

<b>Zeitschrift:</b>	Helvetia archaeologica : Archäologie in der Schweiz = Archéologie en Suisse = Archeologia in Svizzera
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte
<b>Band:</b>	1 (1970)
<b>Heft:</b>	4
<b>Artikel:</b>	Sidérurgie antique au pied du Jura vaudois = Frühe Eisenschmelzöfen am Fuss des Waadtländer Jura = I primi forni di fusione per il ferro ai piedi del Giura vodesse
<b>Autor:</b>	Pelet, Paul-Louis
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1034385">https://doi.org/10.5169/seals-1034385</a>

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 07.12.2025

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

# Sidérurgie antique au pied du Jura vaudois

Paul-Louis Pelet

Le 12 juillet 1969, les représentants des autorités cantonales, communales, universitaires et des donateurs ont inauguré dans la forêt des Bellaires (commune de Romainmôtier, Vaud) le pavillon destiné à protéger *in situ* deux fourneaux à fer plus que millénaires.

Jumelés, ces deux fours forment une masse de 4 m de long sur deux de large. Leur élévation atteint encore 1,20 m. Lors de la découverte, un chêne poussait dans chaque cheminée et les racines s'infilaient dans la masse. Un dégagement minutieux a fait apparaître deux foyers dans un état de conservation peu ordinaire. L'un d'eux a gardé sa porte en encorbellement et sa cheminée presque entière. Fait rarissime, les tuyères (conduits pour la ventilation) sont en place dans les parois latérales, l'une intacte, l'autre obstruée par une coulée de scorie. L'ensemble méritait d'être maintenu intégralement.

Comme la masse pouvait être estimée à seize tonnes, l'enlever d'un bloc dans un coffrage de béton et l'évacuer sur 4 kilomètres de chemins forestiers ou secondaires peu résistants, la hisser ensuite dans une salle de musée assez grande pour l'accueillir et susceptible de supporter son poids, posait des problèmes dont la solution ne pouvait qu'être trop coûteuse. La transporter en pièces détachées? Il eût fallu tricher pour remonter des parois faites de pierres roulées cimentées par une argile entièrement délitée, ou simplement jointoyées avec de la terre végétale. La solution la moins onéreuse, la plus sûre, la plus scientifique aussi, consistait à protéger les fourneaux sur place, dans une forêt où poussent les essences mêmes que les maîtres de forges d'autrefois faisaient charbonner.

L'appui financier d'associations culturelles, Société académique vaudoise, Fonds du cinquantenaire de l'Ecole des hautes études commerciales de l'Université de Lausanne, et les subventions d'entreprises métallurgiques et mécaniques romandes et de l'Etat de Vaud ont permis de construire un pavillon capable de résister aux intempéries, à l'humidité, aux rongeurs... et aux promeneurs.

La dalle de béton inclinée qui sert de toiture repose sur des murs de ciment. La porte en fer sans battue peut résister aux mal intentionnés. Il fallait éviter que l'ensemble n'ait l'apparence peu esthétique d'un réservoir ou d'un transformateur! Un avant-toit soutenu par quatre colonnettes ombrage la façade principale. Enfin, pour que le pavillon s'intègre dans le paysage, il a été crépi dans le ton de la pierre locale.

Chacun doit pouvoir examiner les fours sans aller chercher une clé à plusieurs kilomètres, sans recourir à un lointain cicérone. Deux coupoles en polyester assurent un éclairage zénithal, éclairage renforcé par trois saignées de briques translucides dans la paroi principale. Trois petites fenêtres en verre sécurisé permettent de regarder à l'intérieur. Des panneaux explicatifs, préparés au Centre de recherches d'histoire économique et sociale de l'Ecole des sciences sociales et politiques de l'Université de Lausanne, apprennent au visiteur comment on fabriquait le fer avant l'invention du haut fourneau.

## La sidérurgie, une industrie profondément enracinée et pourtant méconnue

Dans l'opinion que les Vaudois se font de leur économie, l'agriculture prend encore une place prépondérante. Ils mésestiment souvent le rôle et l'importance de leurs activités industrielles, de celles du Jura en particulier. Elles sont pourtant profondément enracinées en terre vaudoise. Depuis une quinzaine d'années, des recherches historiques complétées par une série de fouilles ont révélé par exemple une très ancienne et très durable exploitation des minerais de fer locaux, au pied du Jura et dans le Jura même.

En 1860 déjà, le découvreur de la nécropole de Bel-Air, à Vernand près Lausanne, Frédéric-Louis Troyon (1815–1866) relevait la présence de scories dans le lit de la Venoge près de Lussery (Vaud), au milieu de tessons romains; il les mettait en relation avec le village de Ferreyres (villa Ferrieris en 1011), situé en amont. Mais cette découverte et les scories recueillies à Ferreyres même par le botaniste et paléontologue Charles-Théophile Gaudin (1822–1866) ne suscitaient aucune tentative de prospection. Le discrédit jeté – bien à tort – sur les fourneaux à fer du Jura bernois, attribués aux Celtes et aux Romains par Auguste Quicheret (1801–1882), détournait pour de longues années les archéologues de recherches aux résultats aussi contestés. En Suisse, c'est à partir de 1930, avec la mise au jour d'un fourneau archaïque près d'Arosa (Grisons) et surtout depuis les travaux très remarqués de Walter-Ulrich Guyan

*Bellaires III. Début des travaux archéologiques, avril 1967.*

*Das Ausgrabungsgelände im April 1967.*

*Il terreno degli scavi nell'aprile 1967.*

*Photo: P.-L. Pelet*

Les archives vaudoises, qui mentionnent dès la fin du XIII<sup>e</sup> siècle des «ferrières» puis des hauts fourneaux à Vallorbe, aux Clées, à Baulmes, à Clarens-sur-Vich, à la Vallée de Joux, à Sainte-Croix, ne relèvent aucune exploitation au pied du Jura, entre les cours de la Venoge et du Nozon.

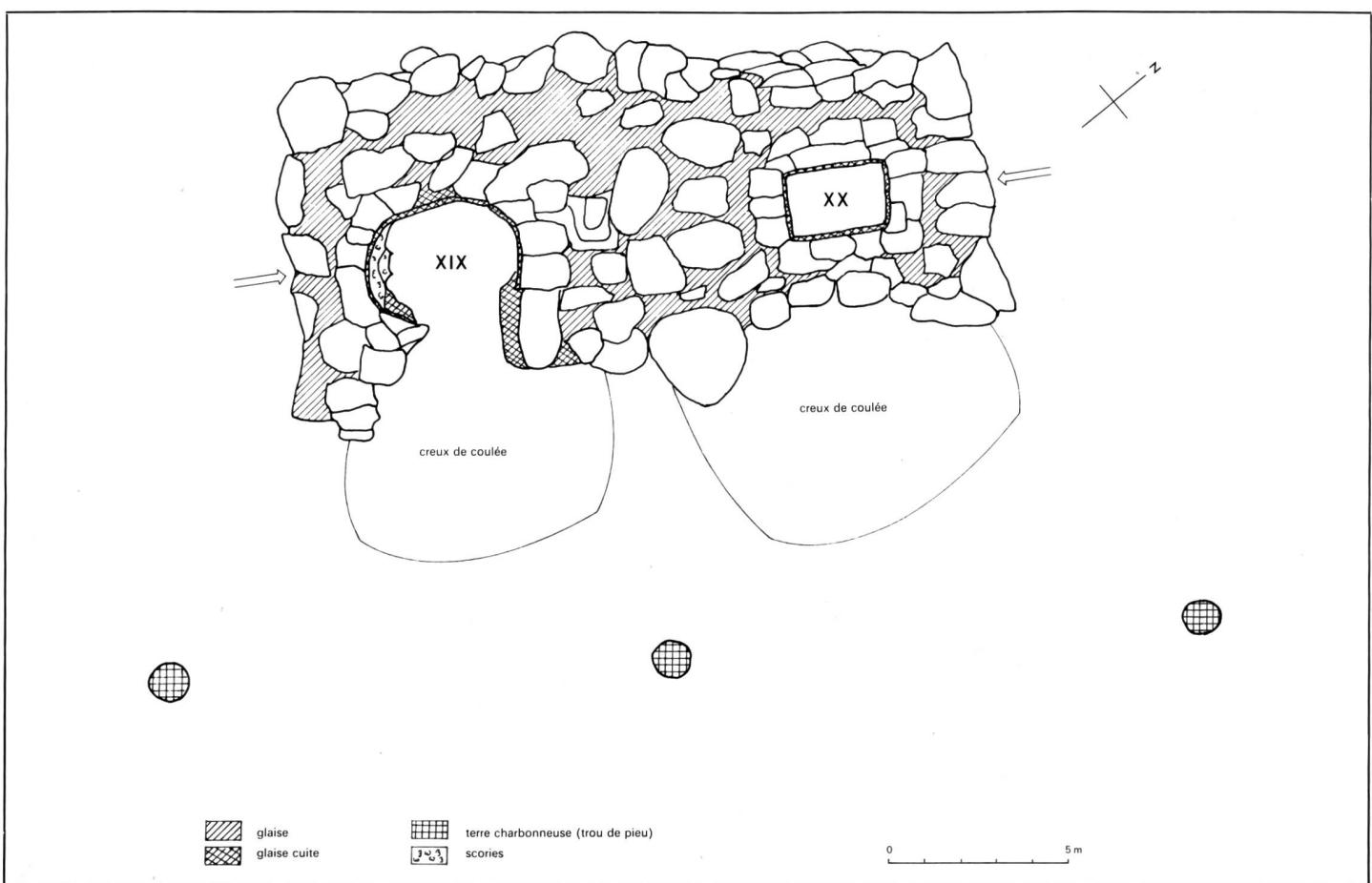
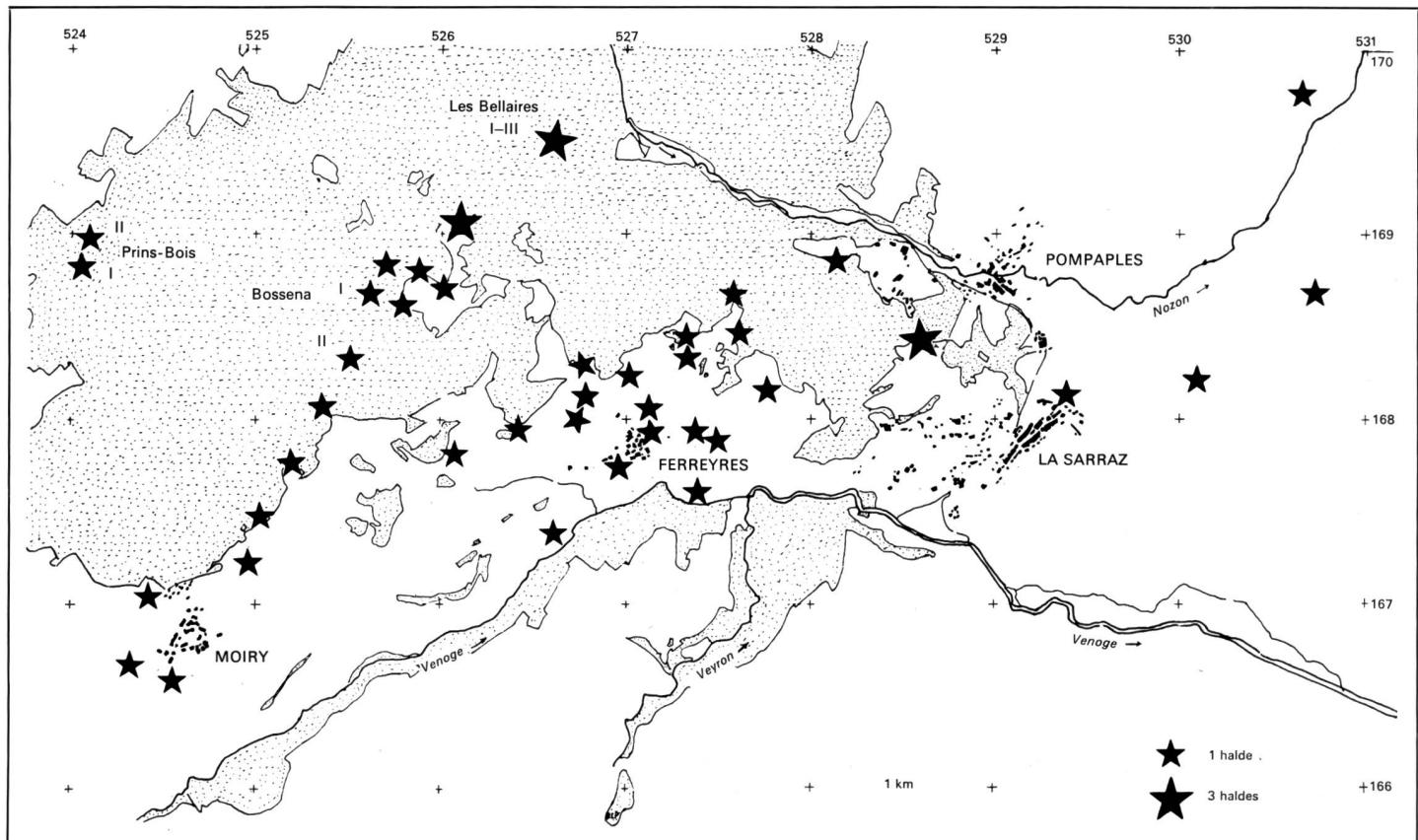
### Premières fouilles

Les premières fouilles, effectuées en 1959–60 à Prins-Bois I, dégagent 24 fourneaux à fer médiocrement construits et mal conservés. Le carbone 14 date l'un d'eux de  $260 \pm 100$



sur la région schaffhousoise, que l'on s'intéresse à nouveau aux vestiges des industries du fer antiques ou médiévales. En 1954, la construction d'un chemin fait découvrir à l'ingénieur Pierre Decollogny, inspecteur forestier de l'arrondissement d'Orbe, plusieurs tas de scories dans la forêt des Prins-Bois (commune de Juriens, Vaud). Des analyses effectuées par les laboratoires de Sulzer frères S.A. à Winterthour prouvent que ces scories proviennent d'une réduction de minerai de fer dans des installations primitives. Une enquête révèle l'existence d'une quinzaine de haldes analogues dans les communes avoisinantes.

après J.-C. Les lacunes des archives s'expliquent: cette sidérurgie est romaine. Cette première découverte pose plus de problèmes qu'elle n'en résout: les fourneaux dégagés à Prins-Bois ou ailleurs se succèdent-ils à bref intervalle, d'année en année par exemple, jusqu'à épuisement du charbon de bois, ou de génération en génération, après la recrue de la forêt? L'industrie du fer a-t-elle flori uniquement à l'époque romaine? Est-elle concentrée dans un secteur restreint ou répandue largement au pied du Jura? Est-elle l'œuvre occasionnelle de paysans fabriquant du fer pour leurs besoins familiaux ou pour le



*Carte des environs de Ferreyres avec les haldes constatées.*  
*Karte der Umgebung von Ferreyres mit den festgestellten Schlackenhalden.*  
*Piantina dei dintorni di Ferreyres con i depositi di scorie scoperti.*  
1:40 000.

*Plan des fours jumelés XIX et XX de Bellaires III.*  
*Grundriss der Zwillings-Eisenöfen XIX und XX von Bellaires III.*  
*Pianta dei forni accoppiati XIX e XX di Bellaires III.*

1:40.

compte du grand propriétaire foncier dont ils dépendent ? Retrouverait-on les vestiges d'une exploitation systématique due au grand capitalisme romain ?

Pour répondre à quelques-unes de ces questions, la prospection se poursuit à travers les mille hectares de forêts qu'encadrent la Venoge et le Nozon. La Carte nationale définit comme zone forestière de vastes surfaces, où, aux chênes nains (*quercus pubescens*) se mêlent les buis, les alisiers, les genévrier, les prunelliers, les aubépines, les ronces et les églantiers. Ces halliers, presque impénétrables, sont parsemés de petits marais recherchés par les sangliers et de clairières stériles où affleure le calcaire (urgonien, hauterivien), et qu'affectionnent les vipères... Le promeneur qui s'y aventure – sans apercevoir d'ailleurs le moindre animal – se croit transporté dans une forêt ruinée des bords méditerranéens. Comme dans le Midi en effet, ces bois ont été exploités d'une manière excessive, par les forgerons d'abord qui y ont multiplié leurs exploitations, puis par les tanneurs, qui y ont maintenu des coupes rapprochées (tous les 25 ans) pour s'approvisionner en écorce de chêne. Sur ces terrains difficiles, la prospection n'est pas achevée, mais une cinquantaine de haldes ont été repérées déjà dans un rayon de 5 km autour de Ferreyres, et deux autres à plus longue distance (10 à 15 km), ce qui étend le bassin sidérurgique sur quelque 25 km. L'industrie du fer y fut donc passablement répandue et active (voir carte).

## Les Bellaires

De 1963 à 1968, des fouilles systématiques sont entreprises dans la forêt des Bellaires, sur des parcelles appartenant aux communes d'Arnex (Bellaires I) et de Croy (Bellaires II et III); elles sont subsidiées au début par la Société académique vaudoise et l'Etat de Vaud, puis par le Fonds national suisse de la recherche scientifique.

Les scories affleurent aux flancs de deux vallons et jonchent le sol sur près de 800 m<sup>2</sup> (Bellaires I), 400 m<sup>2</sup> (Bellaires II), 500 m<sup>2</sup> (Bellaires III). Malgré l'inconvénient des souches et les dégâts causés par une exploitation forestière qui s'y poursuit depuis plus d'un millénaire, il subsiste plus de chance de retrouver en forêt des vestiges relativement bien conservés que dans les haldes repérées au milieu des champs cultivés, au sol peu profond, qui environnent Ferreyres.

A Bellaires I, seize fourneaux, totalement différents de ceux de Prins-Bois I, proviennent d'au moins neuf exploitations successives, tantôt juxtaposées sur le terrain, tantôt superposées. Le forgeron qui se réinstalle sur une ancienne halde profite du sol meuble et drainé par les lits de scories. Mais il en aplani la surface, il la débarrasse des vestiges antérieurs gênants. Parfois, il creuse jusqu'à ce qu'il atteigne un fond suffisamment solide pour planter son four. Il en résulte au milieu du terrain un remembrement, et dans le bas une inversion des couches qui laissent souvent perplexes (figure p. 95). Dans la pratique, les rejets, passablement mélangés, ne sont pas aussi distincts que dans notre schéma, et les fours ne se superposent pas tous aussi exactement ! Les niveaux archéologiques sont formés principalement de scories et de déchets de glaïage. Les trop rares tessons de céramique, de fabrication locale, peu typiques n'apportent que des indices chronologiques incertains. Les monnaies sont plus exceptionnelles encore. Les forgerons n'en manipulent pas autour des fourneaux. La seule que l'on ait retrouvée, à Bellaires I, un *dupondius* d'Hadrien (125–128 après J.-C.) a été perdue en dessus de la zone de travail; elle ne permet pas de dater un niveau d'exploitation précis.

Les résidus industriels peuvent-ils nous en apprendre davantage ? Les fourneaux archaïques à fondre le fer se divisent en deux groupes fondamentaux :

1. Les fours à ventilation naturelle, comme ceux découverts par Quiquerez dans le Jura bernois. Dans le Siegerland (Rhénanie du Nord-Westphalie), ils apparaissent dès l'époque de La Tène. Leur hauteur, 200 à 250 cm, assure un tirage vif, et par là une chaleur suffisante.

2. Les fours ventilés par des soufflets, qui peuvent se contenter de plus faibles dimensions (80 à 140 cm de hauteur); ils apparaissent à la fin de l'époque de La Tène et sont encore utilisés longtemps après la découverte des souffleries à roue hydraulique et des hauts fourneaux.

Les fourneaux du premier type donnent en moyenne des scories plus compactes, en grappes, lourdes, contenant une très forte proportion de fer (40 à 60%). Ceux à ventilation artificielle ont en général des scories plus légères, percées de davantage de bulles, et d'une teneur

moins forte en fer (30 à 50%). Cependant, ces données restent très théoriques: qu'un four à tirage naturel utilise un minerai très fusible, par exemple un sidérolithique hyperacide du pied du Jura, ses scories sont moins riches en fer. Qu'un fourneau à soufflets ait souffert momentanément d'une obstruction de ses tuyères, les scories prennent l'apparence pâteuse du type I (cas de Bellaires II). Extraites des mêmes minerais, fondues par les mêmes charbons de bois, dans des conditions techniques analogues, les couches de scories des Bellaires se distinguent assez peu les unes des autres. Les analyses chimiques ne révèlent pas d'évolution significative.

*Bellaires III. Les fours XIX et XX lors de leur dégagement.*

*Die Eisenöfen XIX und XX während der Ausgrabung.*

*I forni XIX e XX durante i lavori di scavo.*

*Photo: P.-L. Pelet.*

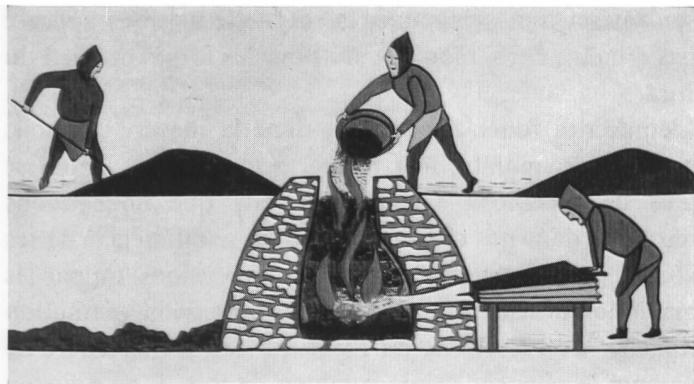


Plus que l'aspect des scories ou leur teneur en fer, la présence de fragments de tuyères parmi les déchets prouve l'emploi d'une ventilation artificielle. Jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, des tuyères de glaise mettent le bec du soufflet en relation avec le creuset. On admet en général que les plus archaïques ont un conduit large (jusqu'à 5 cm), les plus récentes un conduit plus fin (au minimum 2,5 cm) qui assure un vent plus violent, plus efficace.

Les tuyères abondent aux Bellaires. Mais il n'est pas toujours aisé de déterminer de quel fourneau elles proviennent. Nous n'en pouvons attribuer aucune aux fours

X et XIII, les plus anciens, les plus démolis de Bellaires I. Le C.14 fait d'ailleurs remonter le premier à  $350 \pm 80$  avant J.-C., donc avant l'emploi des soufflets en sidérurgie celtique. Le second date de  $30 \pm 80$  après J.-C. La ventilation artificielle en usage dans le Siegerland, ne semble pas connue à cette date dans le Jura bernois.

Les quatorze autres fourneaux ont disposé d'une soufflerie. Nous constatons que les forgerons ont utilisé simultanément deux modèles de tuyères, les unes en forme d'entonnoir, probablement adaptées à une buse traversant la paroi du four; d'autres cylindriques ou formant un cône



*Bellaires III. Four XVIII. La tuyère, photographiée depuis le creuset.*

*Diamètre de la tuyère 42 mm.*

*Rest der Düse für den Blasbalg. Durchmesser 42 mm.*

*Resti di un ugello per il mantice. Diametro 42 mm.*

*Photo: P.-L. Pelet.*

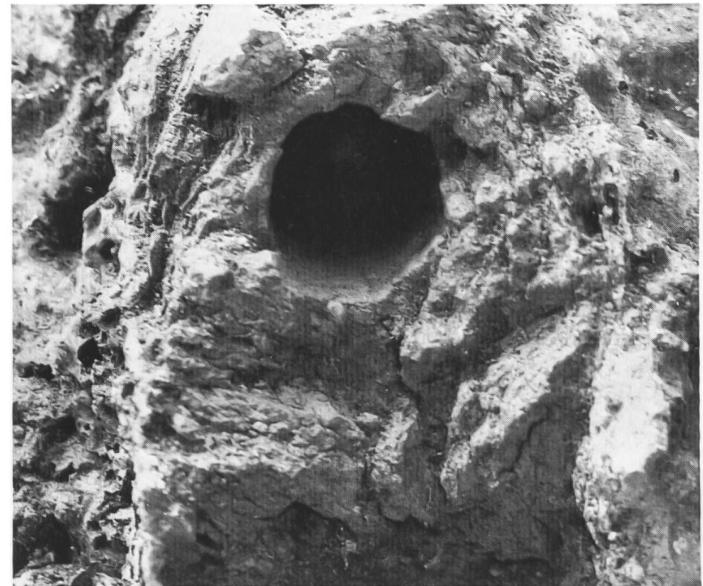


*Bellaires I. Vestiges de deux fourneaux superposés XI et XII.*

*Bellaires I. Ruine der übereinanderliegenden Eisenöfen XI und XII.*

*Bellaires I. Rovine dei forni sovrapposti XI e XII.*

*Photo: P.-L. Pelet.*



très court (5 à 8 cm) placées sans doute dans la porte. À Bellaires I, de la 3<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> exploitation, le diamètre des tuyères oscille autour de 39 mm, quel que soit leur type; à Bellaires II, entre 32 et 36 mm. La 7<sup>e</sup> forge de Bellaires I, postérieure, livre deux tuyères cylindriques dont le diamètre minimal s'abaisse à 25 mm. Peut-on en déduire un perfectionnement progressif de la soufflerie? Les exploitations supérieures, aussi bien de Bellaires I, (8<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> niveaux) que les fours protégés de Bellaires III, utilisent des tuyères nettement plus larges: 4,2 cm, ou davantage lorsqu'elles ont un conduit ovale. Ce perfectionnement de la soufflerie se perd donc probablement au cours du V<sup>e</sup> siècle.

La ventilation révèle encore un autre aspect, inédit, de la technique architecturale des maîtres de forges. L'unique fourneau de la Bossena I, dégagé en 1968, prévoit deux tuyères latérales. Mais l'embrasure de gauche est soigneusement bouchée du côté du creuset, par un tuileau cimenté d'argile; elle n'a jamais été employée, sans doute parce que le four n'a pas fonctionné longuement. Quel que soit

△  
△

*Bellaires III. Un des quatre panneaux explicatifs. Avant 1300, les maîtres de forges construisaient des fours de petite dimension. Ils obtenaient du fer (température de réduction: 800–1150°), et non de la fonte (température de réduction: env. 1350°). Les forgerons jetaient alternativement charbon de bois et minerai dans le gueulard.*

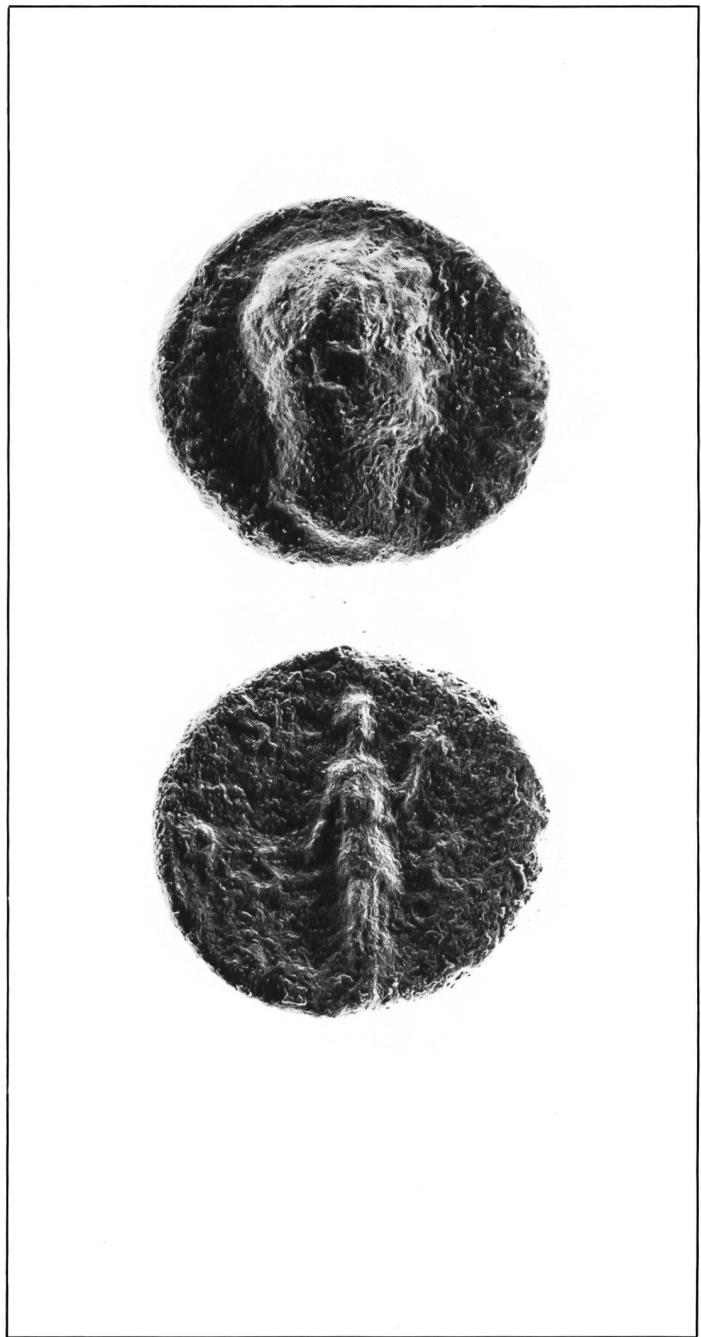
*Darstellung eines Eisenschmelz-Betriebs. Die frühmittelalterlichen Schmelzöfen waren von geringer Grösse. Abwechslungsweise führte man von oben Holzkohle und Erz in den Ofen ein und gewann bei einem Schmelzpunkt von 800–1150 Grad schmiedbares Eisen.*

*Raffigurazione di una fornace per la fusione del ferro. I forni di fusione del primo medioevo avevano dimensioni ridotte. Alternativamente si gettava dall'alto carbone di legna e materiale metallifero e si otteneva ad un punto di fusione di 800–1150° del ferro fucinabile.*

*Photo: P.-L. Pelet.*

*Bellaires I. Monnaie (dupondius) d'Hadrien. Revers: la déesse Fides. Münze (Dupondius) des Kaisers Hadrianus. Rückseite: Göttin Fides. Moneta (dupondius) dell'imperatore Adriano. Sul retro la dea Fides.*

*Photo: Barbara Zwahlen. 2:1.*



son intérêt, son originalité, la soufflerie ne nous apporte pas d'indice chronologique sûr pour les forges du pied du Jura.

L'étude des fours eux-mêmes, dans la mesure où nous pouvons reconnaître leur forme, peut-elle nous apporter plus de précision? Chacun de ceux que nous avons retrouvés dans nos champs de fouilles se différencie de ses voisins par sa structure, ou par ses dimensions, ou par les matériaux utilisés. Une fois le problème de la ventilation tranché, c'est la forme du foyer qui fournit le critère de parenté le plus sûr. Mais combien de fois, il ne nous en reste que le fond! L'aspect extérieur, qui frappe au premier abord, dépend de ressources occasionnelles: proximité d'un banc calcaire ou d'une moraine, configuration du terrain. Il n'a en fait qu'une importance secondaire.

Sans parler de ceux de Prins-Bois, très différents, les 23 fourneaux mis au jour depuis 1963 se rattachent à 5 types:

1. A foyer quadrangulaire: revêtement extérieur en moellons bruts calcaires, ou en dallettes de gneiss.
2. A foyer trapézoïdal: l'angle aigu du trapèze détermine un vide qui doit améliorer le tirage; c'est du moins ce que l'on assure encore au XVIII<sup>e</sup> siècle dans le Siegerland, où l'on construit les cuves des hauts fourneaux selon ce principe.
3. A foyer semi-circulaire: parois en argile, pure ou armée de scories d'un four antérieur.
4. A foyer circulaire: parois en tuileaux romains à l'intérieur, en terre cuite à l'extérieur.
5. A foyer ellipsoïdal: souvent couplés, ils sont bâtis en pierres roulées d'origine glaciaire mêlées ou non de tuiles romaines, ou en dalles de calcaire et en tuiles. Ils se situent au niveau supérieur. C'est à ce type que se rattachent les deux fours conservés (figure p.88).

### Les résultats obtenus à ce jour

L'inauguration du pavillon ne marque pas un point final, mais une étape seulement, qui ne révèle au public qu'un aspect de nos découvertes.

La diversité des fourneaux destinés pourtant à fondre le même minerai avec le même charbon rend souhaitable une connaissance plus complète de leur répartition. Les archéologues d'Europe orientale constatent que les modèles les plus divergents peuvent être contemporains. Nos relevés stratigraphiques et les analyses du C. 14 montrent qu'aux Bellaires, les fours hétérogènes, même s'ils paraissent à première vue alignés au même niveau, sont en fait l'œuvre de générations parfois très éloignées. Les forgerons du pied du Jura ne semblent pas liés par une

*Bellaires I. Petites scories, spongieuse, en grappe, en gouttes, en épine et soufflée.*

*Eisenschlacke verschiedener Formen. Bellaires I.*

*Scorie ferrose di forme diverse. Bellaires I.*

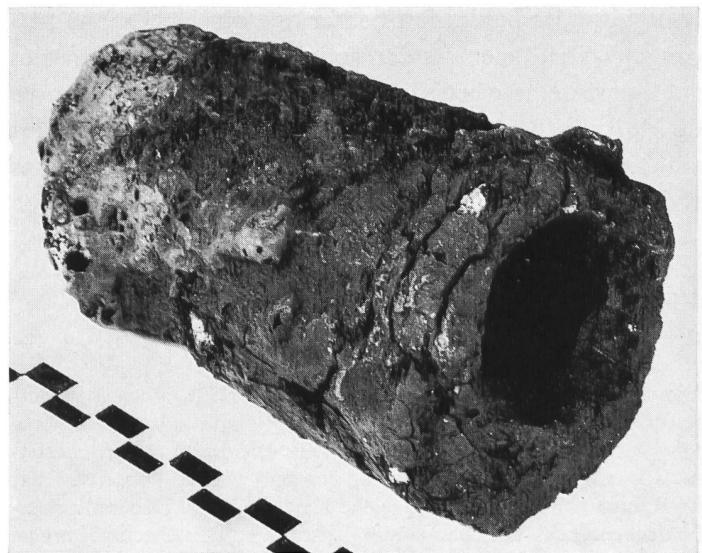
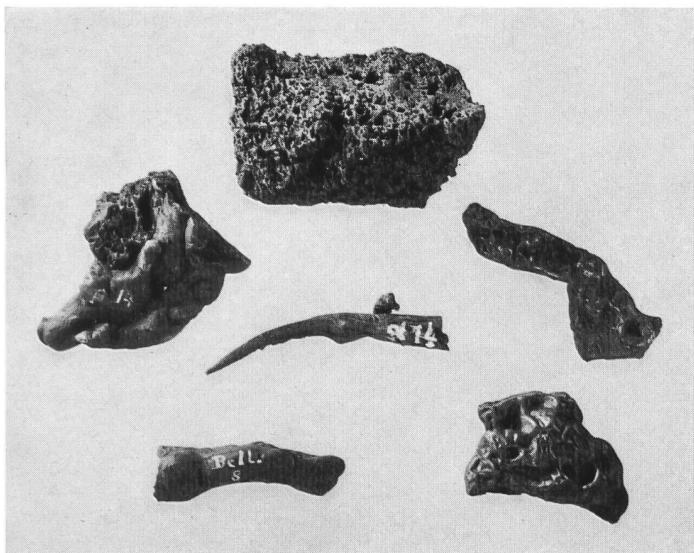
*Photo: Barbara Zwahlen. ca. 1:2.*

*Bellaires I. Tuyère cylindrique, retrouvée intacte.*

*Eine ganz erhaltene Düse aus Ton. Bellaires I.*

*Ugello di argilla in ottimo stato di conservazione.*

*Photo: Barbara Zwahlen.*



tradition transmise de père en fils, ou de maître à apprenti. Nous ne saurions dire si nous constatons une évolution consciente, autoctone, ou si des artisans nomades, des esclaves peut-être, ont apporté successivement leurs techniques. À ma connaissance, les fours jumelés ellipsoïdaux ou les modèles trapézoïdaux ne sont pas signalés avant l'époque moderne.

Alors que les forges laissent des traces repérables sans fouilles, les mines ont disparu. Exploitées à ciel ouvert, elles se confondent avec les gravières ou les carrières abandonnées. En galeries, leur entrée s'efface sous les éboulis. Nous savons pourtant que l'hématite brune (sidérolithique, 30 à 40 % de fer) disponible dans les failles de l'urgonien ou de l'hauterivien a suffi pendant de longues générations.

Nous pouvons présumer que les premiers occupants de Bellaires I ont vidé une poche de l'urgonien sur lequel ils appuyaient leur four. À la Bossena, le fourneau est adossé à un banc de rocher, dans lequel s'enfonce brusquement une couche horizontale de terre de forge de 40 cm

d'épaisseur. Nous l'avons déblayée jusqu'à une profondeur de 2,5 m environ. Sous le rocher, elle semble avoir comblé une «taille» dans un filon sidérolithique.

L'aspect le plus décourageant de l'archéologie sidérurgique, c'est la pénurie d'objets datables, alors que les scories forment des couches compactes, homogènes, dont l'épaisseur peut atteindre 150 cm pour un seul niveau. Il est heureusement possible de remédier à cette lacune en faisant analyser la radio-activité d'échantillons de charbon de bois.

Quel que soit le degré d'imprécision d'une telle méthode, lorsqu'elle doit déterminer l'âge d'un charbon prélevé dans des couches peu profondes et mêlé à des racines vivantes, elle nous apporte une contribution de première importance: les six analyses du Laboratoire C. 14 de l'Université de Berne (professeur Hans Oeschger) confirment les successions chronologiques de notre stratigraphie; elles nous indiquent l'intervalle qui sépare chaque exploitation: trente à cinquante ans, c'est-à-dire le temps de laisser repousser la forêt. Enfin, elle nous donne une idée

de la durée de l'industrie dans cette région du pied du Jura, puisque les entreprises relevées dans le seul site de Bellaires I s'échelonnent sur plus de 800 ans.

Les termes extrêmes nous mènent à  $350 \pm 80$  avant J.-C. Comme Quiquerez l'avait déjà constaté pour le Jura bernois, la sidérurgie du pied du Jura remonte en tout cas à La Tène. Nous avons d'ailleurs recueilli cinq tessons de cette époque (couche de la forge I, figure p. 95). L'étape la plus récente, celle des fours jumelés, si différente des précédentes, daterait de  $510 (\pm 100)$  après J.-C. Les autres niveaux sont romains, comme le suggéraient quelques débris de pots et la monnaie d'Hadrien.

L'industrie du fer fut donc endémique au pied du Jura et le nombre des haldes fait penser que plusieurs « ferrières » ont été simultanément en activité. La distribution des sites, par exemple cette ligne de forges parallèle à la route de Moiry à Envy (voir carte) suggère même un lotissement systématique des exploitations. C'est ce que de prochaines recherches tenteront de déterminer.

## Frühe Eisenschmelzöfen am Fuss des Waadtländer Jura

Die moderne Metalltechnik hat einen erstaunlich hohen Stand erreicht. Das wird besonders deutlich, wenn man die lange Entwicklung zurückverfolgt bis zu jenen Zeiten, seit denen das Eisen erstmals in grossem Umfang nutzbar gemacht wurde. Der Autor hat im Raum von Ferreyres VD (siehe Karte) rund 50 Eisenschlackenhalden entdeckt und damit ein Zentrum von Eisenschmelzereien nachweisen können. Durch systematische Ausgrabungen in den Jahren 1959–1960 und 1963–1969 gelang es ihm, neue Erkenntnisse bezüglich Schmelztechnik und Zeitstellung zu gewinnen. So hat zum Beispiel die Eisenschmelze Bellaires I seit der jüngeren Eisenzeit (nach Radiokarbon-Datierungen ab  $350 \pm 80$  v. Chr.) bis zum 6. Jahrhundert in 9 Phasen in Betrieb gestanden. Die Schmiede richteten ihre Schmelzen vermutlich in regelmässigem Turnus am gleichen Platze ein, sobald der nachgewachsene Wald neues Brennmaterial für die Köhler zu liefern vermochte. Die Verbreitung der einzelnen Schmelzöfen im Gelände lässt annehmen, dass eine reguläre Parzellenzuweisung vorgenommen wurde.

Die Zwillings-Eisenöfen von Bellaires III waren derart gut erhalten, dass sie an Ort und Stelle in einem Gebäude konserviert wurden. Die jederzeit zu besichtigende Anlage ist 4 m lang, 2 m breit und 1,2 m hoch. Sie enthält noch die seitlichen Düsen zum Einsetzen des Blasbalgs sowie Reste des Vorbaus. Beide Öfen stammen wahrscheinlich aus dem 6. Jahrhundert n. Chr. R.

## I primi forni di fusione per il ferro ai piedi del Giura vodese

La moderna tecnica di lavorazione dei metalli ha raggiunto oggi un livello notevole, tanto più evidente se si consideri il processo di evoluzione a partire da quando si cominciò a utilizzare il ferro in quantitativi di una certa importanza. L'autore ha scoperto nella zona di Ferreyres VD (vedere piantina) una cinquantina di depositi di scorie ferrose e potuto dimostrare in tal modo che quella località

*Bellaires III. Le pavillon dans la forêt.*

*Der Schutzbau mit den konservierten Eisenöfen, Bellaires III.*

*Padiglione protettivo con i fornì di fusione del ferro. Bellaires III.*

*Photo: P.-L. Pelet.*



rappresentò un centro di fonderie per la produzione del ferro. Attraverso scavi sistematici negli anni 1959–1960 e 1963–1969 l'autore è riuscito altresì ad acquisire nuove cognizioni riguardo la tecnica di fusione e l'identificazione cronologica. Così per es. la fonderia di Bellaires I restò in attività dalla prima età del ferro (secondo il metodo del radiocarbonio a partire dal  $350 \pm 80$  a.C.) fino al VI secolo d.C. attraverso 9 fasi. I fabbri installavano probabilmente le loro fonderie in turni regolari nello stesso posto, non appena il bosco rinnovato fosse cresciuto abbastanza da poter consentire il rifornimento di nuovo combustibile per i carbonai. La distribuzione dei singoli forni di fusione fa supporre che ebbe luogo una vera e propria lottizzazione del terreno.

I forni accoppiati di Bellaires III erano ancora in così buono stato, che furono conservati sul posto protetti da un padiglione. L'impianto, che può essere visitato in qualsiasi momento, è lungo 4 m, largo 2 e alto 1,20. Contiene ancora gli ugelli laterali per l'innesto del mantice, come pure i resti di un fabbricato antistante. Entrambi i forni risalgono probabilmente al VI secolo d.C. R. L.-C.

*Stratigraphie schématique d'un secteur où se sont succédé quatre forges.*

*Schematisches Schichtenprofil einer Eisenschmelze mit 4 Benützungsphasen.*

*Stratigrafia schematica di una fonderia per ferro in cui si sono succedute 4 fasi di utilizzazione.*

*Bossena I. La mine à côté du fourneau.*

*Bossena I. Neben dem Eisenschmelzofen entdeckte man einen Suchstollen zur Gewinnung des Erzes.*

*Bossena I. Accanto alla fonderia si è rinvenuto un cunicolo per la ricerca del materiale ferroso.*

*Photo: P.-L. Pelet.*

*Bossena I sur Ferreyres. Vestiges du fourneau.*

*Bossena I sur Ferreyres. Ein freigelegter Eisenofen.*

*Bossena I sur Ferreyres. Un forno di fusione del ferro portato alla luce.*

*Photo: P.-L. Pelet.*

