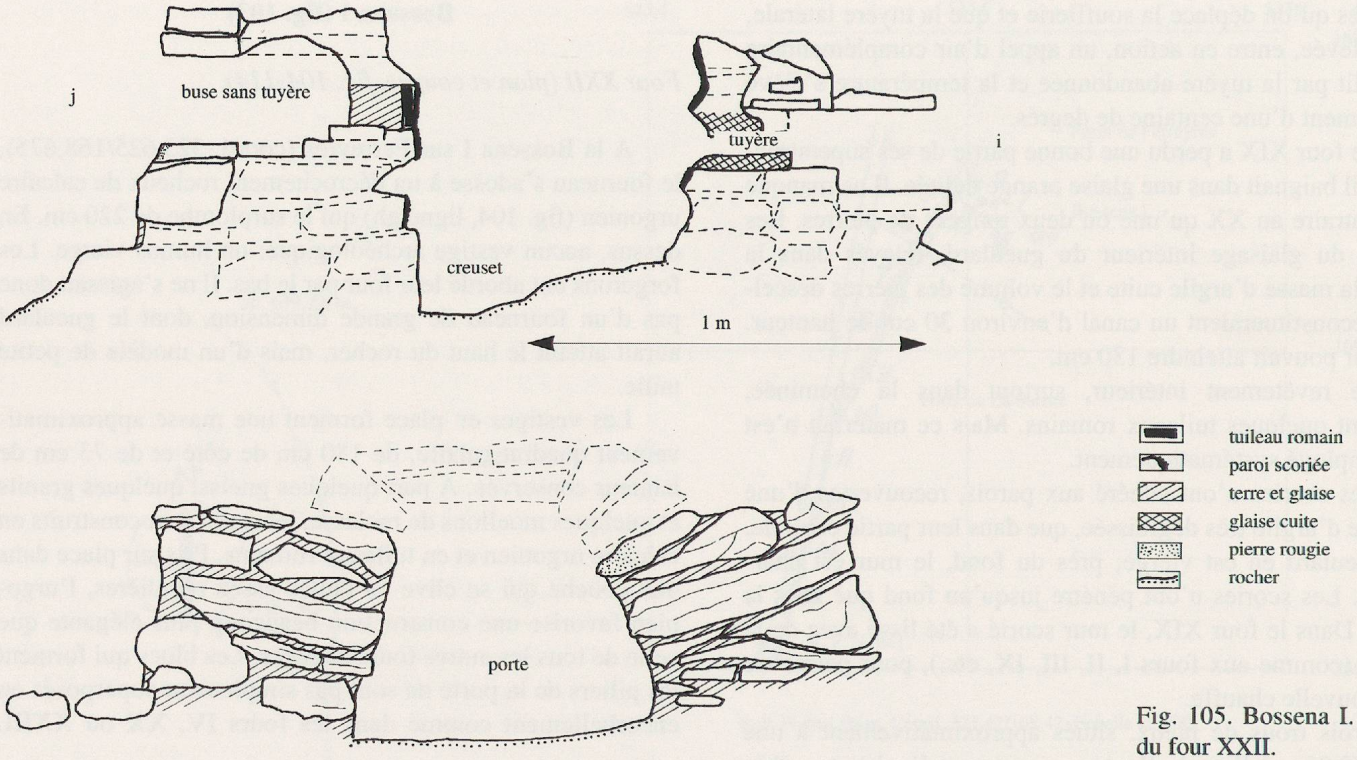


Fig. 105. Bossena I. Coupe du four XXII.

Disposés en quartiers d'orange, ils s'inclinent vers l'intérieur et amorcent la mise en place d'une clé de voûte (fig. 105).

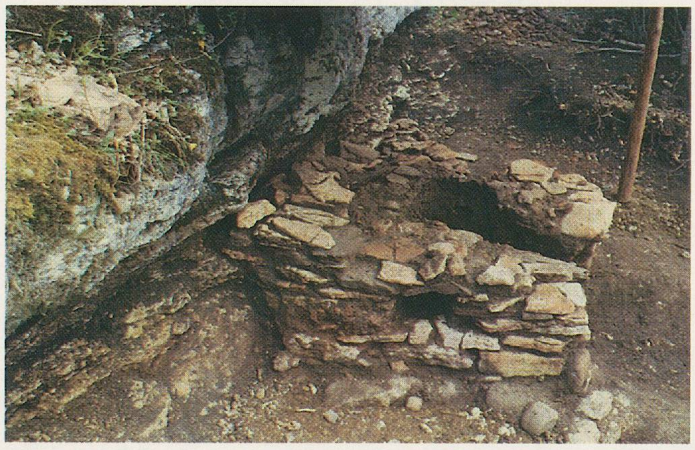


Fig. 106. Bossena I. Le fourneau.

Une partie des pierres provient d'un réemploi: moellon scorié scellé au cœur de la paroi, dalles rougies à l'extérieur, etc. Les tuileaux, nombreux, comblent les intervalles entre les blocs; ils revêtent le creuset, dont la base est cependant formée de gneiss et de molasse; le rocher naturel sert de fond. Il s'incline vers l'est-sud-est, ce qui détermine la position de la porte et du creux de coulée entaillé dans le calcaire.

Le creuset allongé, en trapèze irrégulier (fig. 110), comme XI et XII, atteint 58/40 cm. La cuve: 70/40 cm. La paroi sud en effet s'incurve de 12 cm environ à quelque 20 cm du fond. Celle de rustine (face à la porte), s'élève en esquissant un surplomb: la cuve allait en se rétrécissant d'une manière asymétrique, comme VII.

Alors qu'au four XXII la paroi de rustine, et celle du sud, ont une base approximativement rectiligne, celle du nord s'incurve fortement. Dimensions et disposition semblables à celles que nous avons constatées aux fours XIX et XX de Bellaires III. Comme dans la halde précédente, la

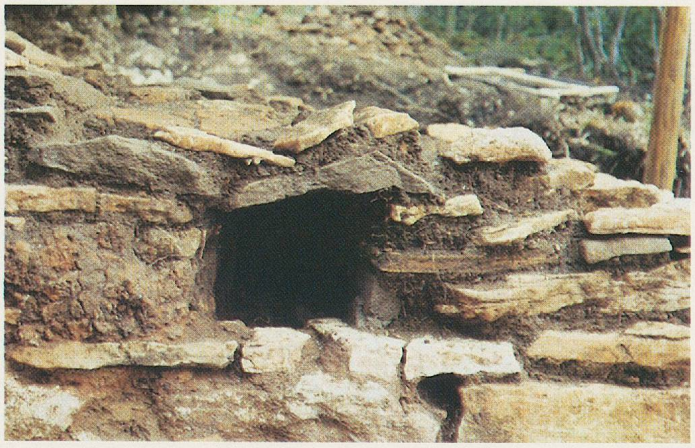


Fig. 107. Bossena I. Embrasure d'une tuyère latérale.

Fig. 108. Bossena I. L'angle méridional du four et la mine.

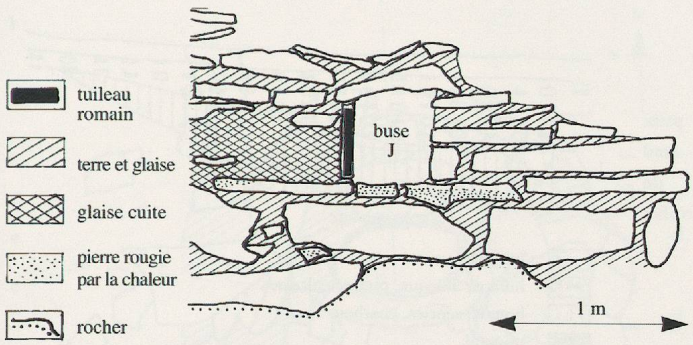


Fig. 109. Bossena I. Embrasure de la tuyère sud (J).

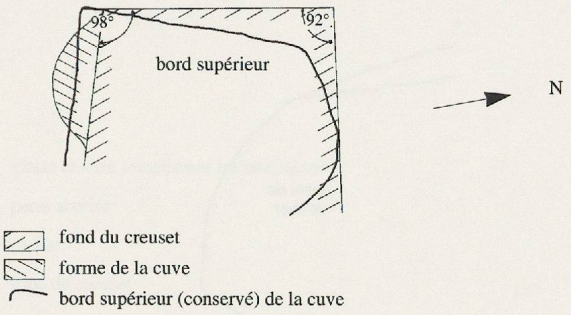


Fig. 110. Bossena I. Fond du creuset et forme de la cuve.

différenciation des côtés n'influe pas sur la distribution des tuyères; il en est prévu dans chacun d'eux.

Placé à 25 cm du fond, le manchon de glaise très siliceuse de la tuyère nord repose sur des dalles plates (pierres ou tuiles). Bien que le bec en ait disparu, le canal mesure encore 23 cm (Ø 4 cm environ). Il est incliné de 4°. Une embrasure quadrangulaire – passablement endommagée – de 35 cm de profondeur en assure l'accès.

Dans la paroi méridionale, cette embrasure, intacte, haute de 25 cm, large de 20, s'enfonce jusqu'à 45 cm dans la paroi. Elle est située 45 cm au-dessus du point le plus bas du creuset. Mais elle aboutit à un cul-de-sac: 13 cm de glaise compacte, puis un tuileau, la séparent du creuset. Ainsi les forgerons ont prévu deux tuyères latérales, mais ils n'en ont mis qu'une en service, la plus basse (fig. 105, 107, 109).

Les superstructures du fourneau devaient être élevées essentiellement en glaise et en tuile romaine. Devant la porte, leurs déchets s'étageaient sur 50 cm. Au total, 1416 tuileaux ont été relevés dans les tranchées. Par interpolation, l'ensemble de la halde doit en contenir plus de 5000. Ces tuileaux parfois scoriacés, mêlés aux vestiges du four, ne sont pas tombés de la toiture qui aurait pu l'abriter. D'une épaisseur moyenne de 24 mm, ils disposent d'une marge de tolérance (écart type) de 4 mm, comme à Bellaires III. 86% d'entre eux sont compris dans le secteur délimité par le nombre moyen (fig. 111). L'homogénéité statistique est l'indice d'une provenance unique. D'une dimension plus faible encore qu'à Bellaires III, ils semblent eux aussi avoir été réemployés, ce qui ne s'explique pas par une exploitation antérieure *in situ*: il n'y en a pas. La stratigraphie ne révèle qu'une seule couche archéologique (fig. 112-113, ligne ef et 114, ligne ab).

Les matériaux de construction auraient-ils été récoltés dans les ruines d'une autre halde, par exemple aux Petits-

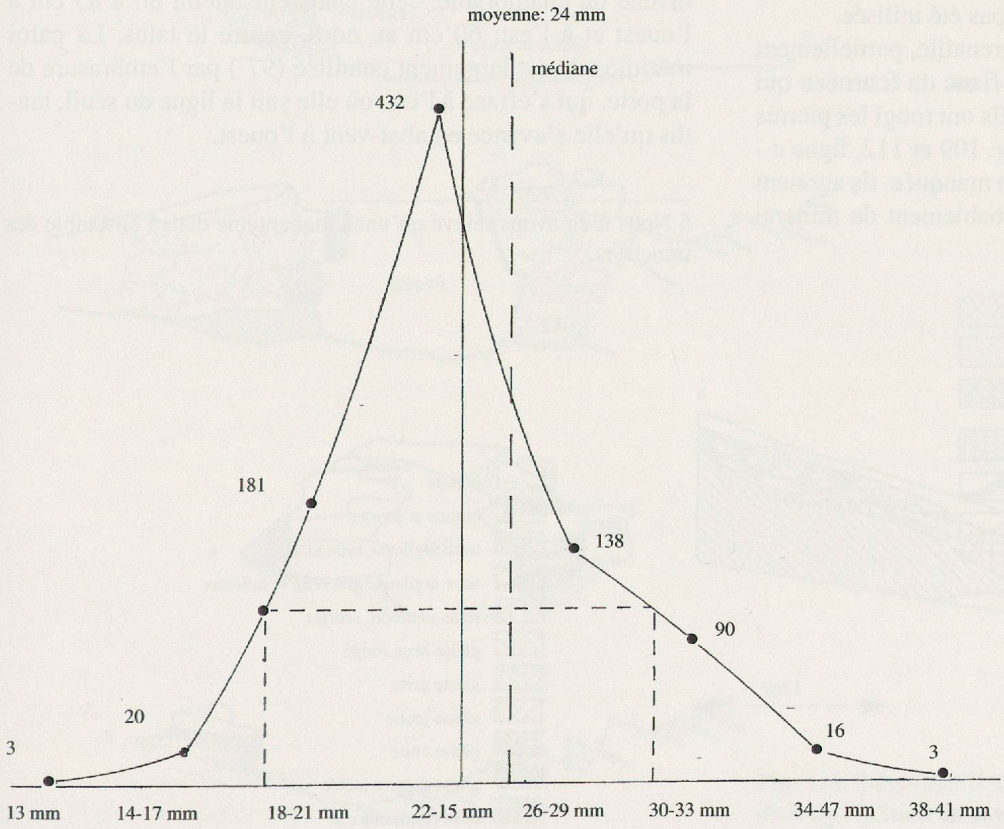


Fig. 111. Bossena I. Epaisseur des tuiles plates.

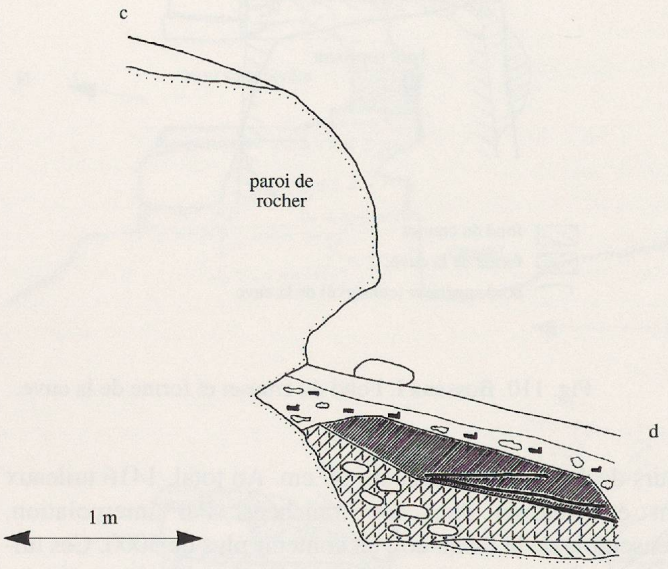


Fig.112. Bossena I . Coupe c d, 40 cm.au sud du foyer.

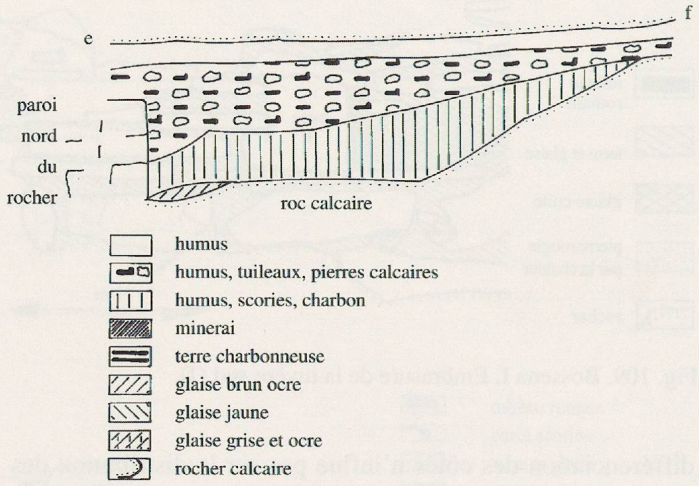


Fig. 113. Bossena I. Coupe e f, place de travail au nord du four.

Lacs III à 200 m au sud-est ou aux Petits-Lacs IV à 180 m au nord-est, deux exploitations beaucoup plus importantes (voir fig. 4), qui n'ont pas été fouillées?

Superposées en couches cimentées de glaise de 5 cm d'épaisseur, les tuiles permettraient de surélever les vestiges existants d'environ 50 cm (sous la forme d'un massif quadrangulaire, comme XIX et XX). Du fait que quelques pierres aussi ont été utilisées dans la superstructure, on peut penser que le four mesurait au minimum 120 cm.

Le fourneau de Bossena I a fonctionné assez longtemps pour laisser dans le terrain 30 à 40 m³ de scories. Il a été abandonné pourtant avant d'avoir épuisé toutes ses ressources: ainsi la tuyère supérieure n'a pas été utilisée.

Environ 150 litres de minerai en grenaille, partiellement réduit, ont été déposés brûlants sur le flanc du fourneau qui n'était pas encombré par la soufflerie. Ils ont rougi les pierres extérieures de la paroi méridionale (fig. 109 et 112, ligne c - d). S'ils avaient résulté d'une réduction manquée, ils auraient été évacués par la porte. Il s'agit probablement de minerai grillé déversé à portée de main.

Prins-Bois II

Four XXIII (plan et coupes, fig. 115-117)

La halde de Prins-Bois II (commune de Juriens) résulte d'un seul fourneau, encastré au point le plus élevé d'un petit talus orienté au sud (fig. 8). Contre le talus, le four a conservé une hauteur de 120 cm environ. Les autres parois se sont éboulées naturellement. On peut replacer exactement une série de pierres. Construit en gneiss et en granits, auxquels sont mêlés quelques blocs de calcaire et une vingtaine de tuileaux romains[5], le fourneau s'encastre de 80 cm dans le calcaire urgonien. Sa base forme une ellipse de 225 cm sur 200 environ. Les parois ont une épaisseur considérable: au niveau du chambranle, cette épaisseur atteint 80 à 85 cm à l'ouest et à l'est; 60 cm au nord, contre le talus. La paroi méridionale est largement entaillée (97°) par l'embrasure de la porte, qui s'efface à l'est, où elle suit la ligne du seuil, tandis qu'elle s'avance en abat-vent à l'ouest.

5 Nous n'en avons relevé qu'une cinquantaine dans l'ensemble des tranchées.

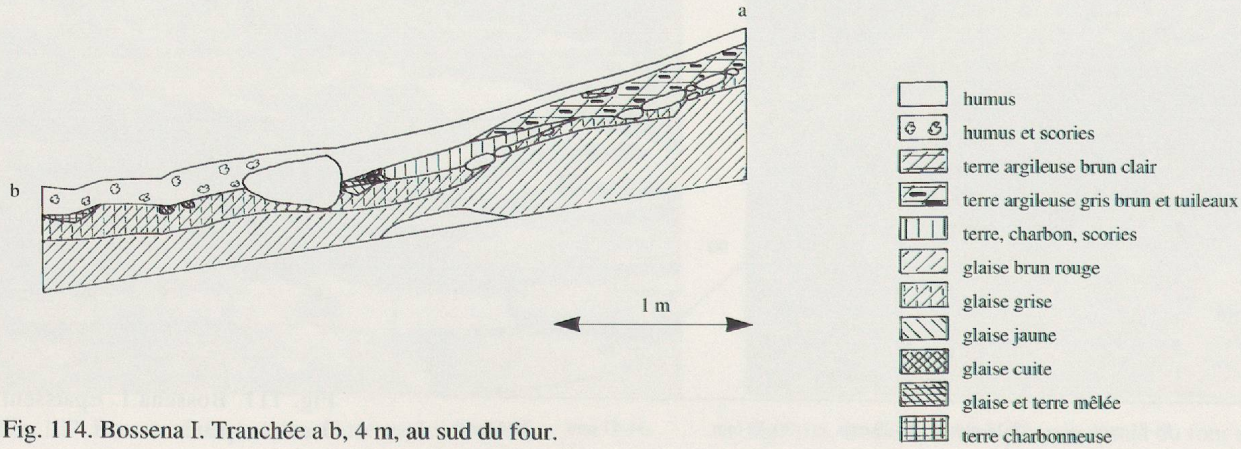


Fig. 114. Bossena I. Tranchée a b, 4 m, au sud du four.

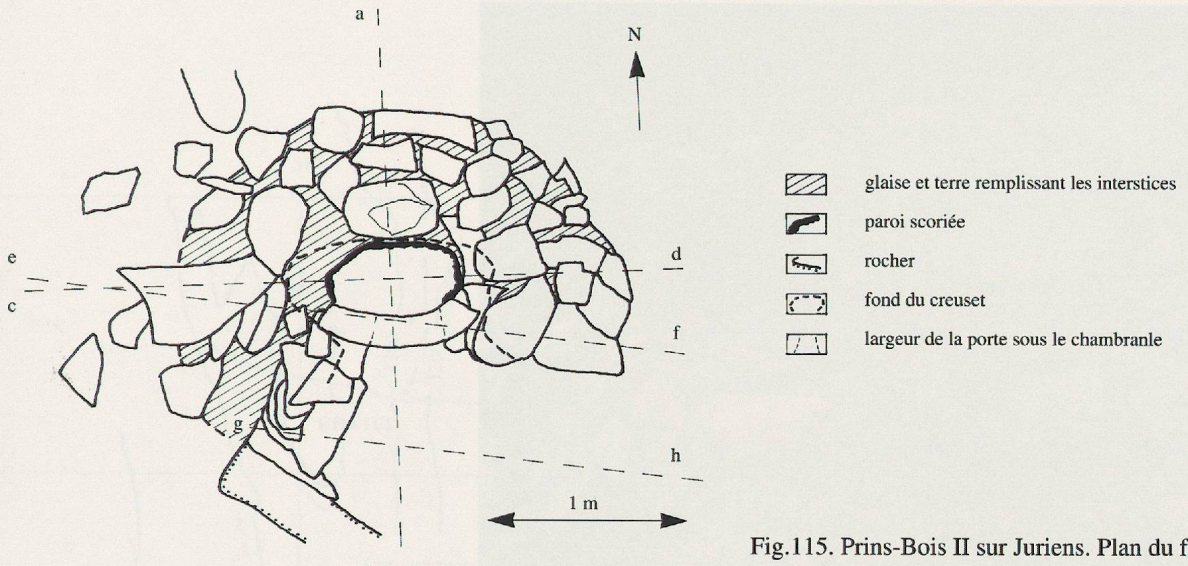


Fig.115. Prins-Bois II sur Juriens. Plan du four XXIII.

La porte elle-même est formée de gros gneiss disposés en encorbellement comme aux fours I et III de Bellaires I. Large de 70 cm à la base, la porte se rétrécit pour atteindre 30 cm sous le chambranle, qui est formé d'une dalle de gneiss de 78 cm de longueur. Cette dalle avait versé sur le bord ouest de l'embrasure. Le creuset, ellipsoïdal, atteint 105 cm sur 50 (40 cm après réfection). La cuve se rétrécit du côté de la porte et sur les flancs, tandis que la paroi nord, appuyée au talus, reste verticale. Cette architecture rappelle celle des fourneaux du niveau supérieur des Bellaires et de Bossena I.

A la hauteur du chambranle, la cuve n'a plus que 65/35 cm. Le gueulard, détruit, devait être plus étroit.

Le roc calcaire, calciné par la chaleur, sert de fond. Il descend en direction de la porte. Pour atteindre le niveau du seuil, le rocher a été entaillé à coups de pioches du côté est; il s'est détaché en escalier du fait du clivage naturel des couches calcaires (fig. 116, ligne gh, 117).

Aucune tuyère n'a été retrouvée dans les parois; un seul déchet (bec ovaloïde, Ø 4,5-5,5 cm) dans les tranchées d'approche. La soufflerie devait être placée dans la porte uni-

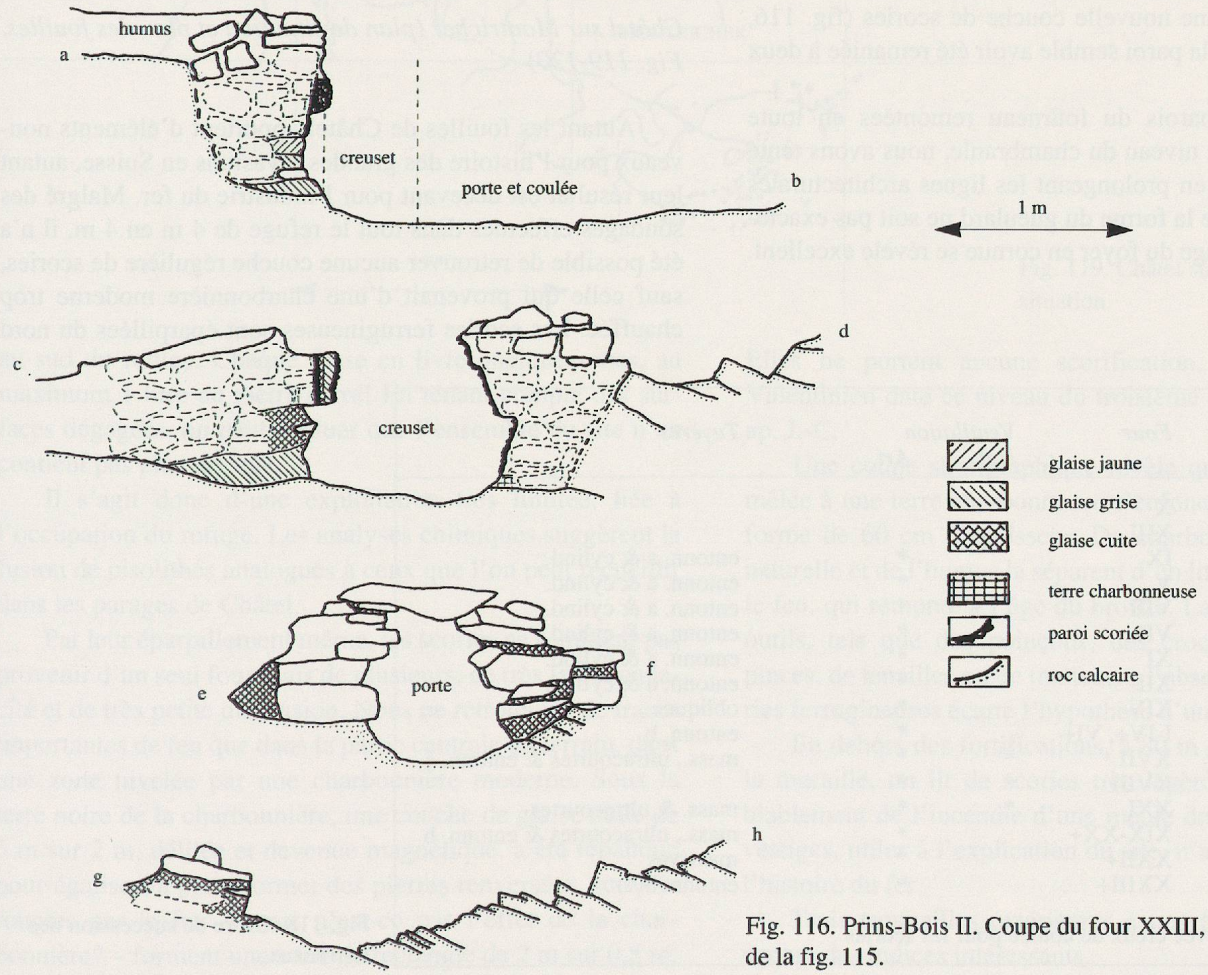


Fig. 116. Prins-Bois II. Coupe du four XXIII, selon a b, c d, e f, g h de la fig. 115.

Fig.117. Prins-Bois II. La porte du four et le creux de coulée entailllé dans les couches calcaires.

quement; elle était cependant assez puissante pour provoquer la formation d'une coulure de fonte de 22 cm de longueur pesant 405 g.

Le four a été restauré en cours d'exploitation: sur la paroi ouest, les scories se sont agglutinées d'abord au gneiss. Elles ont été reglaisées (couche rouge contre la scorie, grise à l'intérieur du four sous l'effet de la surchauffe). Des éclats de pierre, collés verticalement à la surface de la glaise grise, sont recouverts d'une nouvelle couche de scories (fig. 116, ligne cd). Au nord, la paroi semble avoir été remaniée à deux reprises.

Une fois les parois du fourneau remontées en toute exactitude jusqu'au niveau du chambranle, nous avons tenté une reconstitution, en prolongeant les lignes architecturales existantes. Bien que la forme du gueulard ne soit pas exactement connue, le tirage du foyer en cornue se révèle excellent.

L'ordre de succession des fourneaux

L'examen attentif de la stratigraphie des sites permet de fixer l'ordre de succession des fourneaux dans chacun des champs de fouilles (fig. 118).

Fourneaux arasés

Châtel sur Montricher (plan de situation et plan des fouilles, Fig. 119-120)

Autant les fouilles de Châtel apportent d'éléments nouveaux pour l'histoire des grandes invasions en Suisse, autant leur résultat est décevant pour l'industrie du fer. Malgré des sondages effectués dans tout le refuge de 4 m en 4 m, il n'a été possible de retrouver aucune couche régulière de scories, sauf celle qui provenait d'une charbonnière moderne trop chauffée. Les scories ferrugineuses sont éparpillées du nord

Site	*Niveau*	*Four*	*Ventilation*		*Tuyères*
			Nat.	*Art.*	
Bell.I	1a(W)	X	*		
	1b(E)	XIII	*		
	2	IX		*	entonn. a & cylind.
	3	V		*	entonn. a & cylind.
	4	VIII		*	entonn. a & cylind.
	5	VII		*	entonn. a & cylind.
	6	XI		*	entonn. a & cylind.
	7	XII		*	entonn. a & cylind.
	8	XIV		*	obliques
	9	I-IV+, VI+		*	entonn. b
Bell.II	unique	XVII	*	*	mass., ultracourtes & entonn. a
Bell.III	1	XVIII	*	*	
	1	XXI	*	*	mass. & ultracourtes
	2	XIX-XX+		*	mass., ultracourtes & entonn. b
Boss.I	unique	XXII+		*	massives
Pr.-B.II	unique	XXIII+		*	entonn. b(?)

N. B. + fourneau avec creux de coulée pour les scories

Fig, 118. Ordre de succession des fourneaux.

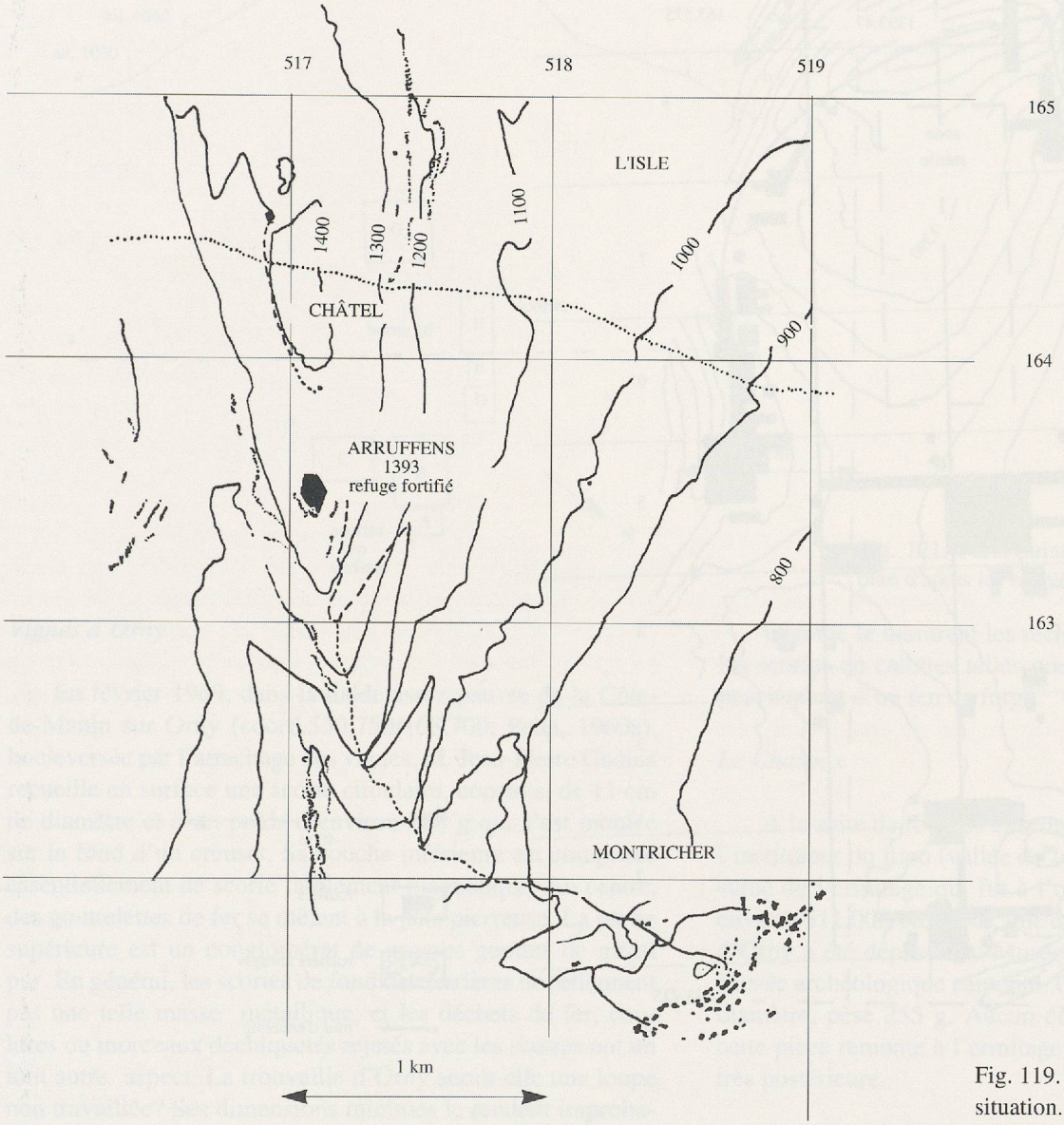


Fig. 119. Châtel sur Montricher. Plan de situation.

au sud du refuge. Chaque fosse en livre quelques-unes, au maximum 1 litre au mètre carré! En tenant compte des surfaces dégagées, on peut évaluer que l'ensemble du site n'en contient pas plus de 3m³.

Il s'agit donc d'une exploitation très limitée, liée à l'occupation du refuge. Les analyses chimiques suggèrent la fusion de pisolithes analogues à ceux que l'on peut recueillir dans les parages de Châtel.

Par leur éparpillement même, les scories ne semblent pas provenir d'un seul four mais de plusieurs, de très faible capacité et de très petite dimension. Nous ne retrouvons de traces importantes de feu que dans la partie centrale du terrain, dans une zone nivelée par une charbonnière moderne. Sous la terre noire de la charbonnière, une couche de glaise cuite de 5 m sur 2 m, délitée et devenue magnétique, a été répandue pour égaliser la plate-forme; des pierres renversées, souvent rougies par le feu – mais n'est-ce pas l'effet de la charbonnière? – forment une sorte de rectangle de 2 m sur 0,8 m. Elles ne portent aucune scorification. Une monnaie de Valentinien date ce niveau du troisième quart du IVe siècle ap. J.-C.

Une coupe stratigraphique révèle que la glaise délitée mêlée à une terre charbonneuse s'enfonce en une masse informe de 60 cm d'épaisseur. Du charbon, puis de la terre naturelle et de l'humus la séparent d'un lit de glaise rougi par le feu, qui remonte à l'âge du bronze. La présence de petits outils, tels que des poinçons, des crochets, l'absence de pinces, de tenailles ou de marteaux, l'absence surtout de scories ferrugineuses écarte l'hypothèse d'une forge.

En dehors des fortifications, à 80 m environ au nord de la muraille, un lit de scories très légères résulte vraisemblablement de l'incendie d'une meule de charbonniers. Ces vestiges, utiles à l'explication du site, n'apportent que peu à l'histoire du fer.

Trois trouvailles extérieures à nos fouilles fournissent encore des indices intéressants.

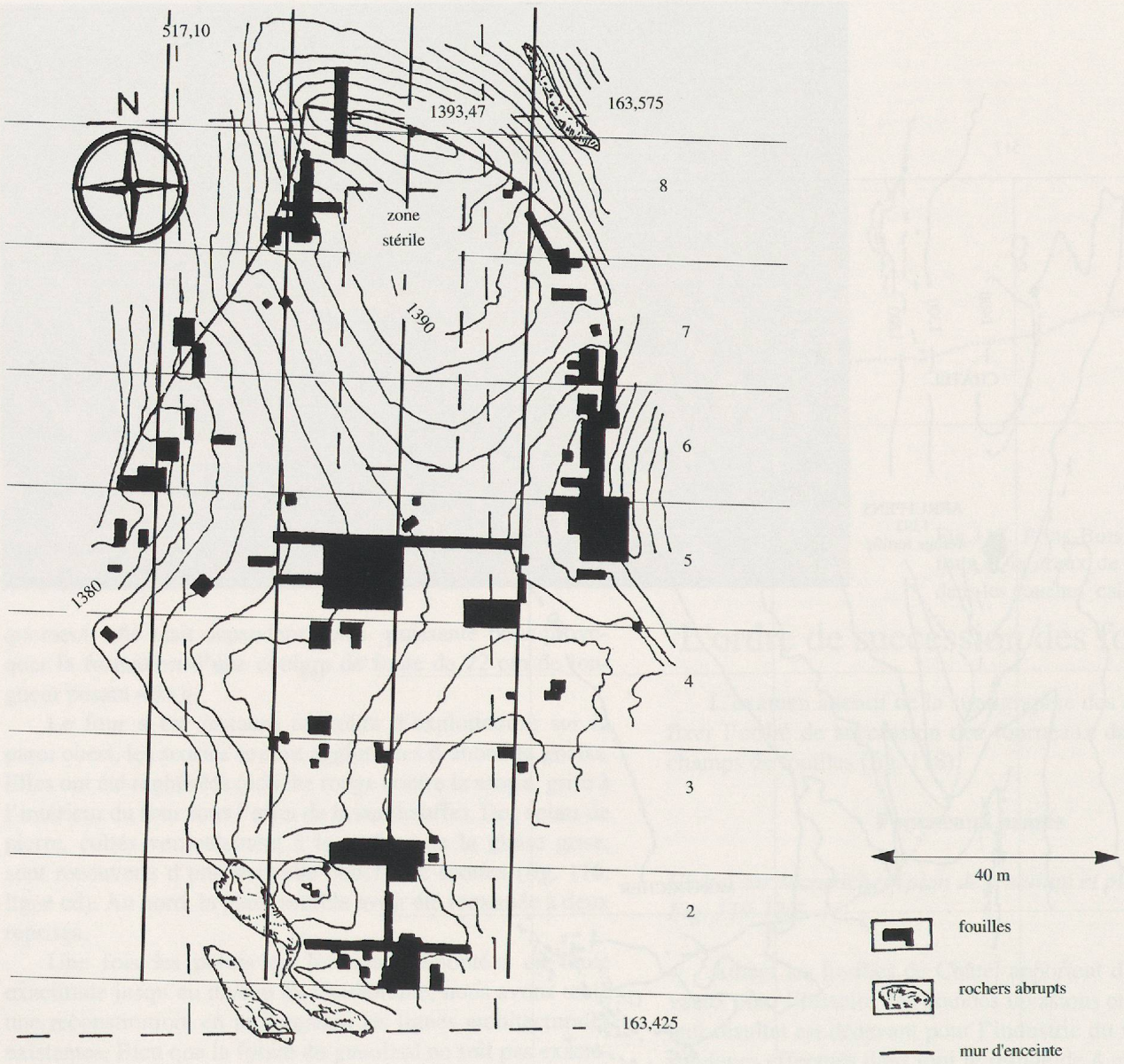


Fig. 120. Châtel sur Montricher. Plan des fouilles, d'après le levé stéréophotogrammétrique de MM. Gross et Luyet. Equidistance des courbes de niveau: 1 m.

Forel/Saint-André (profil et plan du site, fig. 121)

Sur l'arête boisée et abrupte qui domine de 400 m le village de Baulmes au sud-ouest (coord. 528,725/182,425), M. Gustave Ravussin relève en 1968, à 1060 m d'altitude, le plan de sept bâtiments dont les murs sont encore décelables. L'ensemble forme un quadrilatère d'environ 50 m sur 80 qui occupe toute la largeur du dos d'âne. Une vaste cour intérieure est déchirée par un creux profond, puits ou doline. La situation précaire de bâtiments confinés sur une arête étroite et stérile semble indiquer une époque d'insécurité; le petit volume des scories, une activité momentanée, une production destinée à la satisfaction de besoins immédiats.

Un sondage limité révèle la présence de tuiles romaines (épaisseur moyenne 23 mm). Au nord-est, des scories magnétiques sont relevées dans la couche superficielle, tandis qu'à l'angle nord-ouest du bâtiment F, un amoncellement de scories – une vingtaine de kilos – est mêlé aux restes du mur du côté extérieur, entre les racines d'un sapin renversé par le vent. Ces scories frappent par leur lourdeur et par l'abondance des sornes ou calottes, qui dessinent le fond d'un creuset d'environ 20 cm de diamètre. L'une d'elles a été extraite d'un coup de pioche.

Le revêtement intérieur du foyer était fait de tuileaux romains. Les recherches d'archéométrie sidérurgique de Vincent Serneels confirment que ces déchets peu abondants proviennent d'un foyer de forge et non d'une ferrière.

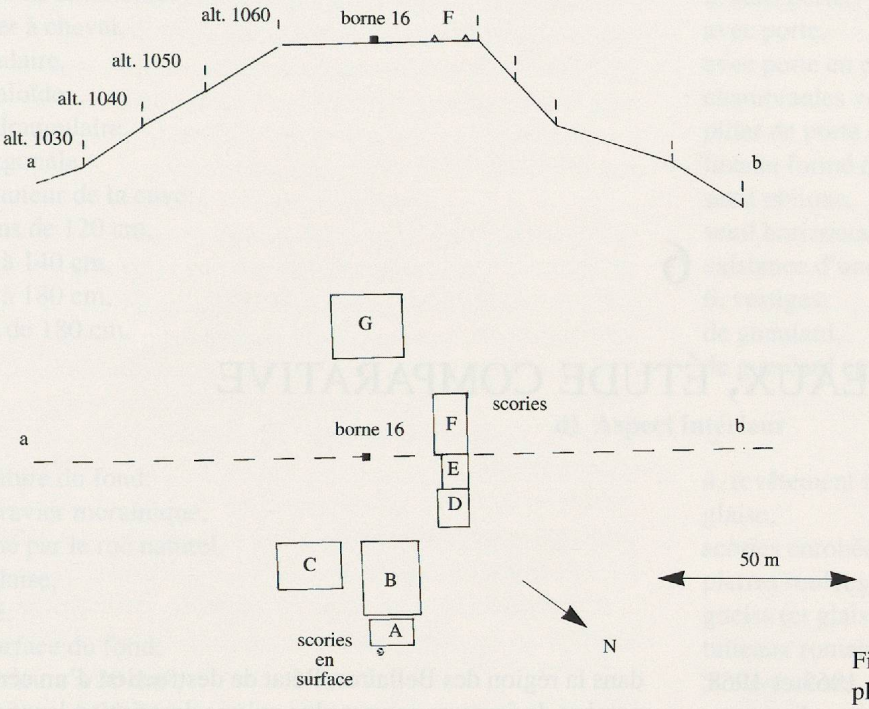


Fig. 121. Forel-Saint-André sur Baulmes. Profil et plan d'après les relevés de M. Gustave Ravussin.

Vignes d'Orny

En février 1969, dans la halde assez pauvre de la Côte-de-Manin sur Orny (coord.530,750/168,700; Pelet, 1960a), bouleversée par l'arrachage des vignes, M. Jean-Pierre Gadina recueille en surface une scorie circulaire, concave, de 11 cm de diamètre et d'un poids d'environ 388 g qui s'est moulée sur le fond d'un creuset. Sa couche inférieure est composée essentiellement de scorie faiblement magnétique. Au centre, des gouttelettes de fer se mêlent à la pâte pierreuse. La partie supérieure est un conglomérat de grosses gouttes de métal pur. En général, les scories de fond des ferrières ne retiennent pas une telle masse métallique; et les déchets de fer, coulures ou morceaux déchiquetés rejetés avec les scories ont un tout autre aspect. La trouvaille d'Orny serait-elle une loupe non travaillée? Ses dimensions minimes le rendent improbable: le fourneau le plus étroit relevé dans nos fouilles, le XIV de Bellaires I mesure 22 cm de diamètre au gueulard, 30 à 35 cm au fond.

Comme le montrent les recherches de Vincent Serneels, les scories en calottes telles que celle de la Côte-de-Manin proviennent d'un feu de forge.

Le Charoux

A la suite de fouilles exécutées au début de ce siècle par l'instituteur du Lieu (vallée de Joux) sur l'emplacement présumé de l'ermitage qui fut à l'origine de la localité (coord. environ 511,000/167,000), une calotte de fer analogue à celle d'Orny a été déposée au Musée scolaire du Sentier puis au Musée archéologique cantonal. Cette calotte mesure 9 cm de diamètre, pèse 255 g. Aucun élément ne permet de dire si cette pièce remonte à l'ermitage du Ve siècle ou à une forge très postérieure.