Une industrie du fer primitive au pied du Jura vaudois : la ferrière de Prins-Bois et ses voisines

Autor(en): **Pelet, Paul-Louis / Stücheli, Oskar / Decollogny, Pierre**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue historique vaudoise**

Band (Jahr): **68 (1960)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-52038

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

Une industrie du fer primitive au pied du Jura vaudois

La ferrière de Prins-Bois et ses voisines

L'histoire des mines de fer, des hauts fourneaux et des forges du Pays de Vaud n'est pas encore écrite. Bien que les historiens du siècle passé, les Charrière, les Gingins aient déjà mentionné occasionnellement l'existence de telles entreprises, bien que les archives vaudoises et romandes contiennent des centaines, des milliers même de documents qui les concernent, elles n'ont pas frappé l'imagination d'un peuple qui, depuis l'éclosion de la révolution industrielle en Europe, s'est cru une vocation purement agricole.

Signalée par des textes à partir du XIIIe siècle, cette industrie du fer semblait limitée au Jura proprement dit, où elle s'est perpétuée jusqu'à nos jours, bien que le dernier haut fourneau s'y soit éteint en 1811. Des découvertes récentes montrent qu'elle a été florissante aussi sur le plateau subjurassique.

Le Plateau subjurassique. — Coupé par les gorges de l'Arnon, par le cañon de l'Orbe, par l'effondrement du Nozon, le versant subjurassien s'abaisse vers l'est, enfonçant dans le Plateau ses promontoires calcaires, de Chamblon et du Mormont, émergeant encore à travers la mollasse à Pomy (Chevressy), à Goumœns-le-Jux.

C'est une région relativement sèche (moins de 100 cm. de pluie annuelle, 70 cm. certaines années). Sa situation dégagée, sa salubrité ont attiré l'homme du néolithique aussi bien que de l'âge du bronze et du fer (grottes de Baulmes et de Covatannaz, cromlech de La Praz, pierre à écuelle de Mont-la-Ville, etc.). Les Romains y ont bâti routes et villas [1]. Ils y retrouvaient une végétation familière. Dans les vastes étendues de forêt

[1] Voir PAUL VIONNET, *Les monuments préhistoriques de la Suisse occidentale*, Lausanne, 1872, et surtout DAVID VIOLLIER, *Carte archéologique du canton de Vaud*, 1 vol., Lausanne, 1927.

dominent comme en Méditerranée le chêne (sous-variété pubescente) et ses accompagnants mineurs : tilleuls, sorbiers, poiriers, néfliers, buis, genévriers, prunelliers et aubépines. Essences appréciées pour la nourriture des porcs et des chèvres, pour le charbon de bois (le chêne en est le meilleur fournisseur), pour le tanin. De nos jours encore, la tannerie de La Sarraz consomme des tonnes d'écorces de jeunes plantes, si bien que de grandes superficies y sont toujours exploitées en taillis.

Des coupes répétées sur un sol pauvre, dans des conditions de pluviosité moins favorables que sur les pentes du haut Jura ont donné à ces bois l'aspect des forêts ruinées des bords méditerranéens.

Les ressources du sous-sol ont aussi contribué à cette dégradation. La couche d'alluvions glaciaires ne recouvre que partiellement les dalles de l'urgonien. La glaise et la chaux s'exploitent côte à côte. Dans les fissures du rocher s'est amassé du minerai de fer pisolithique (sidérolithique). Même s'il ne s'agit souvent que de filons modestes, de remplissages de quelques dizaines de tonnes, ils ont été une ressource inépuisable — inépuisée — pour les forgerons primitifs.

La découverte. — En 1954, entre un chemin dont il dirige la construction et la carrière ouverte pour l'empierrer, M. Pierre

Fig. 1. — Prins-Bois avant les fouilles.

Decollogny, inspecteur forestier, découvre en compagnie du garde Cheseaux quatre tas de scories ou haldes aux Prins-Bois, sur le territoire de la commune de Juriens (canton de Vaud). Ces tas ont près de deux mètres de hauteur, les scories apparaissent mêlées à l'humus et aux feuilles mortes (voir fig. 1).

En automne 1957, M. Decollogny montre une poignée de ces scories lourdes, noires et vitreuses, à M. Oskar Stücheli, ancien directeur de la maison Sulzer frères, à Winterthour. S'agit-il de déchets provenant d'une verrerie ou d'une industrie métallurgique? A la demande de M. Stücheli, quatre échantillons, dont l'un pourrait être un morceau de minerai, sont envoyés aux laboratoires de la maison Sulzer pour examen. Une analyse spectrale semi-quantitative donne les résultats suivants :

a)	Morceau de minerai présumé, brun rougeâtre	0,84 % de fer (Fe)
b)	Scorie sombre, vitrifiée	32,39 % de fer (Fe)
c)	Morceau terreux brun clair . . .	23,45 % de fer (Fe)
d)	Morceaux terreux, plus sombres .	21,78 % de fer (Fe) [1]

Les trois derniers échantillons prouvent la présence à Prins-Bois d'une industrie sidérurgique.

Une fois l'attention attirée, une série d'autres dépôts sont repérés entre 1958 et 1960 (voir fig. 2). Nous en donnons rapidement le signalement.

I. Commune d'Orny

1. En amont de l'ancienne route d'Orny à Orbe, en *Mont-Olivet,* peu avant sa jonction avec la nouvelle, site signalé par M. Péclard, municipal à Orny.

2. *Aux Vignes d'Orny,* côte de Manin (coord. 530,75/168,70), scories parfois sensibles à l'aimant.

3. *Es Faveyres* (coord. 530,10/168,20), au pied de la falaise nord du Mormont ; scorie accompagnée de quelques débris de tuiles et de poterie, de petits morceaux de gneiss et de pierres

[1] Rapport du 6 mai 1958 au Comité des fouilles de Prins-Bois.

brûlées. La pente est recouverte par des éboulis ; site difficile à explorer, peu certain. Le terme de Faveyres est généralement rapproché par les étymologistes de favière, champ de fèves et non de favrie ou faverge, forges.

II. Commune de la Sarraz

4. *Sur Maillefer* (coord. 528,4/168,35 ; 528,625/168,45), scories le long du sentier très fréquenté conduisant de La Sarraz à l'Hôpital de Saint-Loup (voir fig. 2, points, 9, 10 et 10b). La forêt de buis qui borde le chemin est difficilement pénétrable. Site incertain. Les vocables En Maillefer, Sur Maillefer semblent dus à la présence de fer pisolithique (metalla ferri), vraisemblable dans ce terrain.

III. Commune de Pompaples

5. *Saint-Loup* (coord. 528,125/168,85). Dans la forêt-parc de l'hôpital, au flanc d'une colline de terre ocre rouge, scories extrêmement abondantes, légères. Une dérivation du Nozon coulait peut-être à proximité.

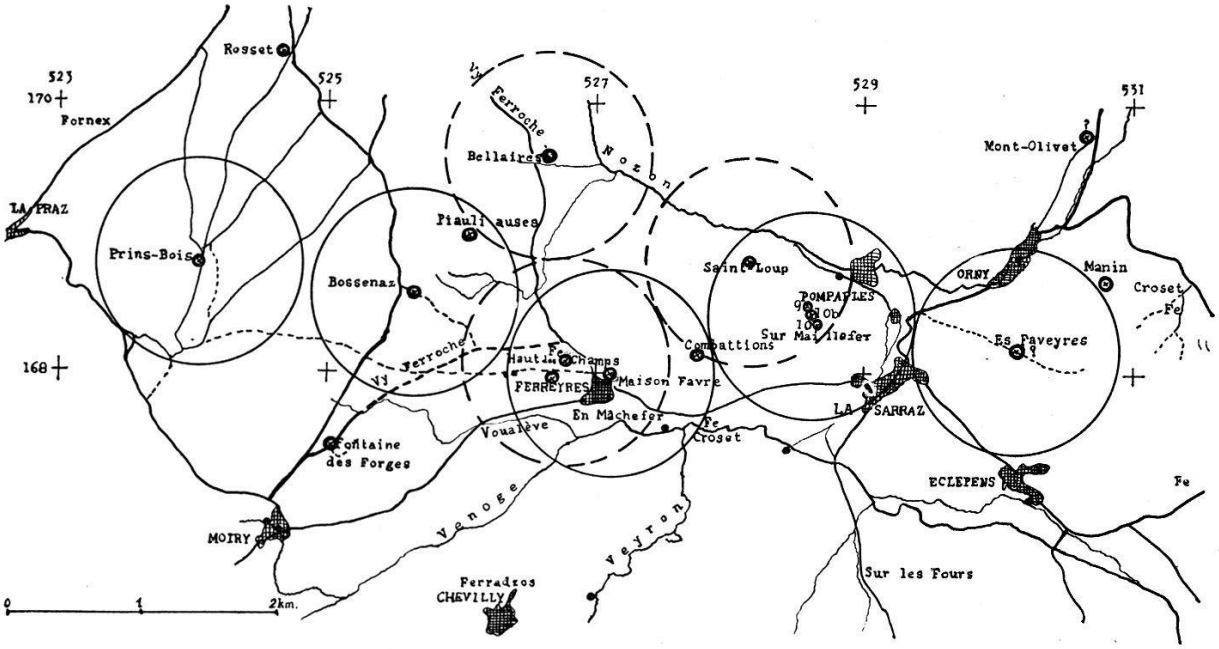


Fig. 2. — La région des ferrières.

IV. Commune de Romainmotier

6. *Forêt des Bellaires* (coord. 526,625/169,6), alt. 620 m. environ, à l'extrémité méridionale du territoire communal. Les scories affleurent à une centaine de mètres de la *Vy ferroche*, au haut d'un talus assez raide orienté d'est en ouest qui descend vers le ruisseau de la Cressonnière. Elles sont repérables sur une longueur d'environ quarante mètres [1].

V. Commune de Ferreyres

7. *Maison Favre* (coord. 527,1/168,025) ; la maison a été construite il y a une centaine d'années au haut du village, sur le bord d'un talus permettant la construction d'un pont de grange. Scories sous la remise construite en 1918, dans le chemin qui passe derrière la maison et dans le champ amont. En plantant un poteau pour l'électricité, on en a constaté une couche massive à environ 1 m. sous le niveau du sol. On en retrouve encore une centaine de mètres plus bas, dans le jardin de la poste et dans le champ de l'Etraz. La famille Favre (= forgeron), originaire de Bavois, est venue s'installer à Ferreyres voici quelque trente ans. Il n'y a donc aucun rapport entre ce patronyme et les vestiges sidérurgiques. Une famille Favre signalée à Ferreyres en 1493 s'est éteinte ou a disparu au XVIe siècle [2].

8. Au *Haut des Champs* (coord. 526,8/168,15) et jusqu'à la hauteur du réservoir, scories et pisolithes de fer, éparpillés sur plusieurs centaines de mètres carrés.

9. Un peu plus bas (coord. 526,625/167,98), autre dépôt de scories.

10. *La Bossenaz* (coord. 525,625/168,5), halde dans un véritable maquis de chênes nains et de buissons épineux. Une scorie en bouchon, percée d'un coup de ringard, indique une soufflerie (voir p. 75).

11. *En Combattions* (coord. 527,75/168,15), scories éparpillées dans un champ labouré, à une trentaine de mètres d'une

---

[1] Site signalé par M. Charles Bonard.

[2] A.C.V., Fg 18, fol. 474 recto. Reconnaissance de François de Gallera, 10 décembre 1493.

petite combe où sourd un ruisselet éphémère, à la fonte des neiges.

12. *Es Piauliauses* (coord. 526,05/169,02), scories abondantes, parfois sensibles à l'aimant, éparpillées dans le champ qui borde le ruisselet fréquemment à sec de la clairière.

VI. Commune de Moiry

13. Au bas du Bois de Moiry, lieu-dit la *Fontaine des Forges*, dans le talus qui domine la bifurcation de la *Vy ferroche* et d'un chemin secondaire (coord. 525,05/167,45), à proximité d'une source. Halde repérable sur une vingtaine de mètres dans le talus. Scories parfois glaisées (voir p. 63). En 1525, il existe dans la commune un lieu-dit en Fornex [1] inconnu de nos jours, et qui n'est pas localisable sur les vieux plans. — La *Vy ferroche* conduit de Moiry à Romainmôtier en passant par Ferreyres et les Bellaires.

VII. Commune de Juriens

14. *En Rosset* (coord. 524,6/170,45), à la croisée des routes conduisant de Moiry à Juriens et à Envy et d'un chemin menant aux Prins-Bois, scories contenant 29 % de fer, en plein champ.

15. *Prins-Bois* (coord. 524,05/168,8), premier site découvert et objet principal de cette étude.

* * *

Sauf à Saint-Loup, aucun ruisseau, aucun étang capable de mouvoir une roue ! Sauf à Ferreyres, des haldes perdues au milieu des champs ou des bois, loin de tout village ou de tout hameau ; douze d'entre elles situées sur le territoire de l'ancienne baronnie de La Sarraz, trois (Les Bellaires, Rosset, Prins-Bois), sur les possessions du couvent de Romainmôtier.

La carte, fig. 3, qui résume de longues recherches sur l'artisanat et l'industrie du fer, fait ressortir la situation exceptionnelle de ces scories : les documents d'archives dépouillés

---

[1] A.C.V., Fj 8, fol. 560 verso, 17 décembre 1525.

jusqu'au moment des fouilles n'ont relevé comme forges sans eau que les simples ateliers de maréchal-ferrant, au cœur des villages, et celle des entrepreneurs de la « Carrière jaune » sur Ferreyres, au XIXe siècle.

LES FOUILLES DE PRINS-BOIS

Sauf dans le Jura bernois [1] et sur les flancs savoyards du Salève [2], de telles trouvailles n'ont pas retenu l'attention. Le botaniste et paléontologue Charles-Théophile Gaudin (1822-1866) léguait au siècle passé au Musée d'art industriel de Lausanne [3] des scories provenant de la « fonderie romaine » de Ferreyres. Elles n'ont fait l'objet d'aucune publication. Peut-être parce que l'examen d'un site industriel nécessite des connaissances très diverses. A l'archéologie s'ajoutent l'histoire de la métallurgie, la géologie, la minéralogie, la chimie des métaux. Seule une équipe peut s'y risquer.

Sous l'impulsion de M. Oskar Stücheli, un comité de fouilles se constitue. Grâce à lui, la maison Sulzer — que nous remercions chaleureusement — continue à mettre gracieusement

---

[1] La sidérurgie primitive du Jura bernois, découverte au siècle passé et étudiée par AUGUSTE QUIQUEREZ, est constamment citée par les grands ouvrages d'archéologie. Stupéfiantes il y a un siècle, et parfois contestées, les constatations de Quiquerez ont été constamment confirmées depuis. Voir sur ce point, en particulier, HENRI JOLIAT, *Routes, sidérurgie et époque celtique dans le Jura bernois*, Bienne, 1938 (Actes de la Société jurassienne d'émulation, série 2, 1937, p. 42 à 114 ; et JOSEPH-WILHELM GILLES, « Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen » dans *Stahl und Eisen* 78 (1958) n° 23, 13 nov., p. 1690 et suiv. [Bericht Nr. 27 des Geschichtsausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.] Les principales études de Quiquerez sont les suivantes :

A(UGUSTE) QUIQUEREZ, *Notice historique et statistique sur les mines, les forêts et les forges de l'ancien évêché de Bâle*, impr. à Porrentruy, éd. à Berne, 1855 (= Quiquerez, 1855).

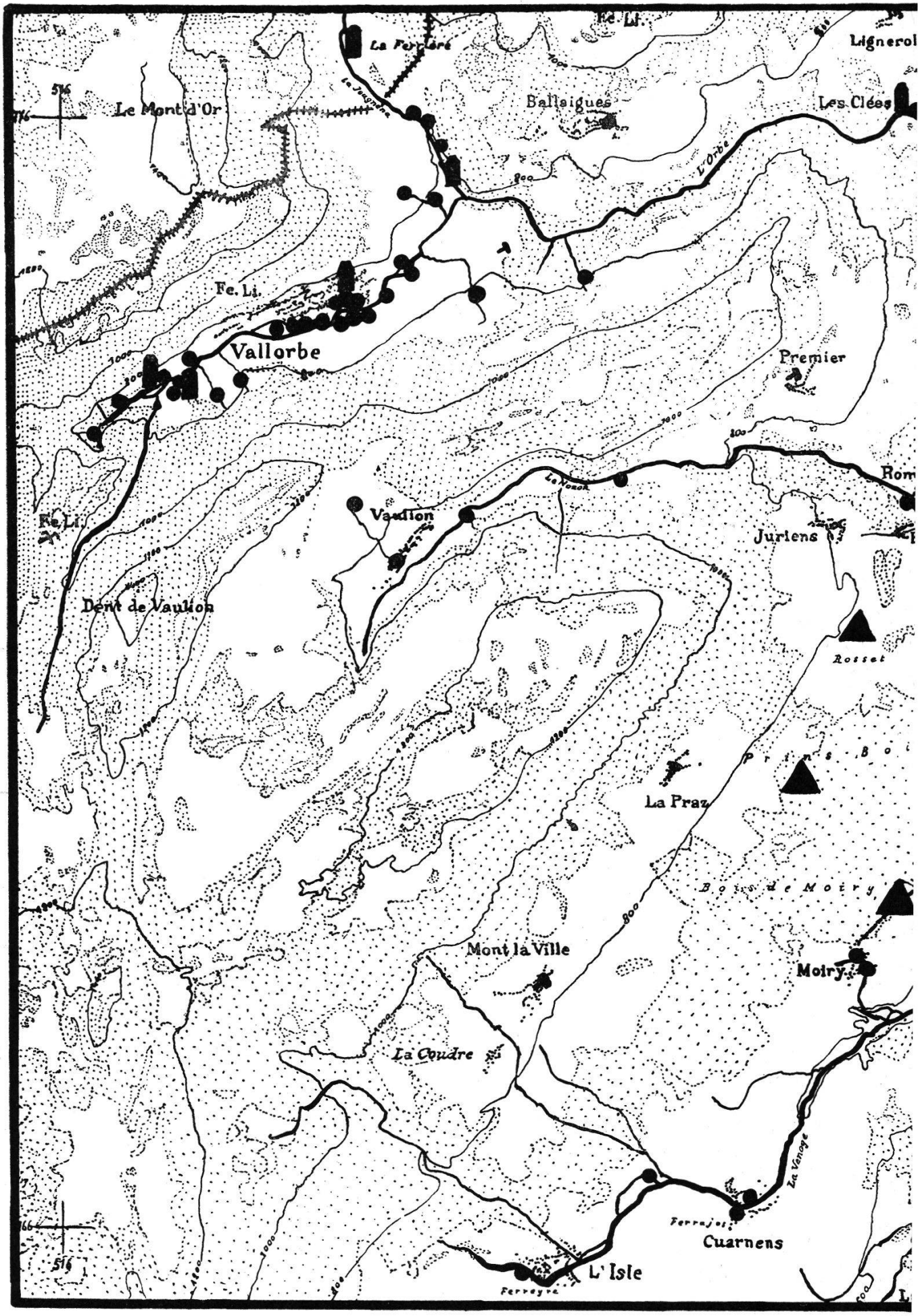
— *Monuments de l'ancien évêché de Bâle : De l'âge du fer*, Porrentruy, 1866 (= Quiquerez, 1866 a).

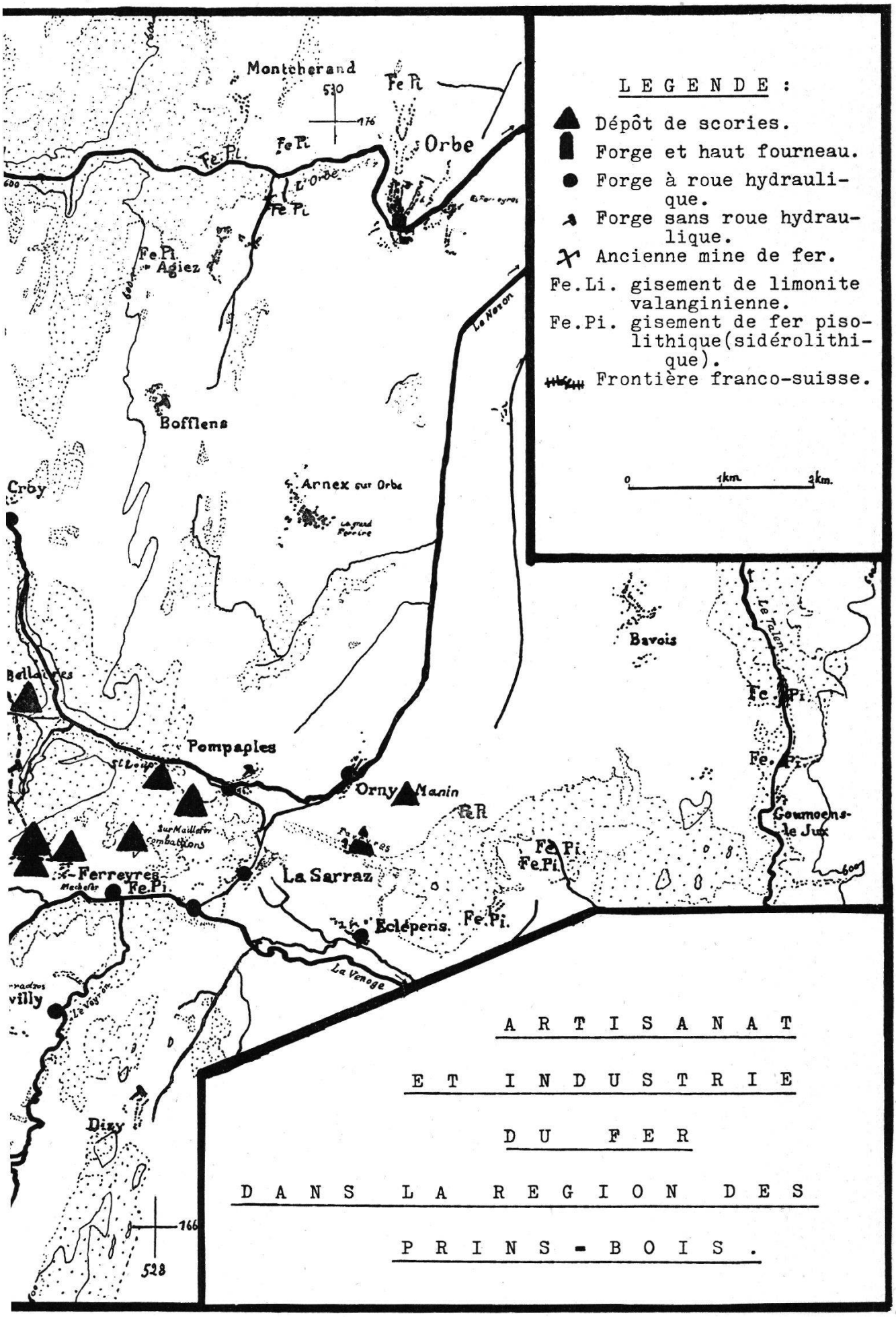
— Lettre imprimée dans le *Procès-verbal de la séance du 12 mai 1866 de la Société d'émulation du Doubs*, dans Mémoires de la Société d'émulation du Doubs, 1866, Besançon, 1867, p. XX et suiv. (= Quiquerez, 1866 b).

— *Notice sur les forges primitives du Jura*, dans Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich, 1871, Band XVII, Heft 4, p. 71 à 88 (= Quiquerez, 1871).

[2] ALBERT NAVILLE, *Recherches sur les anciennes exploitations de fer du Mont Salève*, dans Mémoires et Documents publiés par la Société d'histoire et d'archéologie de Genève, t. 16, Genève, 1867. L'auteur les attribue, pour des raisons étymologiques, aux Phéniciens. Voir aussi P.-A. BONNELANCE, *Genève et la métallurgie de la préhistoire*, dans « Indicateur industriel », 1955, numéro consacré à Genève.

[3] Actuellement dans les collections de l'Ecole des Métiers, à Lausanne.


Le Mont d'Or
La Ferrière
Ballaigues
Les Clées
Lignerol
L'Orbe
Fe. Li.
Vallorbe
Premier
Vaulion
Juriens
Dent de Vaulion
Rosset
La Praz
Bois de Moiry
Mont la Ville
Moiry
La Coudre
La Vanoise
Cuarnens
L'Isle


LEGENDE :
Dépôt de scories.
Forge et haut fourneau.
Forge à roue hydraulique.
Forge sans roue hydraulique.
Ancienne mine de fer.
Fe.Li. gisement de limonite valanginienne.
Fe.Pi. gisement de fer pisolithique(sidérolithique).
Frontière franco-suisse.
0 1km. 2km.
Montcherand
Orbe
Agiez
Bofflens
Croy
Arnex sur Orbe
Bavois
Pompaples
Orny
Manin
La Sarraz
Ferreyres
Eclépens
Gossens-le Jux
Dizy
Villy
Le Nozon
La Venoge
Le Talent
Fe.Pi.
Fe.Li.
530
176
528
166
ARTISANAT
ET INDUSTRIE
DU FER
DANS LA REGION DES
PRINS-BOIS.

à disposition ses chimistes et ses laboratoires pour de délicates analyses. Il rédige le rapport technique [1]. M. P. Decollogny, auteur de la découverte, dirige les travaux sur le terrain. M. P.-L. Pelet, au bénéfice d'une bourse du Fonds national de la recherche scientifique, assure le classement des témoins, leur photographie, la mise au point des croquis et plans, et surtout s'efforce de situer la trouvaille dans l'histoire vaudoise et dans celle de la métallurgie.

Des sociétés savantes, des communes et l'Etat de Vaud offrent un appui financier qui permet des fouilles systématiques. Des collaborateurs bénévoles mettent leurs talents et leurs loisirs au service du comité, qui les en remercie chaleureusement [2]. Sans leur concours, il n'aurait pas à son actif les résultats atteints à ce jour.

* * *

De tous les sites repérés, celui de Prins-Bois a paru le plus clair, le plus caractéristique, le plus digne d'être étudié méthodiquement.

Les Prins-Bois font partie d'un complexe forestier qui de nos jours encore recouvre quelque 1200 hectares entre les villages de Moiry, La Praz, et les bourgs de La Sarraz et Romainmôtier. De nombreux témoins (murgis, bosquets, haies, lieux-dits tels que les Champs-Neufs, le Put-Essert) indiquent que la forêt s'étendait autrefois jusqu'à proximité des villages de La Praz et de Juriens. Le souvenir n'est pas perdu du temps où l'on y menait paître le bétail. Des enclos de pierres sèches, des murs séparant les territoires communaux rappellent cet usage. Les noms locaux sont d'origine récente. Le terme de Prins-Bois, qui semble désigner une jeune forêt ou des taillis [3], n'apparaît

---

[1] Voir plus loin, p. 77.

[2] L'Association du Vieil-Orbe offre un subside de deux cents francs, la Société académique vaudoise, de cinq cents. La commune de Vallorbe met un manœuvre à disposition pendant deux jours, celle de Juriens prend à sa charge le salaire d'un autre manœuvre pendant neuf jours. L'Etat de Vaud, vu l'ampleur de la découverte, verse une contribution complémentaire de cinq cents francs.

Sur le terrain, M. le Dr Edouard Rieben, ingénieur forestier, dirige le nivellement préalable ; M. W. Sulser, ingénieur, relève les premières découvertes, tandis que Mlle B. Sulser, étudiante ès lettres, fonctionne comme secrétaire. M. Edmond Pingoud, municipal chargé des forêts, à Ferreyres, nous signale l'emplacement de quatre autres haldes.

[3] William Pierrehumbert, *Dictionnaire historique du parler neuchâtelois et suisse romand*, Neuchâtel, 1926, article *prin*.

pas dans les chartes. La ferrière est située sur le territoire de Juriens, à proximité de la « Croisée des Herbes sèches », où se rejoignent trois chemins forestiers. Elle s'appuie sur le versant nord abrupt d'un petit éperon, dont le flanc méridional descend au contraire en pente très douce. Du côté nord s'étale une petite combe où se formait presque chaque hiver une mare, la « Gouille aux cochons », avant que des travaux de drainage et d'aménagement n'aient facilité l'écoulement. De la glaise s'y est accumulée. Des cailloux d'origine glaciaire, gneiss, granits, par exemple, affleurent parmi l'humus de la forêt. Mais le banc calcaire n'est que faiblement recouvert, il apparaît un peu plus à l'ouest.

Du calcaire comme fondant, de la glaise et des pierres réfractaires pour les fourneaux, un peu d'humidité pour pétrir l'argile, du charbon de bois en abondance. Il ne manque plus que le fer. A moins de trois cents mètres, dans les Champs neufs, un effondrement subit mit en évidence, il y a une douzaine d'années, une galerie souterraine où l'on pouvait pénétrer en se courbant [1]. La Municipalité de Juriens n'a pas tardé à faire combler cet entonnoir, qui risquait d'engloutir toute la terre du champ. Doline naturelle ou ancienne galerie de mine (les Celtes et les Romains déjà en creusaient [2], qui n'avaient guère plus d'un mètre de hauteur), cet accident témoigne en tout cas de la présence très générale du calcaire et de ses fissures, même si la carte géologique ne signale que le recouvrement glaciaire.

A Prins-Bois, aucune industrie moderne à proximité ne peut induire en erreur ; aucune maison, aucun champ cultivé, aucune route n'entravent les investigations. La commune de Juriens nous a permis très généreusement de dégager le champ de fouilles des arbres gênants.

Les fouilles. — Les travaux ont été menés principalement entre mai et novembre 1959, par brèves campagnes de deux ou trois jours, précédées d'un nivellement du terrain et complétées par un relevé général. Au total, une quinzaine de jours leur

---

[1] Renseignements oraux. — M. le Dr Henri Mayor, géologue, nous fait remarquer que la configuration du sol même de Prins-Bois a dû favoriser l'accumulation du sidérolithique au bord de l'éperon rocheux.

[2] WALTER SCHMID, *Norisches Eisen, Beiträge zur Geschichte des österreichischen Eisenwesens*, Abt. I, Heft 2, 1932, p. 180. Et CÉSAR, *Guerre des Gaules*, L. VII, ch. XXII.

ont été consacrés, sans parler de l'exploration des forêts environnantes.

La zone archéologique est plus vaste qu'il n'a semblé au premier abord. Elle s'étend sur une superficie de 670 m² environ.

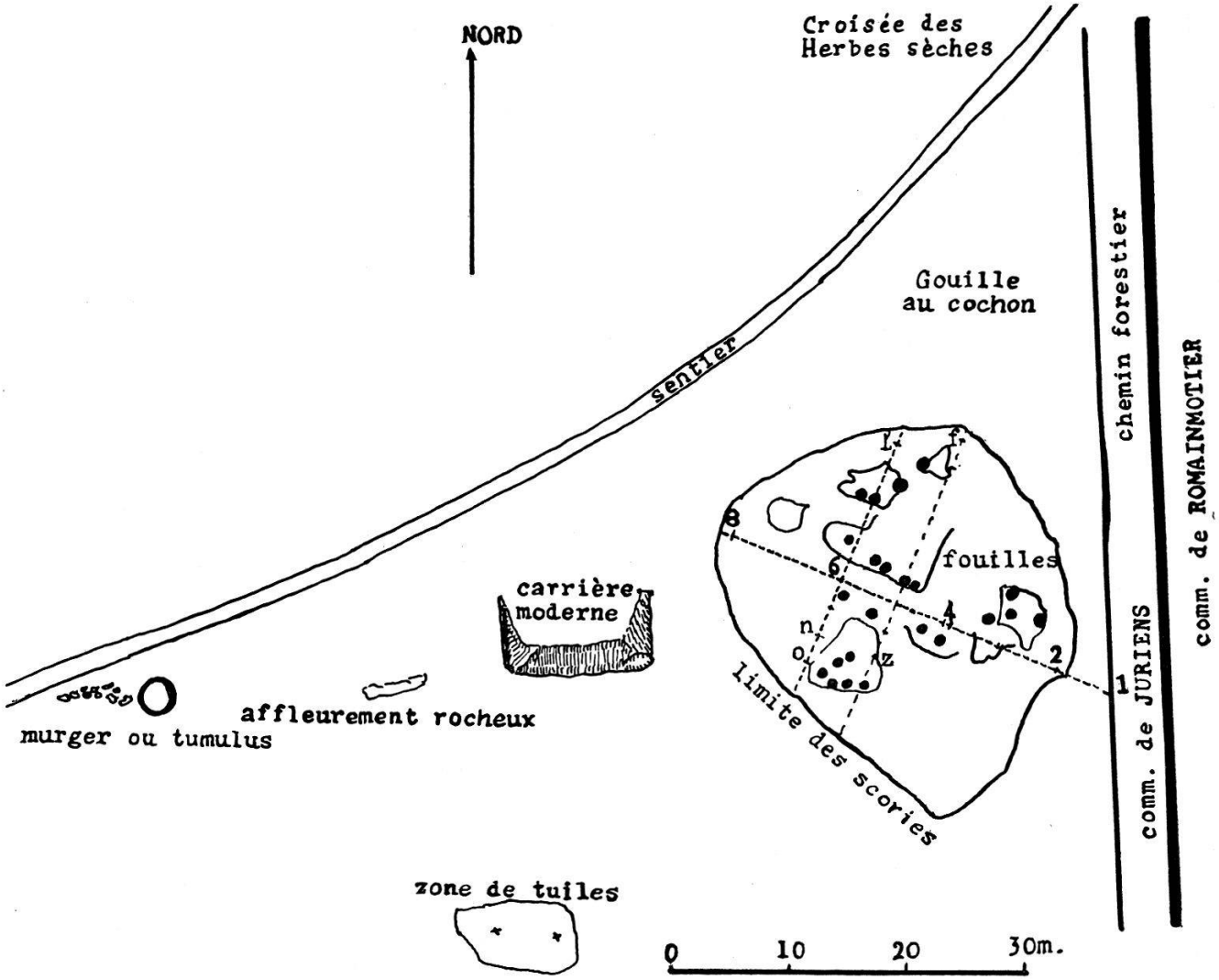


Fig. 4.

Mais l'aimant attire encore des particules de fer à quinze ou vingt mètres au-delà de ses limites.

Autant les crasses (ou scories) abondent, autant les objets sont rares. Nous n'avons relevé, à part un certain nombre de débris de tuiles (dont nous reparlerons), qu'un tesson de poterie de 2 cm. sur 3, qu'un tarso-métatarse brisé d'échassier (outarde

ou grue) [1] et qu'un morceau de grès permien poli sur deux faces [2]. Les autres pierres, blocs de calcaire, morceaux de mollasse, granits, gneiss, serpentines d'origine glaciaire n'ont pas été taillées. Elles sont utilisées à l'état brut dans des empierrements que ne lie aucun mortier, mais qui constituent un certain nombre de plates-formes. Le relevé des fouilles [3] ne fait apparaître ni plan d'ensemble, ni formes géométriques distinctes. Seule la forte dénivellation — plus de quatre mètres et demi entre les points XI et XXIV — donne un schéma directeur. Les profils selon les axes YE et LO montrent cinq étages de constructions qui suivent le flanc de la colline. (Voir fig. 5.) Dans cette incohérence apparaissent cependant les vestiges de vingt-quatre hauts fourneaux, ou plus exactement fourneaux à fer [4].

Les fourneaux à fer, préparation du fond. — Le fond, qui ne doit ni laisser passer l'humidité [5] ni céder sous le poids de la construction, est préparé soigneusement. Dans la zone qui va de IX à XV, une couche de glaise grise (glaciaire) d'environ quinze centimètres d'épaisseur s'étend partout sous les scories en suivant la pente naturelle. Mais elle repose sur un empierre-

---

[1] Identifié par M. le Dr Jacques Aubert, conservateur au Musée de zoologie, Lausanne.

[2] Objets recueillis (et déposés au Musée archéologique de Lausanne), n° 46, 9 × 6 cm. sur une face, 9 × 4,5 cm. sur l'autre. Ce grès siliceux, très dur, déterminé par M. le professeur Daniel Aubert, pourrait avoir servi d'aiguisoir.

[3] Voir le relevé général des fouilles, fig. 20.

[4] Dès le XVIe siècle, le haut fourneau (apparu chez nous dès 1461 à Saint-Sulpice/Neuchâtel) s'impose en métallurgie. Dans la langue courante, ce terme perd rapidement toute acception dimensionnelle et devient synonyme de fourneau à fondre le fer ; il est employé même s'il s'agit de bas foyers ou de fours catalans. D'ailleurs les dimensions varient à un tel point qu'au XVIIIe siècle le *petit-fourneau* du Dauphiné, avec ses 21 pieds (voir COURTIVRON et BOUCHU, ouvrage cité note suivante) est plus élevé que le haut fourneau du XVIe siècle. Au fond, ce sont moins les dimensions qui distinguent les fourneaux que le métal obtenu : solide, pâteux ou liquide. En Suède, certains procédés actuels donnent un fer solide. Les foyers primitifs à tirage naturel ou à soufflerie manuelle ainsi que le cylindre rotatif Krupp-Renn (1934) produisent un fer pâteux, en loupes. A partir du XVe siècle, en Europe, apparaît la fonte, obtenue grâce aux souffleries hydrauliques qui ont permis d'accroître les dimensions et d'obtenir une plus forte chaleur. Elle coule de nos jours aussi bien des hauts fourneaux à coke que des bas foyers (tout est relatif) électriques. (Voir R. DURRER, *Verhütten von Eisenerzen*, 2te Aufl., Düsseldorf, 1954. Trad. franç. par M(ICHEL) AUXENFANS, Paris, 1957.)

[5] EMMANUEL SWEDENBORG, *Traité du fer*, trad. du latin par ETIENNE-JEAN BOUCHU, dans GASPARD DE COURTIVRON et ETIENNE-JEAN BOUCHU, *L'art des forges et fourneaux à fer*, Paris, 1761-62.

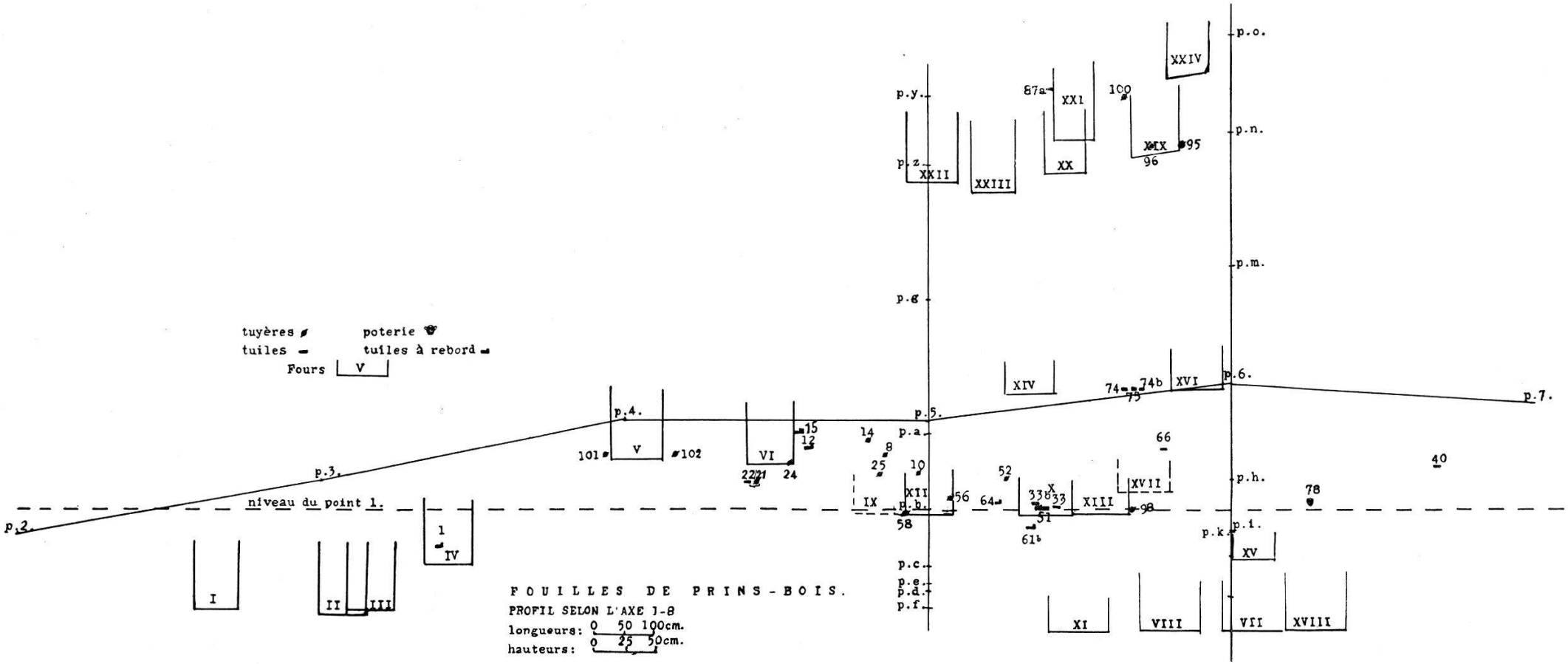

tuyères
poterie
tuiles
tuiles à rebord
Fours
V
p.2.
p.3.
p.4.
p.5.
p.6.
p.7.
niveau du point 1.
p.o.
p.n.
p.m.
p.h.
p.i.
p.k.
p.y.
p.z.
p.g
p.a
p.b.
p.c
p.e.
p.d.
p.f
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX
XX
XXI
XXII
XXIII
XXIV
1
101
102
15
12
14
8
25
10
22
21
24
56
58
64
52
33b
33
51
61b
98
66
40
78
74
74b
75
87a
100
96
95
FOUILLES DE PRINS-BOIS.
PROFIL SELON L'AXE 1-8
longueurs: 0 50 100cm.
hauteurs: 0 25 50cm.

Fig. 5.

ment dans lequel nous avons retrouvé des fragments de tuiles à rebord, des pierres calcinées et une crasse [1]. (Voir fig. 6.)

Vers les points I-III, la glaise, noirâtre puis grise atteint 30 cm. d'épaisseur ; au-dessous, une mince couche de scories la sépare de la marne jaune calcaire.

Tout au haut de la pente (points XIX à XXIII), le glaisage moins épais, renforcé de dalles de gneiss, s'appuie sur la marne jaune et le banc de rocher.

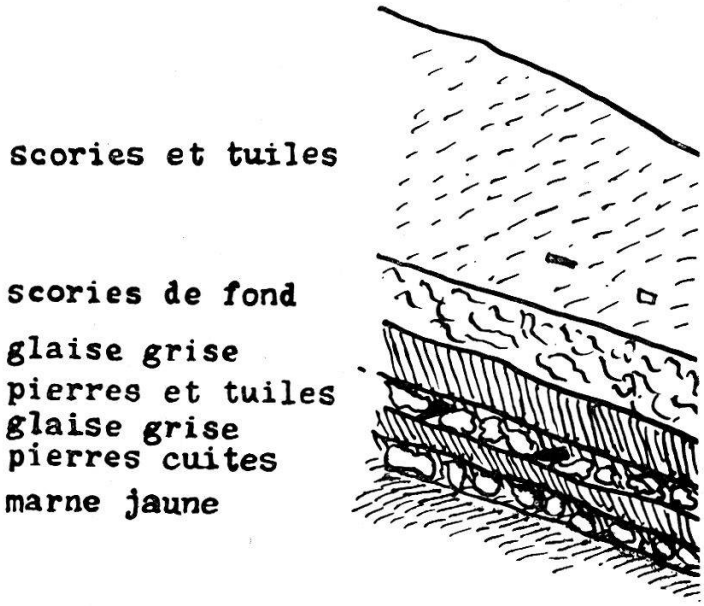


Fig. 6. — Préparation du fond.

Les creusets. — Du creuset, il ne reste parfois qu'un anneau d'argile rouge, large d'environ 10 cm. qui se détache sur le sol noirâtre. Cet anneau atteint, au point XIII, 100 cm. de diamètre extérieur, au point XV 80 cm. seulement ; aux points VII et XVIII, sa largeur est de 16 cm. Ces divergences s'expliquent par le niveau de démolition. (Voir fig. 7.)

Des scories arrondies et glaisées tombées des bords s'accumulent à l'intérieur sur des sornes (scories de fond) en forme de cuvette.

D'autres fourneaux sont mieux conservés. Au centre des empierrements dont nous avons parlé, les truelles dégagent une cavité circulaire remplie de scories ; son diamètre est le plus

[1] Une série de galets glaciaires verts sous le fond du four X ont retenu notre attention. Ils ne portent que la trace d'un polissage naturel. On ne saurait conclure à une précaution magique.

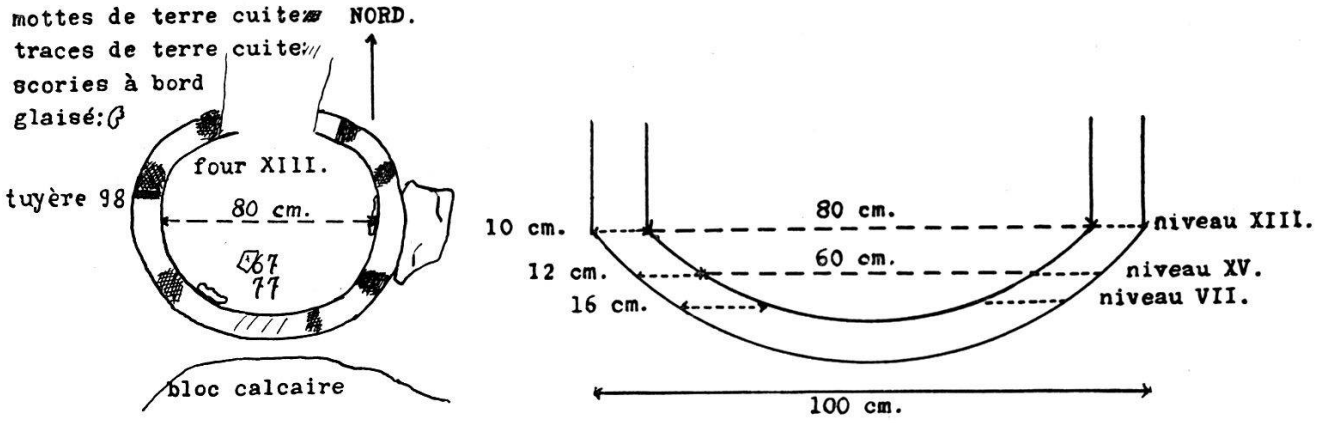


Fig. 7. — Four XIII et coupe théorique d'un fond de four.

Fig. 8. — Apparition du four XVIII.

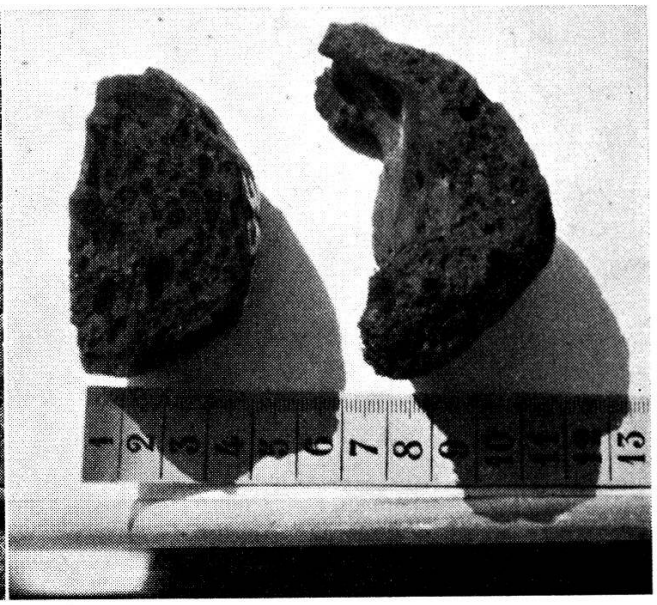
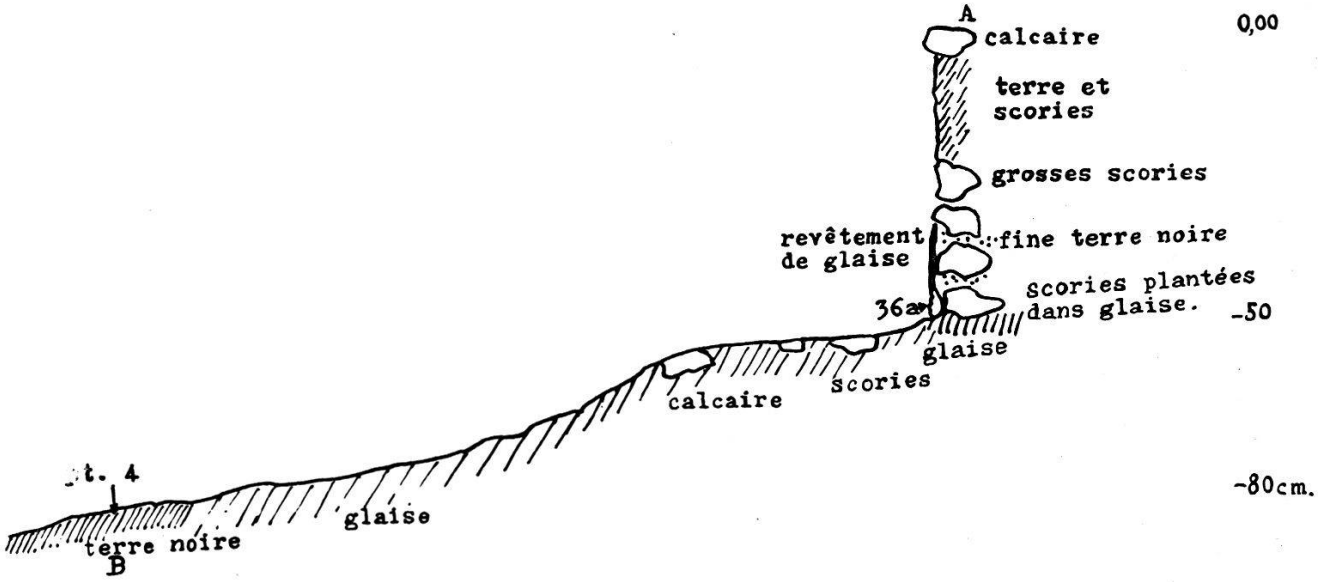


Fig. 9. — Scories n°s 36 *a* et 36 *b*, montrant l'incurvation du fond du four V.



FOUR V, Profil selon AB.

Fig. 10.

souvent de 70 à 75 cm. au niveau de l'empierrement. Font exception les fours XXIII (55 cm.) et XXI (ovale, 50/80 cm.). Quiquerez signale des cas analogues dus à des réfections successives [1]. En enlevant les scories on ramasse quelques débris de calcaire calciné, du charbon de bois, des déchets de fer, de la grenaille. Le fond, à soixante centimètres environ [2] en dessous

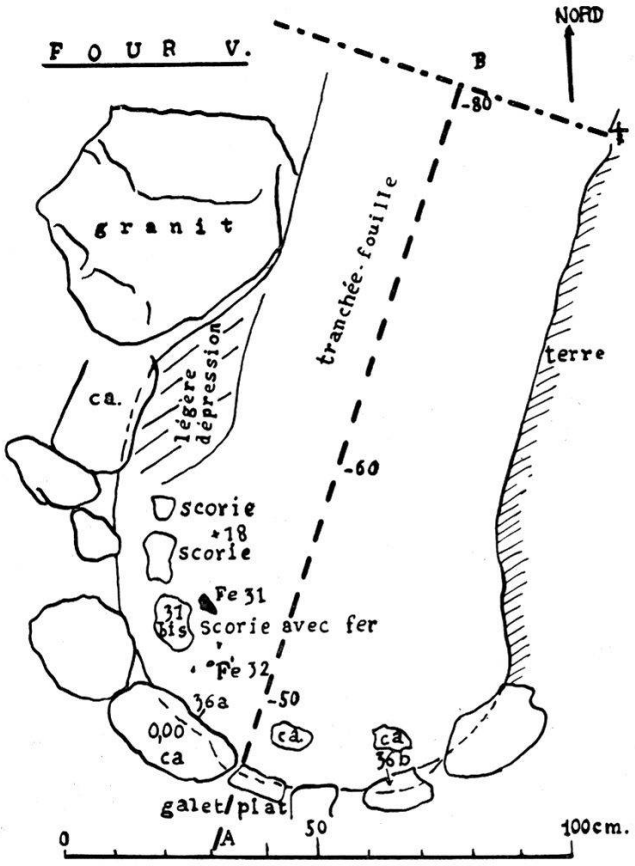


Fig. 11.

de l'empierrement, s'incline dans le sens de la pente. Etranglé par cet empierrement que l'on peut comparer avec *l'étalage* des hauts fourneaux, le creuset s'évase à peine au contact du fond. Le diamètre inférieur ne dépasse guère quatre-vingts centimètres. (Voir fig. 8 et 9.)

Dans les fours I à VI comme dans ceux dégagés par Quiquerez [3], la glaise du fond reste crue. Dans les fourneaux XIX-

[1] QUIQUEREZ, 1866 a, p. 48 et suiv., pl. IV.
[2] A 80 cm. de profondeur, au four XX, après un premier fond peu net à 60 cm.
[3] QUIQUEREZ, 1871, p. 78.

XXIV, au contraire, le glaisage, parfois recouvert de dalles, est cuit. (Voir fig. 13.)

L'argile des flancs ne laisse que quelques bouchons et un ou deux centimètres d'une poussière rougeâtre qui s'effrite sous le doigt et n'a servi qu'à lisser la paroi. Le puits n'est pas bâti en argile réfractaire comme ceux du Jura bernois, mais en scories dans les fours I à VI et XXIV, en pierres mêlées de

Fig. 12. — Four V.

scories aux points XXI à XXIII. Les fours XIX et XXIV sont encastrés dans le rocher.

Trois des vingt-trois fourneaux identifiés diffèrent de leurs voisins non par leur niveau, mais par leur diamètre intérieur qui atteint 100 cm., et par leur glaisage peu épais, mais régulièrement cuit, tapissé de minces plaques de scories (fours VIII, XI, XVII)[1].

---

[1] Pourrait-il s'agir de foyers de grillage ou d'affinage? Cf. WALTER SCHMID, *op. cit.*, p. 15-16, et ALBERT GRENIER, *Manuel d'archéologie gallo-romaine*, Paris, 1934, vol. 6 (2), p. 1004. De même DAREMBERG et SAGLIO, *Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines*, Paris, 1877 et suiv., art. *ferrum*, p. 1807.

Les superstructures. — L'empierrement qui borde le creuset et qui émerge parfois, comme le bloc de granit du four V (voir fig. 11), marque-t-il le gueulard, le haut du fourneau ? Les déchets en aval des points IV à VI ne sont pas suffisamment caractéristiques pour prouver l'existence d'une superstructure. Les flancs des fours XIX à XXIV se dessinent vingt à trente centimètres au-dessus du cercle de pierres. Dans le talus qu'ils dominent ont roulé des cailloux qui portent souvent des traces de cuisson.

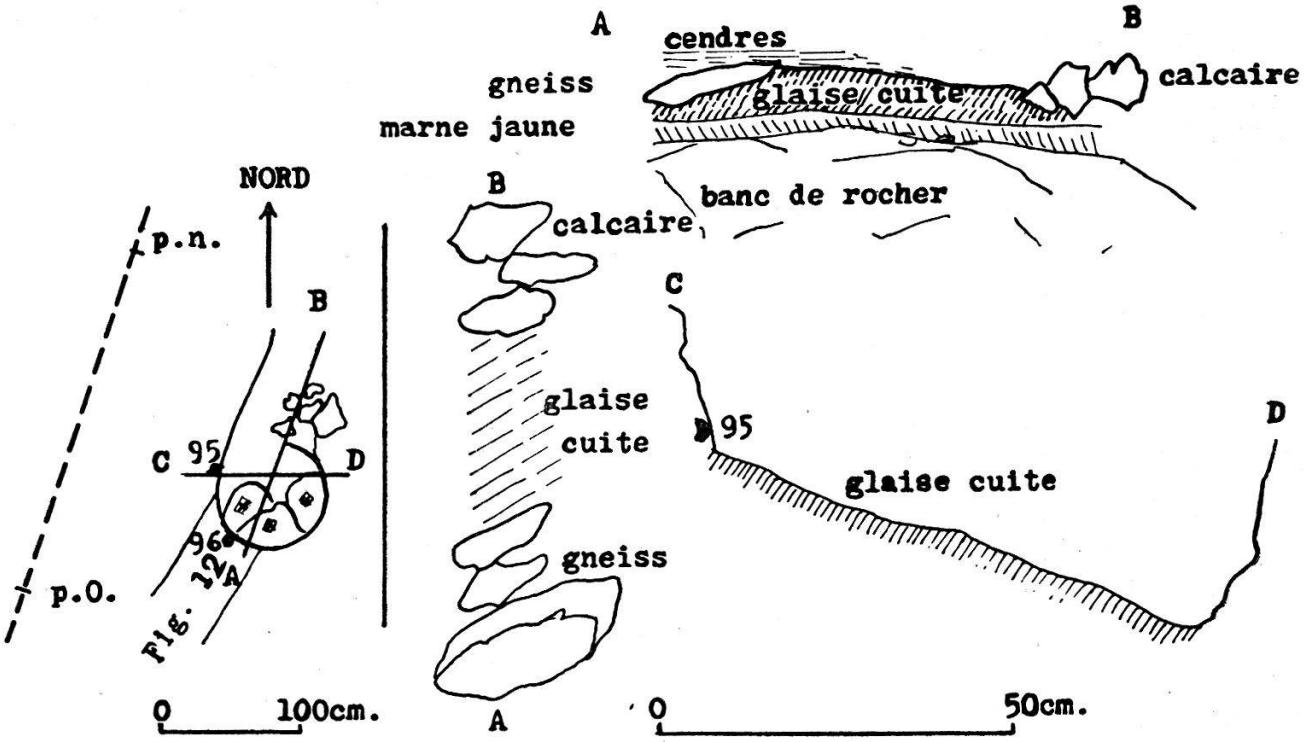


Fig. 13. — Four XIX.

Ce serait l'indice de cuves démolies. La zone des fours I à III apporte seule une précision : l'empierrement horizontal apparaît sous 70 cm. de déchets, qui forment un monticule détaché du talus. La succession des matériaux n'y semble pas l'effet du hasard : au fond, trente centimètres de lourdes scories assurent la solidité du creuset ; un pied de scories plus fines, mais compactes, soutiennent le lit de pierres. Au-dessus, quelque 70 cm. de terre mêlée de fines scories : c'est le matériau préféré au XVIIIe siècle encore pour la partie supérieure des petits fourneaux de l'Angermanland (Suède) [1], qui ont une forme évasée tenue par un

[1] E. Swedenborg, *op. cit.*, p. 69.

corset de poutres. Il ne semble pas que nous ayons affaire à ce type de construction (qui remonte aux Vikings). En arrière des fours I-III, les pierres protègent un bâti conique, traditionnel.

En tenant compte du vide laissé par l'effondrement du gueulard, et des glissements, nous pouvons admettre une superstructure d'environ trois pieds, ce qui donnerait au total 160 à 165 cm. (Voir fig. 14.)

* * *

Pour tous les fours, quelles que soient leurs différences, se posent de la même façon les problèmes de l'ouverture et de la ventilation.

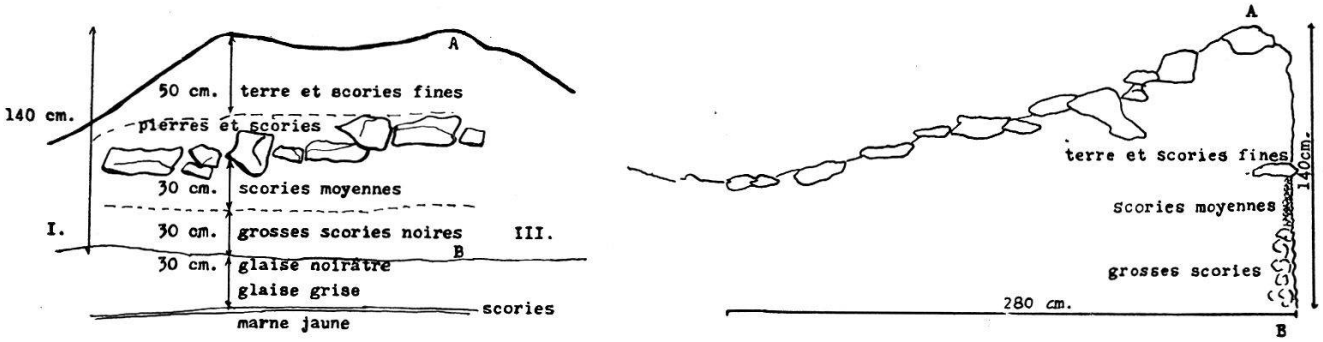


Fig. 14. — Coupe entre les fours I et III. Profil du four III.

La porte. — Les creusets ont une pente, un écoulement ; mais à aucun d'entre eux nous n'avons dégagé une dame [1] ou une porte nettement construite. Vraisemblablement on éventrait le fourneau après chaque fusion pour sortir la masse, la loupe de fer. Au four I, au V, des blocs de calcaire semblent marquer la limite de la zone d'ouverture. Beaucoup de scories portent la marque d'un ringard, d'une tringle qui les a percées ; son point de pénétration dans le foyer ne nous est pas clairement apparu.

La ventilation. — L'aspect noirâtre des crasses, leur vitrification médiocre et l'absence d'un cours d'eau excluent une soufflerie hydraulique [2].

Les fourneaux primitifs sont élevés sur le flanc d'une colline qui rabat l'air et assure le tirage. Leurs scories à peine vitrifiées ont fréquemment l'aspect de grappes ou de gouttes noires et

---

[1] *Dame,* renflement de glaise qui retient les matières en fusion devant la porte.
[2] Les scories de haut fourneau, hautement vitrifiées, tirent sur le vert bouteille.

compactes. (Voir fig. 15.) Nous en trouvons passablement de ce genre. Mais beaucoup plus sont nettement vitrifiées, d'un noir brillant, ou percées de bulles (voir fig. 16) ; dans les fonds, les sornes ont une apparence spongieuse. Ce sont là les effets de fourneaux à soufflerie manuelle. (Voir fig. 17.) Les scories en gouttes mêlées aux autres ne proviennent pas nécessairement

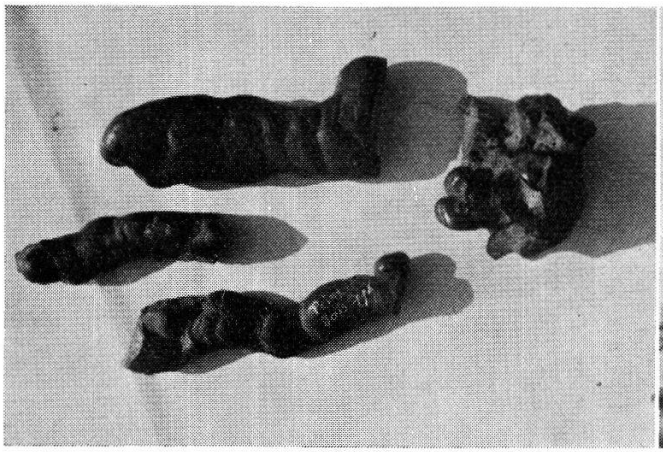


Fig. 15. — Scories en grappes et en gouttes.

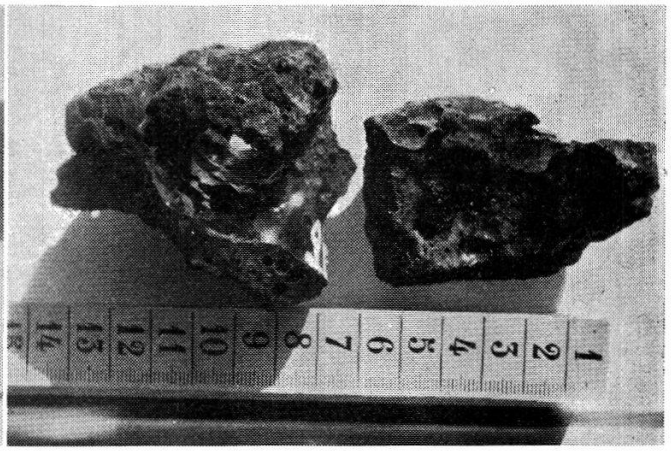


Fig. 16. — Scories percées et soufflées.

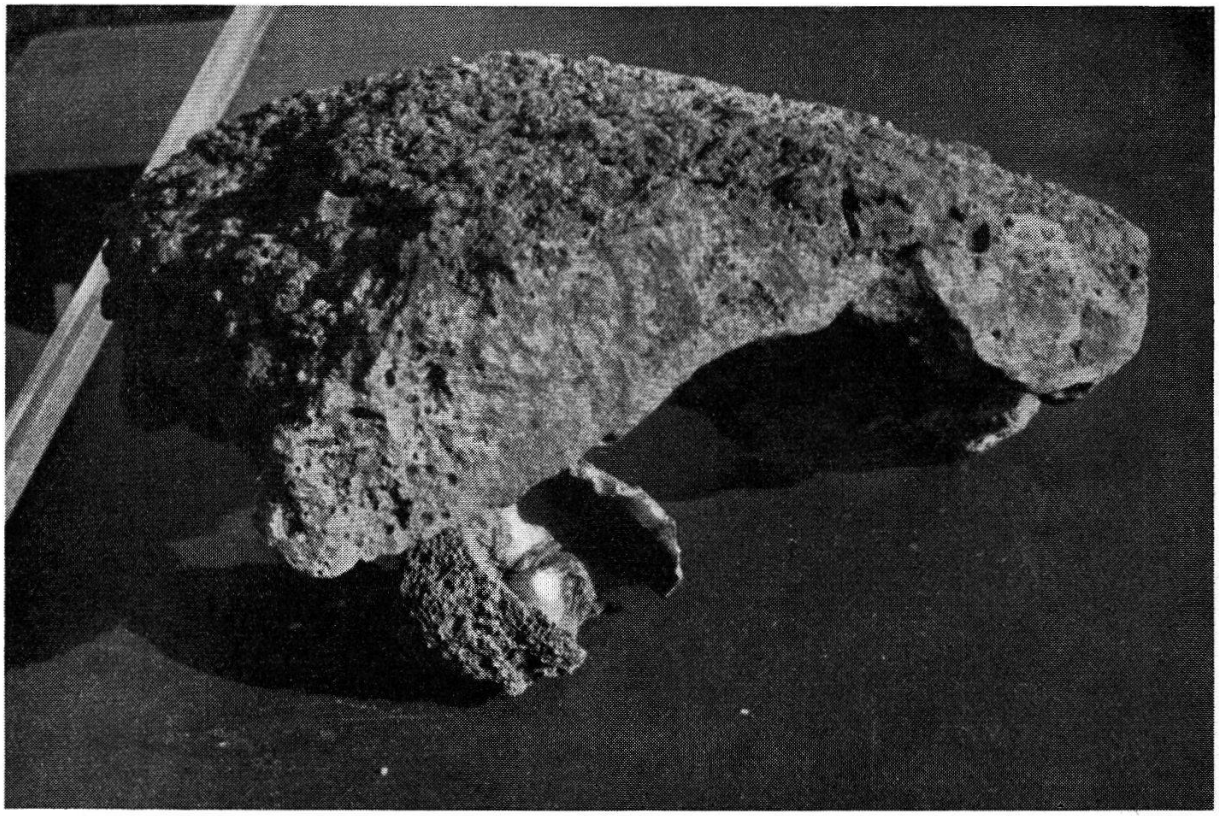


Fig. 17. — Scorie de fond.

d'une exploitation plus archaïque. Elles se forment lorsque la ventilation faiblit [1], par exemple quand la tuyère se bouche.

Le site de Prins-Bois conviendrait à l'ancienne technique, mais la pente facilite aussi l'alimentation des fourneaux. Les scories attestent l'emploi d'une soufflerie.

Les tuyères. — En Afrique [2], aux Indes et en Birmanie [3], en Allemagne, en Autriche [4], en France [5], partout, de l'antiquité jusqu'au XVIIIe siècle (jusqu'au XIXe pour les exploitations paysannes de Styrie), le soufflet s'adapte à une tuyère conique

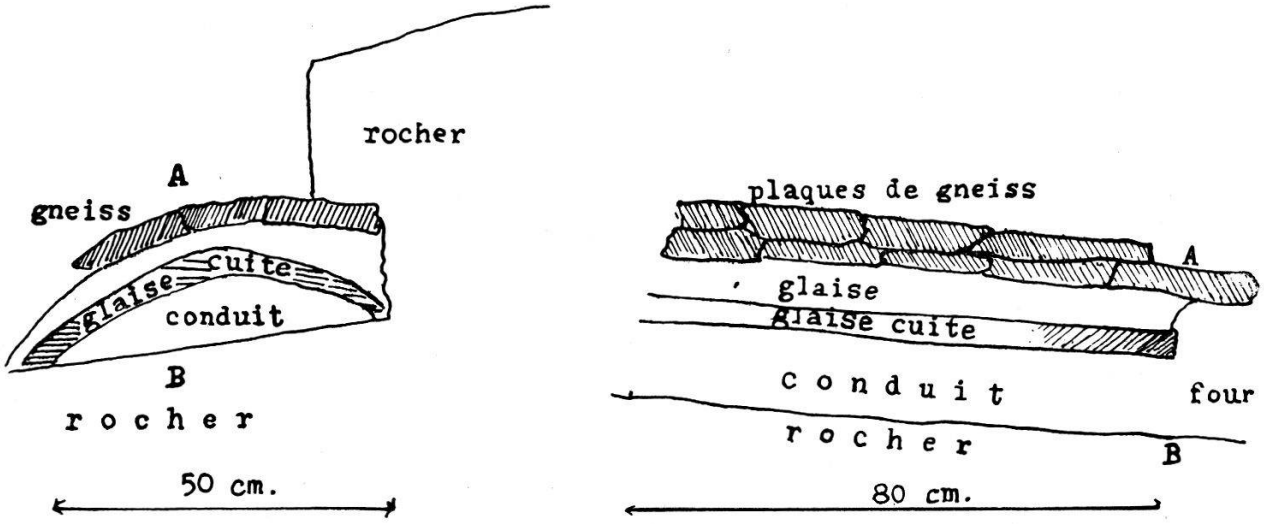


Fig. 18.

de terre cuite. Nous en avons retrouvé une trentaine de fragments, provenant d'une quinzaine de pièces au maximum.

Sous les flancs du four XIX, un créneau de terre cuite de 80 cm. de long, de 30 cm. de large avec une hauteur maximale de 12 cm., conduit à la tuyère proprement dite (fragments 96).

---

[1] JOSEPH-WILHELM GILLES, *25 Jahre Vorgeschichtsforschung durch Grabungen auf alten Eisenhüttenplätzen*, Bericht Nr. 16 des Geschichtsausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, dans *Archiv für das Eisenhüttenwesen*, 1957, Heft 4, p. 181.

[2] Pour l'Afrique, voir en général H. BAUMANN et D. WESTERMANN, *Les peuples et les civilisations de l'Afrique*, trad. fr., Paris, 1948 (avec bibliographie) ; RENÉ GARDY, *Der Schwarze Hephaistos*, Berne, 1954 ; GEORGES SCHWEINFURTH, *Au cœur de l'Afrique, 1868-1878*, trad. fr., Paris, 1875, t. I, p. 202 et suiv.

[3] OTTO JOHANNSEN, *Geschichte des Eisens*, 3e éd., Düsseldorf, 1953, Premier chapitre, et JOSEPH-WILHELM GILLES, *Die Grabungen auf vorgeschichtlichen Eisenhüttenplätzen des Siegerlandes...* dans *Stahl und Eisen*, 56, Heft 9, 1936, p. 255-256.

[4] Voir W. SCHMID, *op. cit.*, p. 18-19.

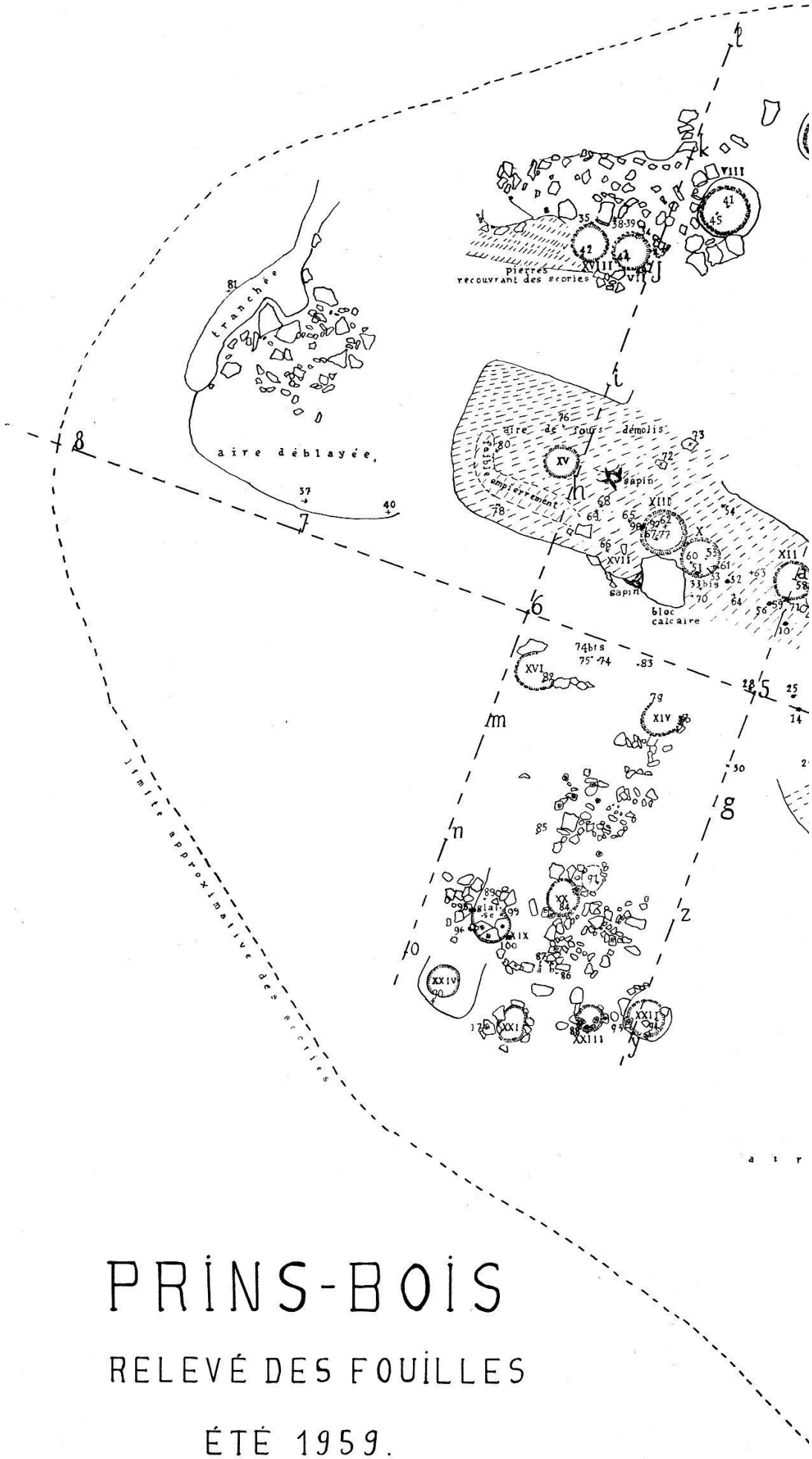
[5] G. DE COURTIVRON et E.-J. BOUCHU, *op. cit.*, p. 69.

Il repose sur le roc. Une couche de glaise crue que recouvre un dallage de gneiss le protège. (Voir fig. 18.) Dans la configuration actuelle du terrain, le conduit est à l'amont. En général, la tuyère semble former un angle droit avec la sortie (fragments 58, 98, 101, 102). Il y en a probablement deux par fourneau. Les numéros 10 et 98, longs d'environ 11 cm., donnent

Fig. 19. — Conduit de tuyère, four XIX.

un cône, dont l'extrémité la plus étroite mesure 3 cm. (98) et la plus large 7 cm. (10). (Voir fig. 21.) Cette forme permet une adaptation exacte du soufflet. A mesure que le cône s'élargit, la terre cuite s'épaissit (de 0,9 à 3,5 cm. au numéro 10)[1]. Le bloc de la tuyère se termine par un évasement ovale destiné à faciliter l'insertion du bec du soufflet, s'il n'est pas dû simplement à

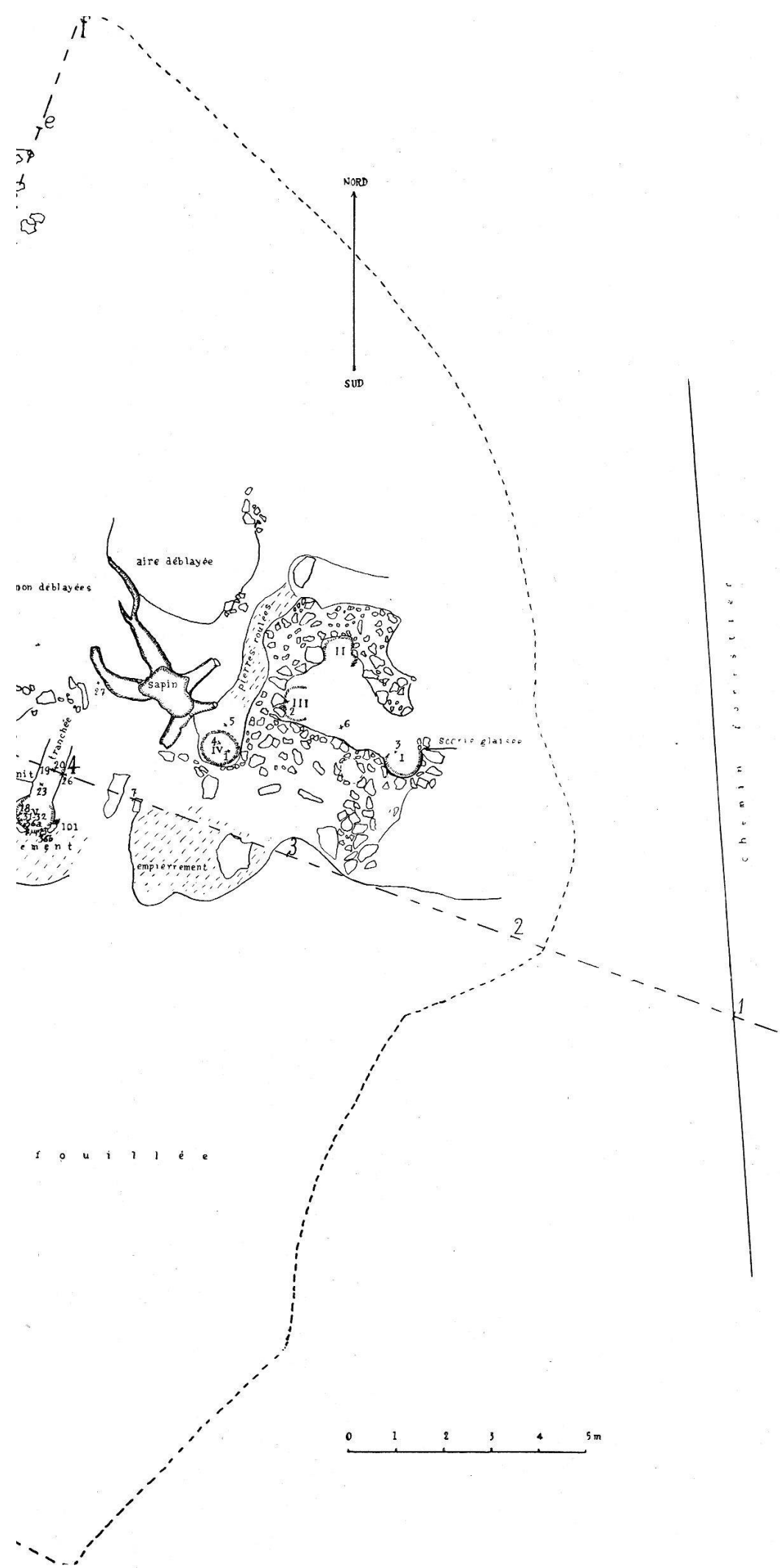
[1] Les diamètres des autres fragments confirment ces données. Reconstitués après modelage (marge d'erreur 2 à 3 mm), ils varient de 3,6 à 5,3 mm. Dans la mesure où l'on peut les situer correctement sur le terrain, les plus étroits sont les plus proches du creuset. Les numéros 21 et 24'''' ont un diamètre de 7,4 et 7,7 cm. Ils sont moins lisses. Il s'agit de morceaux d'évasements. Les fragments qui se sont conservés sont les mieux cuits ; les plus friables (à quelques exceptions près) ont disparu ; cela explique le petit nombre des tuyères retrouvées.



PRINS-BOIS

RELEVÉ DES FOUILLES

ÉTÉ 1959.


NORD
SUD
aire déblayée
non déblayées
sapin
pierres roulées
III
II
IV
I
scorie glaiceo
tranchée
empierrement
chemin forestier
f o u i l l é e
0 1 2 3 4 5m

l'effet des vibrations de la soufflerie sur la glaise encore molle. L'orifice est posé quelques centimètres au-dessus du fond du creuset. (Voir fig. 22.)

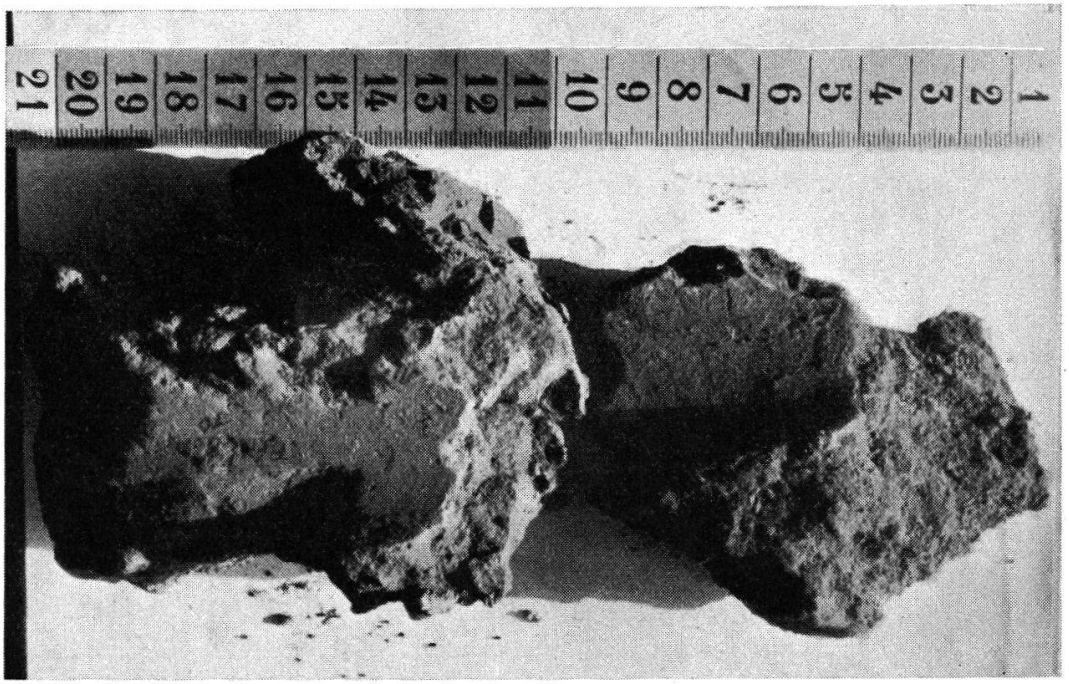


Fig. 21. — Fragments de tuyères n°s 10 et 98.

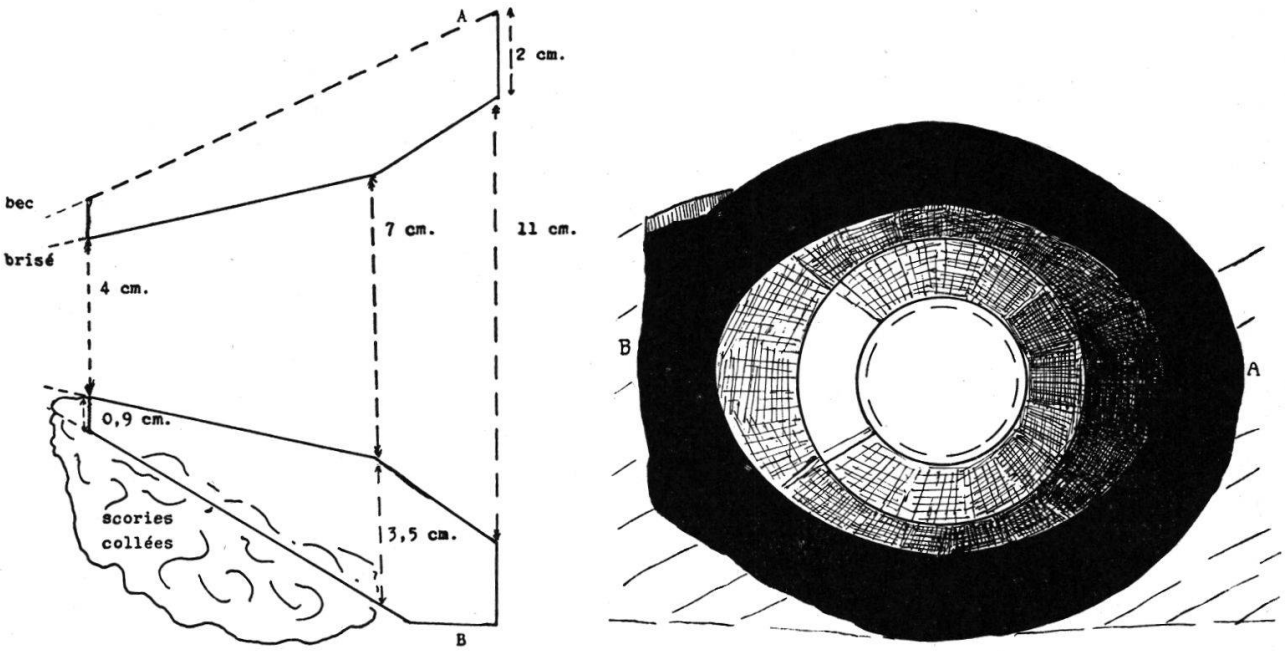


Fig. 22. — Tuyère n° 10, reconstitution.

Les scories obstruent parfois la soufflerie ; c'est un accident connu de toute exploitation. Au fond du four VI, un bouchon de 5 cm. de long et de 5,2 cm. de diamètre accompagnait les fragments 24, plus étroits. (Voir fig. 23.)

Distribution des fourneaux. — Sur notre plan, souvent deux fours apparaissent exactement au même niveau et accolés : les VII et XVIII, X et XIII, IX et XII, par exemple. S'agit-il de constructions jumelées comme il y en eut en Suède [1] ? Nous

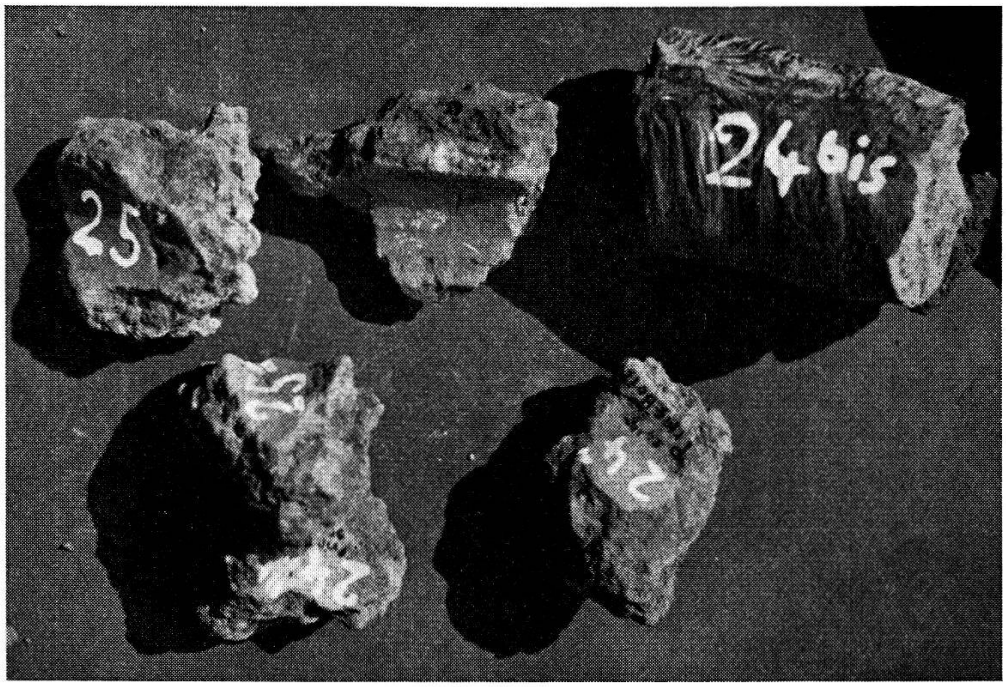


Fig. 23. — Fragments de tuyères et scories en bouchon.

admettrions plus vite une succession dans le temps. Lorsqu'un des fours s'obstrue, se fissure ou s'effondre, on en rebâtit un contre le flanc encore solide du précédent, en réutilisant ses matériaux. Nous avons ramassé fréquemment des scories glaisées sur deux faces ou dans leur partie concave. Les constructeurs repartent du fond déjà damé. C'est obéir à la loi du moindre effort. Sauf au four XX, peu net d'ailleurs, nous n'avons pas noté de fonds superposés, une succession verticale, comme W. Schmid [2] à Lölling ou W.U. Guyan à Bargen [3].

---

[1] E. Swedenborg, *op. cit.*, p. 70.
[2] W. Schmid, *op. cit.*, p. 22.
[3] Walter-U. Guyan, *Die Eisenöfen im Hoftal bei Bargen* (Kanton Schaffhausen)..., dans *Revue suisse d'art et d'archéologie*, vol. 17, fasc. 3/4, 1957, p. 159-174.

Les fours les mieux conservés sont construits en scories. Mais encore en faut-il ! Les plus anciens ont été montés vraisemblablement avec de la glaise et des pierres. L'entreprise semble commencer au couchant, vers les fours XV à IX, les plus démolis, dispersant des scories selon la pente vers le nord (zone VII-XVIII) et vers l'est (zone I-III). L'empierrement des fours VII-XVIII, postérieur, recouvre une couche de scories. En reprenant des déchets pour affermir le fond on aurait passé à la zone X-XIII. Démolis, les premiers fours contribuent à la construction des suivants, XIV à XVI, puis VI à IV. Ce réemploi des matériaux complique à chaque instant la compréhension de nos dégagements. D'autre part, beaucoup de réfections avec déplacement horizontal ne laissent que des traces incertaines.

Les fourneaux à fer du haut (XIX à XXIV), séparés des étages inférieurs par un affleurement rocheux utilisent moins de scories, sauf le XXIV. Leurs fonds sont-ils dallés de gneiss pour renforcer une glaise devenue rare, ou redoute-t-on la calcination du calcaire ? Les creusets, moins détériorés, semblent plus récents qu'au bas du talus. Font exception, les fours I à III : accolés à des crassiers massifs, ils reposent sur trente centimètres de glaise grise, qui paraissent s'être accumulés par lessivage depuis le début de l'exploitation. Les empierrements sont moins démolis, la hauteur des fourneaux mieux perceptible. Ils représenteraient une dernière étape de la ferrière, peut-être une reprise d'activité après recrue de la forêt. Les variations notées dans l'édification des fourneaux semblent dépendre moins de la chronologie que des données topographiques. Tous présentent en effet plus de traits communs entre eux que de divergences : ainsi l'absence de portes, la faiblesse du glaisage, la précarité de la superstructure.

En aval du jalon 7, un amas de pierres n'a révélé aucun four. Seules de nouvelles fouilles nous apprendraient s'il s'agit de la forge, de l'atelier où l'on cinglait les masses de fer — ce que pourrait faire supposer la proximité des fourneaux présumés les plus anciens, et la disposition en éventail des premiers qui les ont suivis.

Scories et minerais

Note préliminaire. — Ce chapitre est l'adaptation de l'essai suivant : *Die Technische Untersuchung der Schlacken und Erze von Prins-Bois,* rédigé par M. Oskar Stücheli pour le Comité des fouilles. Il est fondé principalement sur les deux rapports d'analyses faits par Mme E.-M. Modl-Onitsch [1] ; sur les Comptes-rendus N°s 16 et 27 de la Commission historique au « Verein Deutscher Eisenhüttenleute » [2] et sur l'exposé de J. W. Gilles au Colloque international du fer de Nancy, en 1956 [3].

* * *

Nous l'avons noté à propos de la ventilation (p. 68), l'aspect des scories, à lui seul, renseigne déjà le spécialiste qui peut en déduire la provenance : haut fourneau ou foyer à loupe, à tirage naturel ou à soufflerie. Il distingue aussi les crasses évacuées par le trou de coulée : leur surface est creusée de grosses bulles (voir fig. 24), elles sont parfois moulées par les parois de l'orifice. Les scories qui se sont au contraire agglomérées dans le creuset prennent l'aspect de sornes compactes (voir fig. 17) ou de morceaux poreux et spongieux (voir fig. 25) dans lesquels s'incrustent fréquemment des débris de charbon ; elles sont souvent collées à des fragments du revêtement intérieur du four [4].

L'analyse des composants chimiques apporte à ce premier examen des compléments d'information précieux sur le type du fourneau, son fonctionnement (fusion acide ou basique par exemple) et sur les minerais fondus.

---

[1] E. M. Modl-Onitsch, *Bericht über die chem. Untersuchung von Schlacken aus frühgeschichtlicher Eisenerzeugung im Kt. Waadt,* Manuskript, du 26.10.1959.

E. M. Modl-Onitsch, *Untersuchungsbericht über ein Eisenstück frühgeschichtlicher Eisenerzeugung im Kt. Waadt,* 18.1.1960, et Lettre du 19.1.1960.

[2] J. W. Gilles, *25 Jahre Siegerländer... op. cit.*

J. W. Gilles, *Versuchsschmelze... op. cit.*

[3] J. W. Gilles, *Les fouilles aux emplacements des anciennes forges dans la région de la Sieg, de la Lahn et de la Dill,* dans *Le fer à travers les âges,* Nancy, 1956, p. 57-81.

[4] J. W. Gilles, *Rennfeuerhütten der Waldschmiedezeit (11. bis 14. Jahrh.) im märkischen Sauerland.* Besprechung einer Arbeit von M. Soennecken (Westph. Forschung, 11 (1958), p. 122-140, dans *Stahl und Eisen,* 80 (1960), n° 2, 21 janvier 1960, p. 106.

Les scories ou laitiers se composent de la gangue du minerai et de la partie des oxydes de fer qui n'a pas été réduite par la fusion, dont la proportion est considérable dans les exploitations primitives (40 à 50 %, parfois davantage). Il s'y ajoute des éléments provenant du combustible, des matériaux qui ont servi à la construction du fourneau et qui se sont détachés des parois, enfin des fondants que l'on peut y avoir ajoutés. En moyenne, plus le tirage est puissant, moins il reste d'oxydes de fer.

On parle de scories acides quand la teneur en silice, alumine et anhydride titanique ($SiO_2 + Al_2O_3. + TiO_2$) est plus forte

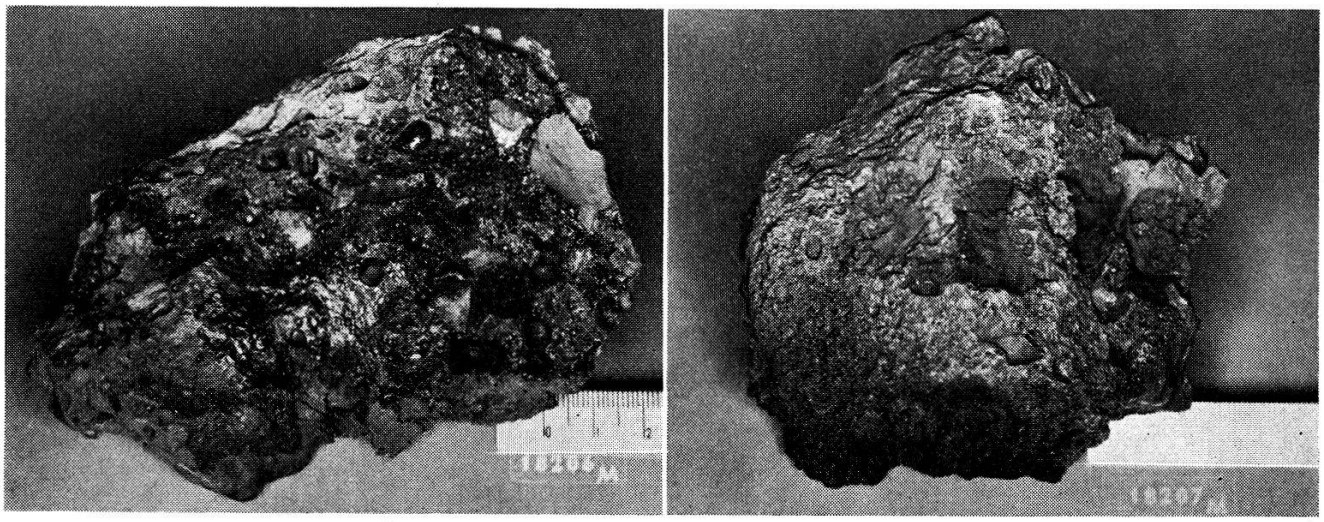


Fig. 24-25. — Scorie de Ferreyres (maison Favre). Scorie de Prins-Bois. (Photos Sulzer.)

que celle en chaux, en magnésie, en protoxyde de manganèse et en oxyde ferreux ($CaO + MgO + MnO + FeO$) [1].

Au cours d'une fonte utilisant un même minerai et un seul type de combustible, la composition chimique des scories varie extrêmement, selon qu'elles se sont formées : 1° au début de la mise à feu : 2° au plus fort de la combustion ; 3° à la fin de l'opération. Le « Verein Deutscher Eisenhüttenleute » a mis en activité en 1958 à titre expérimental une réplique des fourneaux à tirage naturel de la fin de la période de la Tène (voir fig. 33, n° 6), chauffés avec du charbon de hêtre provenant d'une même meule et chargés d'un mélange de deux tiers d'hématite brune (Braun-

[1] R(OBERT) DURRER, *Verhütten von Eisenerzen*, éd. 1954, p. 58, trad. par MICHEL AUXENFANS, Paris, 1957, p. 43.

eisenstein) et d'un tiers d'un carbonate de fer (Feinglanz). Dans les scories de ce four expérimental, la teneur en fer et manganèse varie de 8,4 % à 68,1 % ! Celle en silice, de 68,7 % au début, s'abaisse à 13.7 % à la fin de l'opération. La teneur en FeO fluctue de 4,7 à 47,3 %, celle en Fe_2O_3 de 25,5 à 3,2 %. Phosphore, soufre et calcium ne se retrouvent qu'en faible quantité. Comme le minerai (dont voici la composition moyenne : Fe 51,6 % ; Mn 1,4 % ; SiO_2 11,7 % Al_2O_3 4,2 % ; CaO 1,4 % ; MgO 0,7 % ; P 0,26 %) les scories sont acides [1].

Par conséquent, on ne peut tirer aucune conclusion valable de l'analyse d'une seule scorie. Il faut en récolter un certain nombre — au moins six dit Gilles [2] — pour obtenir une moyenne. Il serait souhaitable d'étudier de plus nombreux échantillons encore. Devant les frais, il faut bien se résoudre à déterminer par un plan de travail préalable dans quel cas des analyses complètes sont indispensables, et dans quels autres cas des analyses partielles peuvent suffire. C'est ainsi que nous avons procédé. Notre travail mériterait d'être complété à bien des égards. Pourtant il permet déjà des comparaisons entre nos différents sites et avec les résultats obtenus à l'étranger. (Voir p. 98.)

Analyses des scories. — I. Le 6 août 1958, un premier sondage à Prins-Bois et à Ferreyres permet de prélever de nombreuses scories, analysées comparativement à du laitier provenant de l'un des trois hauts fourneaux qui se sont succédé à la Jougnenaz sur Baulmes (1576, 1602, 1761-1781), transmis par M. Jean Margot, de Sainte-Croix. Elles ont donné les résultats suivants (Analyse spectrale semi-quantitative) [3] :

Année 1958, N° 9. La Jougnenaz (coord. 524,875/181,775, feuille Orbe). (Voir fig. 26.)

	Si %	Al %	Ca %	Mg %	Fe %	Mn %	Na %	P %	Ti %	V %
a)	41,09	3,76	42,34	9,47	1,32	0,99	0,36	<0,10	0,57	0,045
b)	40,52	1,79	48,27	6,07	1,50	0,82	0,53	<0,10	0,41	0,10
c)	46,44	2,65	43,18	3,02	1,39	1,35	0,58	<0,10	0,45	0,90

[1] J. W. Gilles, *Versuchsschmelze...* p. 1690-1695.
[2] Dans *25 Jahre Siegerländer...*
[3] Rapport du 26.10.1959, p. 2.

Année 1958, N° 1, Ferreyres, maison Favre. (Voir carte, fig. 2, et fig. 24.)

Si %	Al %	Ca %	Mg %	Fe %	Mn %	Na %	P %	Ti %	V %
58,4	4,53	3,25	1,61	22,45	2,26	4,53	1,12	0,58	0,125

Année 1958, N° 5. Prins-Bois. Scorie provenant d'un tas arrondi d'environ 5 m. de diamètre et de 1,5 m. de hauteur. (Sur le plan (fig. 20) = zone des fours I, II, III.) (Voir fig. 25.)

Si %	Al %	Ca %	Fe %	Mn %	Na %	P %	Ti %	V %
44,33	3,24	1,37	43,91	1,67	2,22	1,80	0,56	0,27

La teneur en fer et manganèse des scories provenant du haut fourneau est extrêmement faible : 2,3 à 2,6 %. Les éléments basiques dominent. Les scories 1 et 5 sont au contraire nettement acides, et leur teneur en fer et manganèse très élevée (45,58 % au 5). Aucun doute n'est possible, elles proviennent d'une exploitation toute différente.

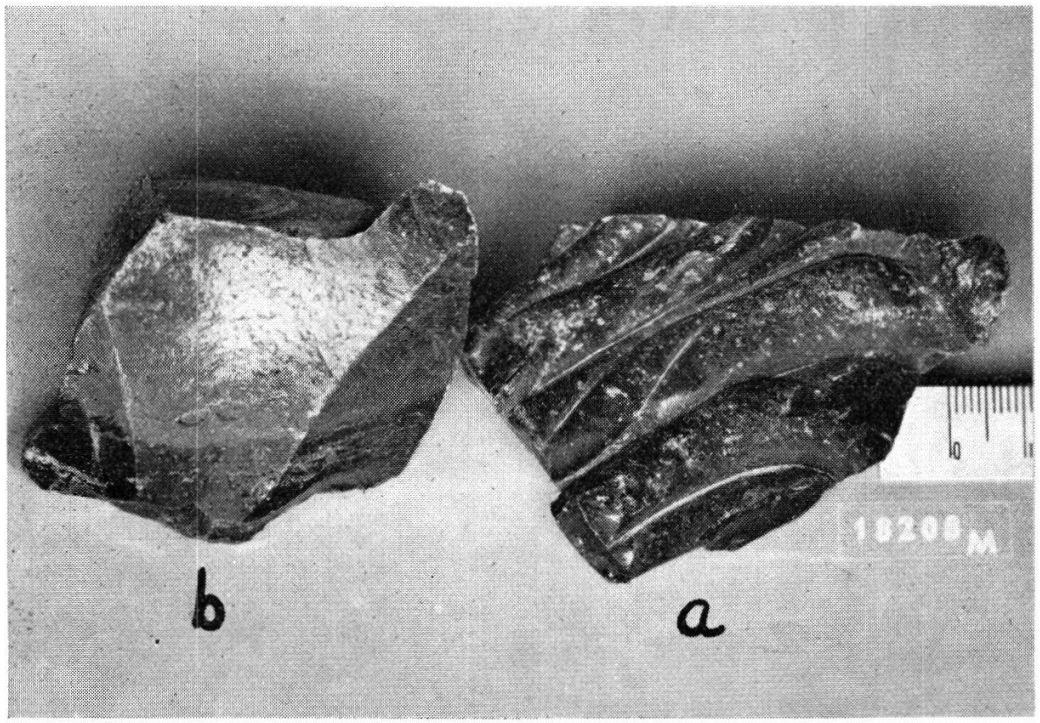


Fig. 26. — Laitier de la Jougnenaz. (Photo Sulzer.)

II. A la fin de la campagne de fouilles de l'été 1959, treize séries d'échantillons sont analysés, dont trois proviennent de Prins-Bois et deux de Ferreyres. Une confrontation de toutes les analyses, semi-quantitatives ou chimiques de Juriens et Ferreyres, donne le tableau suivant (voir p. 82).

Nous en tirons quelques constatations :

a) Il s'agit de scories acides, telles qu'elles peuvent provenir de fourneaux archaïques.

b) Seule l'analyse semi-quantitative (1958/5) donne un chiffre supérieur à 40 % de Fe. La moyenne de la tabelle I est de Fe 27,13 %. Nous pouvons admettre une moyenne : Fe + Mn d'environ 28 %, exceptionnellement basse pour des fourneaux primitifs. Le chiffre obtenu est-il dû à un ramassage unilatéral, insuffisant ? Les scories dont la teneur en Fe n'atteint pas 30 %, ne semblent pas provenir uniquement de la première phase de la fusion. Si c'est vraisemblablement le cas de Ferreyres (1958/1) d'après la figure 24, il n'en est pas de même des scories pulvérisées (1959/11) prises dans le fond du four XIX (no 89 du plan).

c) La teneur en silice, de 29,06 à 43,37 %, en moyenne 37,97 %, dépasse les normes (20 à 35 %) indiquées par R. Durrer [1].

d) Les scories de Prins-Bois contiennent de 0,7 à 1,5 % de chaux ; à la Bossenaz et en Rosset, 3,15 et 4,30 %.

Les autres sites. — Les six autres séries d'échantillons analysés proviennent de La Sarraz, Pompaples et Moiry. Ils ont donné les valeurs suivantes (voir tableau II à la page 83).

---

[1] R. Durrer, *op. cit.*, éd. 1954, p. 59.

Tableau I

	JURIENS								FERREYRES		
Site	Prins-Bois							Rosset	Maison Favre		Bossenaz
N° d'an.	1957/b	1957/c	1957/d	1958/5		1959/10	1959/11	1959/1	1958/1		1960/13
	Anal. spectr. %	Anal. spectr. %	Anal. spectr. %	Anal. spectr. %	Anal. chimique %	Anal. chimique %	Anal. chimique %	Anal. chimique %	Anal. spectr. %	Anal. chimique %	Anal. chimique %
Fe, tot.	32,39 *	23,45 *	21,78 *	43,91 *	37,7	26,07	22,23	29,31	22,45 *	26,4	23,73
Mn, tot.				1,67		0,38	0,60	0,34	2,26		0,35
Ft+Mn				45,58		26,45	22,83	29,65	24,71		24,08
FeO						9,77	6,18	30,32			22,56
Fe_2O_3						26,35	24,86	8,14			8,86
SiO_2						29,06	41,24	38,24			43,37
Al_2O_3						20,10	5,30	14,40			17,30
TiO_2						0,42	0,55	1,00			0,67
CaO						1,50	0,70	4,30			3,15
MgO						0,13	0,19	0,35			0,70
MnO						0,49	0,78	0,44			0,45
K_2O						0,38	0,32	0,57			0,53
Na_2O						0,47	0,18	0,35			0,01
P				1,80 *		0,19	0,23	0,21	1,12 *		0,16
S						<0,01	<0,01	<0,01			<0,01
V				0,27 *		sensibles à l'aimant. n°s 43 d-e et 70	pulvérisées au fond du four XIX n° 89		0,125 *		
						(Voir plan)					

TABLEAU II

Site	MOIRY Fontaine des Forges		LA SARRAZ Sur Maillefer			POM-PAPLES Saint-Loup
	En dessous du chemin	En dessus du chemin	Point n° 9	Point n° 10 b	Point n° 10	Parc de l'hôpital
Analyse chimique	1959/6	1959/5	1959/2	1959/8	1959/3	1959/4
Fe tot.	22,93	16,79	13,71	13,15	12,24	10,35
Mn tot.	0,58	0,78	0,14	0,12	0,12	0,12
Fe+Mn	23,51	17,57	13,85	13,27	12,42	10,47
FeO	13,79	5,03	4,18	2,59	2,59	3,59
Fe_2O_3	17,40	18,36	14,92	15,88	14,58	10,78
SiO_2	42,06	48,48	41,78	39,35	41,38	40,30
Al_2O_3	17,75	20,95	27,50	27,50	32,01	32,80
TiO_2	0,54	1,00	0,92	0,87	0,87	0,75
CaO	5,00	3,95	3,45	4,15	3,80	5,50
MgO	0,24	0,05	3,60	1,83	0,05	0,16
MnO	0,75	1,01	0,18	0,15	0,23	0,16
K_2	0,22	0,12	1,05	0,83	0,51	0,96
Na_2O	0,61	0,89	0,51	0,50	0,47	1,13
P	0,17	0,09	0,34	0,23	0,39	0,22
S	<0,01	0,02	0,02	0,05	0,05	0,01
	Scorie compacte	Scorie soufflée				

Dans les scories de la seconde tabelle, la moyenne Fe + Mn tombe à 15,89 %. Celle en silice s'élève à 42,27 %. Seule la chaux (4,37 %), une fois encore, correspond aux constatations faites ailleurs [1].

Les crasses ramassées sur Maillefer, aux points 9, 10 et 10*b*, malgré la distance qui les sépare, ont une composition si semblable qu'elles sont issues d'un même fourneau ou de forges utilisant dans les mêmes conditions les mêmes matières premières.

[1] J. W. GILLES, *25 Jahre...* p. 182.

Une proportion d'oxydes de fer et de manganèse encore plus faible que dans le premier tableau, indique une réduction plus complète qui peut provenir :

I. *D'un minerai à la fusion plus aisée,* à plus forte teneur et silice et alumine (SiO_2 et Al_2O_3). II. *D'une ventilation plus puissante.* Les scories de Saint-Loup gisent à proximité d'un mouvement de terrain qui indique une ancienne dérivation ou un ancien cours du Nozon ; leur teneur en fer est la plus faible de toutes, alors que la prédominance acide est un peu moins marquée (voir graphique ci-dessous). Il pourrait s'agir d'une entreprise munie d'une roue à eau (« Stückofen ») ou d'une forge d'affinerie [1]. Il n'en est pas de même à Maillefer, site absolument dépourvu d'eau.

---

[1] J. W. GILLES, *25 Jahre...*

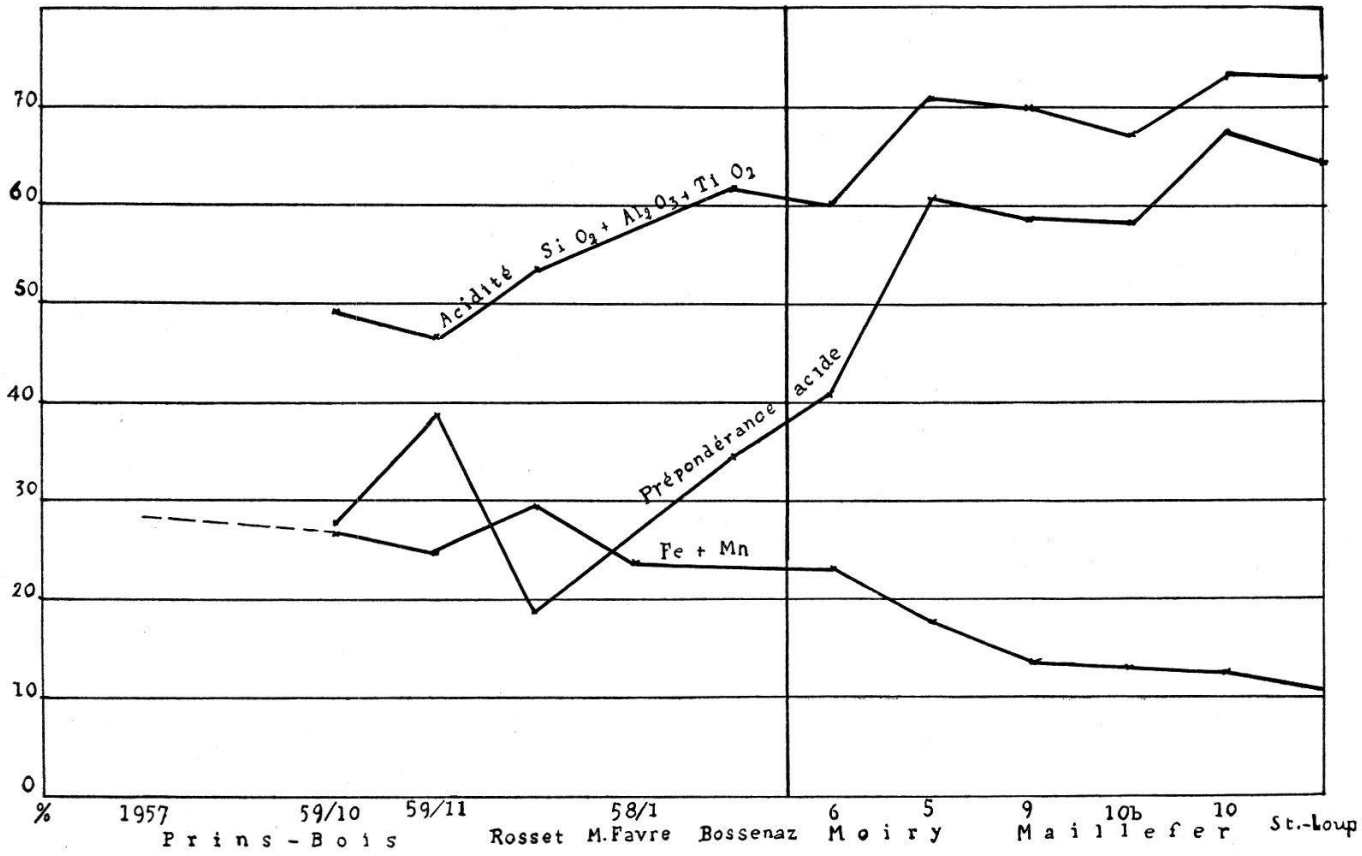


Fig. 27. — Taux d'acidité des scories.

Minerais

Comme nous l'avons vu p. 79, les scories d'une même opération de fonte sont extrêmement différentes. Il n'est possible de tirer quelques présomptions sur le minerai dont elles proviennent qu'à la suite d'analyses répétées et concordantes. La teneur en phosphore, en manganèse, en titane, en soufre, par exemple, nous donne des indications précieuses. Dans les fourneaux à faible tirage, seuls les oxydes de fer étaient réduits. Le phosphore lui-même restait avec la gangue et passait dans le laitier. Les proportions notées dans les analyses de scories peuvent être concluantes.

a) D'une manière générale, les scories acides sortent de minerais acides, les basiques, de minerais basiques — à moins que l'on n'ait rajouté un fondant (castine).

Le graphique ci-dessus prouve clairement que nous avons des minerais acides, à forte proportion de silice. La moindre acidité des scories de Rosset s'explique par une forte présence de FeO (30,32 %).

b) *Phosphore.* D'après Gilles [1], jusqu'à 0,3 % du phosphore provient du charbon de bois. Avec 0,16 à 0,23 % pour le tableau I et 0,09 à 0 34 % pour le tableau II nous avons affaire, c'est certain, à du minerai peu phosphoreux.

c) *Manganèse.* La proportion du manganèse dépend dans les scories de leur richesse en silice. D'après le procédé indiqué par Gilles [1] pour déterminer la teneur en Mn du minerai nous obtenons 0,23 à 0,42 % pour les minerais de la tabelle I; 0,15 %, pour la tabelle II. Il s'agit de minerais pauvres en Mn.

d) *Chaux et Magnésie.* Jusqu'à 3 % de la chaux et de la magnésie proviennent de la cendre du charbon de bois et des parois du fourneau. A Prins-Bois, la teneur en CaO varie entre 0,70 et 1,50 % ; dans les autres sites, de 3,15 à 5,5 %. Celle en magnésie oscille dans les deux tabelles entre 0,05 et 3,60 %. Minerais pareillement pauvres en calcaire et magnésium.

---

[1] J. W. Gilles, *25 Jahre...* p. 182.

En résumé, l'analyse des scories récèle des minerais acides, très riches en silicium, pauvres en phosphore, en manganèse, en magnésium et en calcaire.

Les minerais du Jura. — Les géologues constatent dans le Jura et sur ses flancs trois groupes de minerais de fer [1] :

1. *Le sidérolithique,* ou *mine de pois* (Bohnerz) des anciens auteurs [2], répandu du canton de Schaffhouse jusqu'à la Vallée de Joux (mines du Risoux). Les gisements les plus intensément exploités sont ceux du Jura bernois ; le plus vaste, celui de Goumoëns-le-Jux (200 millions de t.).

2. *Le minerai oolithique du Dogger* (minette), dont les principaux gisements sont ceux du Fricktal en Argovie. M. Daniel Aubert, auteur de la carte géologique de la région d'Orbe (en impression), a repéré du minerai de fer dans le Dogger du Mont-de-Baulmes (coord. 528-29/183-84) [3].

3. *Les limonites non oolithiques* (Valanginien à limonites), signalées principalement dans les Jura neuchâtelois et vaudois, exploitées autrefois à La Côte-aux-Fées, à l'Auberson, au Mont d'Orseyres/Vallorbe, aux Charbonnières (Vallée de Joux) [4].

---

[1] Voir, en général, H. FEHLMANN, *Die Schweizerische Eisenerzeugung, ihre Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung,* Berne, 1932 ; E(RNST) KÜNDIG und F(RANCIS) DE QUERVAIN, *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz,* 2e éd., Berne, 1953 ; W. EPPRECHT, *Unbekannte Schweizerische Eisenerzgruben sowie Inventar und Karte aller Eisenerz- und Manganerz-Vorkommen der Schweiz,* Berne, 1958. (Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie, Nr. 19.)

[2] G. DE COURTIVRON et E. J. BOUCHU, *op. cit.*, p. 17.

[3] Renseignement aimablement transmis par l'auteur.

[4] Les quelque 2500 pièces d'archives déjà dépouillées pour une histoire de la sidérurgie en Suisse romande (XIe à XVIIIe siècle) ne donnent aucun renseignement explicite sur l'exploitation du minerai du Dogger, ni sur le sidérolithique de Goumoëns-le-Jux. Elles ont permis cependant de relever à l'extrémité septentrionale de ce puissant gisement, à la grange de Chevressy sur Pomy (coord. 541, 37/179, 75) la présence d'un forgeron en 1232 (CHARLES ROTH, *Cartulaire du Chapitre de Notre-Dame de Lausanne,* Lausanne, 1948, p. 238-239). Sur le territoire voisin de Cuarny nous notons : le « chemin du Ferrajoz », la « Coustaz au Forney », la « Favoirge », la « Minnaz » (coord. 543-544/179-181 ; A.C.V., G II 360). Sur le territoire de Bavois, à environ 1 km. de l'affleurement principal, les plans cadastraux conservent les lieux-dits, Es Fornets, en Fosseaux, Es bois es Favres. C'est une famille Favre qui possède au XVIIe siècle le champ des Fornets (A.C.V., G II 259). Avant de nier l'exploitation du sidérolithique du bassin de Goumoëns, comme on l'a fait jusqu'à présent, il conviendrait d'en explorer le secteur.

Quant à la limonite valanginienne, elle est exploitée dès 1569 (probablement 1490) à L'Auberson, dès 1558 au Mont d'Orseyres/Vallorbe, dès le XVIe siècle à la Vallée de Joux. Le minerai extrait pour la première ferrière de Vallorbe est inconnu.

A vol d'oiseau, le *minerai du Dogger* de Baulmes est éloigné d'une quinzaine de kilomètres ; la *limonite valanginienne* du Mont d'Orseyres ou des Charbonnières de 8 à 10 km. ; le *sidérolithique* de Goumoëns, de 11 km. de Prins-Bois, de 6 km. seulement de Maillefer. Depuis plus d'un siècle, les géologues ont signalé dans les failles du Mormont un sidérolithique analogue. Il réapparaît au confluent du Veyron et de la Venoge

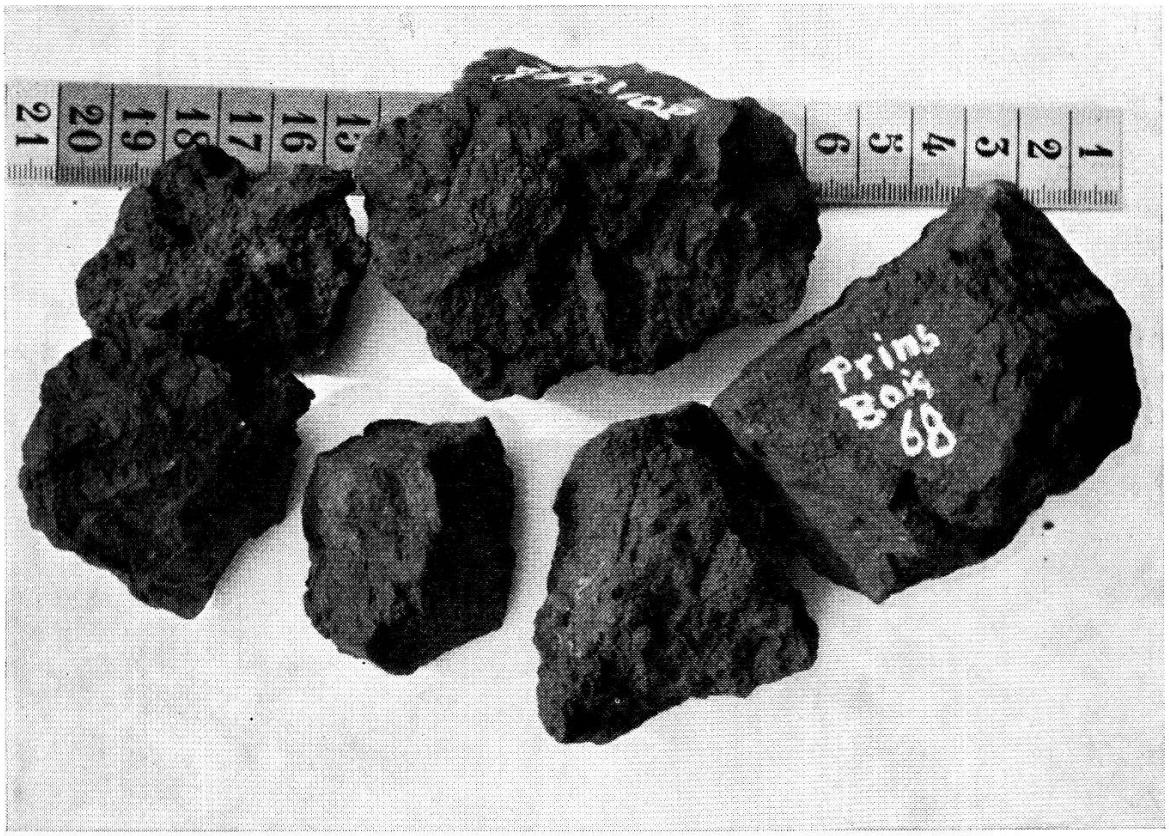


Fig. 28. — Minerai recueilli à Prins-Bois.

(Tine de Conflens, coord. 527,75/167,6), à moins de 1 km. de Ferreyres [1]. Le sidérolithique a pour lui l'avantage de la proximité.

Nous avons récolté à Prins-Bois, mêlés aux scories, des matériaux qui rougeoyaient dans la pénombre de la forêt, comme des morceaux d'une terre cuite sombre. Une fois séchés, alors que les briques retrouvent leur couleur claire, ils gardent une teinte brun grenat. Leur consistance est plus dure que celle

[1] W. Custer, *Etude géologique du Pied du Jura vaudois* (Lausanne, thèse), publié par la Commission géologique... Berne, 1928, p. 20-25.

de la tuile. A l'analyse, ils révèlent 33,65 % de fer et 0,42 % Mn. (voir ci-dessous, tableau III) (fig. 28). A Ferreyres même, au Haut-des-Champs (voir p. 53), nous avons recueilli, à proximité de scories, de nombreux pisolithes, si volumineux qu'ils ressemblent plus à des noix ou à des rognons qu'à des pois ! (Voir fig. 29.) Enfin nous avons prélevé du minerai du filon d'Entreroches (lieu-dit en Croset) au Mormont, signalé par Custer [1], mais non analysé (coord. 531,30/168,55). (Voir fig. 30.)

Le tableau III, qui suit, confronte nos analyses avec celles des divers groupes de minerai :

TABLEAU III. MINERAIS DU JURA

Limonite Auberson (a)	Oolithe (génér.) (b)	Sidérolithique de Goumoëns-le-Jux (c)				Ferreyres (d)	Prins-Bois (d)	Mormont (d)
		Bolus jaune	Bolus rouge	Bolus r. grillé	Pisolithes lavés	Pisolithes		Bolus rouge
Fe 19	20 -30	7,27	12,80	11,07	42,12	40,60	33,65	11,26
Mn	0,01- 0,4	0,12	0,26	0,16	0,30	0,60	0,42	0,15
SiO_2 4,6	4,5 -20	52,24	50,01	60,27	16,33	23,85	25,6	53,00
Al_2O_3 16,8	3,6 -12	22,60	18,73	23,04	9,90	6,25	11,5	15,35
Ca O 28,8	4 -25	0,30	0,36	0,33	0,29	4,10	0,80	3,50
Mg O 2,2	1 - 3	0,10	0,06	0,20	0,11	0,20	0,06	0,65
P. 0,2	0,3 - 0,7	0,03	0,04	0,04	0,11	0,38	0,25	0,10
S 0,1	0,2 - 0,9	0,25	0,27	0,27	0,24	<0,01	<0,01	<0,01
TiO_2						0,28	0,55	0,79
V(spectr.)						<0,01	<0,01	

(a) H. FEHLMANN und F. DE QUERVAIN, *Die Eisen- und Manganerze der Schweiz...* Berne, 1952, p. 12-13.
(b) W. EPPRECHT, *Unbekannte schweiz. Eisenerzgruben...* Berne, 1958.
(c) H. SCHARDT, *Terrain sidérolithique de Goumoëns-le-Jux*, dans « Die Eisen- und Manganerze der Schweiz », Berne, 1923, p. 129-136.
(d) Analyses nouvelles.

Comme l'acidité des scories le faisait prévoir, nos minerais se distinguent nettement de la limonite fortement basique (28,8 % Ca O). Ils sont de même beaucoup plus riches en

[1] W. CUSTER, *Etude géologique du Pied du Jura vaudois* (Lausanne, thèse), publié par la Commission géologique... Berne, 1928, p. 20-25.

acides et plus pauvres en bases et en phosphore que les oolithes du Dogger. Ils s'apparentent au contraire élément par élément au sidérolithique de Goumoëns.

Les pisolithes de Goumoëns correspondent à ceux de Ferreyres, le bolus rouge, au bolus rouge du Mormont.

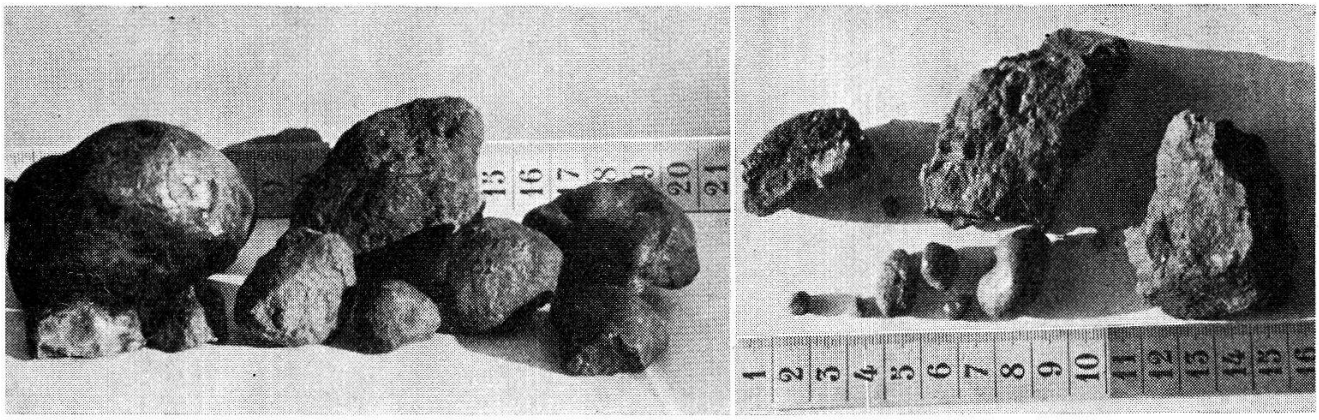


Fig. 29-30. — Minerais de Ferreyres et du Mormont.

L'anhydride titanique n'est que rarement déterminé. F. de Quervain [1] en attribue 0,17 à 0,37 % au sidérolithique du Jura. E. Zingg [2] donne, à la suite d'un grand nombre d'analyses, pour l'oolithe du Dogger du Jura, de 0,3 à 0,63 % (les valeurs les plus fréquentes se situent entre 0,40 et 0,50 %). Seules nos analyses ont déterminé le $Ti\,O_2$ pour les minerais du Jura vaudois. Leur teneur, 0,28 à 0,79 %, est inversement proportionnelle à la richesse en fer. (Voir fig. 31.)

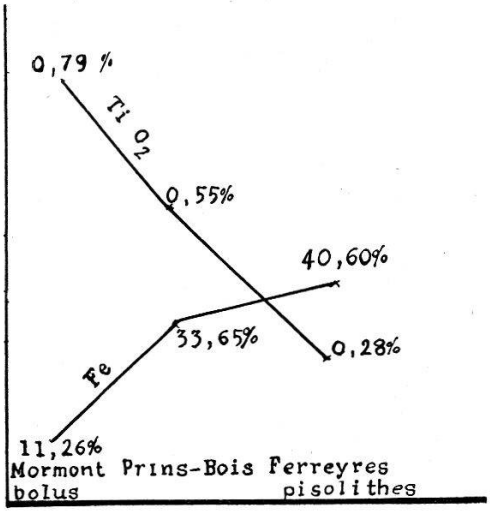


Fig. 31.

Indiscutablement, les artisans du fer de Prins-Bois et des environs ont œuvré avec le sidérolithique. Mais le

[1] Voir H. Fehlmann und F. de Quervain, *Die Eisen- und Manganerze der Schweiz, Eisenerze und Eisenerzeugung*, Studiengesellschaft für die Nutzbarmachung der schweiz. Erzlagerstätten, Berne, 1952, p. 12-13.

[2] E. Zingg, *Metallurgische Gegenwartsfragen auf dem Gebiete der Gusseisen- und Stahlherstellung*, dans *Schweizer Archiv f. angewandte Wissenschaft und Technik*, 9. Jahrg., n° 8, août 1943, p. 239.

filon du Mormont ne livre pas de pisolithes de la grosseur du poing, comme ceux que nous avons ramassés à Ferreyres. D'autre part, le sidérolithique de Prins-Bois se différencie par son aspect plus rugueux, par sa couleur plus rougeâtre, par sa composition chimique aussi. Une comparaison des analyses des minerais avec celles des scories est instructive. Nous pouvons la faire pour Prins-Bois, et pour les forges de la tabelle II.

TABLEAU IV

	Prins-Bois		Tabelle II	Mormont
	Scories	Minerai	Scories	Minerai
SiO_2 %	35,15	25,60	42,47	53,00
Al_2O_3 %	12,7	11,50	26,42	15,35
TiO_2	0,42-0,55	0,55	0,82	0,79
Acidité totale :	48,32	37,65	69,41	69,46
Mn	0,23-0,42 (recalculé)	0,42	0,15 (recalculé)	0,19

La correspondance est frappante, en particulier pour le titane, pour le manganèse, et pour l'acidité.

Dans la région qui nous intéresse, le minerai recueilli par les forgerons n'est pas donné par un seul filon. Il s'en exploitait sans doute à proximité de chaque ferrière. Mais il n'est guère possible de les repérer. Au bout de quelques années, l'ouverture des galeries s'effondre ; les puits sont comblés par les paysans, qui redoutent des accidents pour leurs troupeaux[1]. Et les simples minières, vidées de leur minerai ne se distinguent pas des carrières et gravières abandonnées.

L'emploi de minerais parfois si pauvres que les auteurs contemporains se refusent à leur donner ce nom, n'est pas extraordinaire. W. U. Guyan[2] signale à Neunkirch une couche de scories médiévales provenant d'un minerai d'une teneur de 8 % de fer.

---

[1] Voir p. 59.

[2] WALTER-ULRICH GUYAN, *Bild und Wesen einer Mittelalterlichen Eisenindustrielandschaft im Kanton Schaffhausen*, Bâle, 1946, p. 36.

René Gardy signale que les sidérurgistes nègres Matakam et Tschédé récoltent leur minerai dans les lits des rivières [1]. Cette pratique s'est maintenue chez nous pour l'or, à Bannwil près d'Aarwangen par exemple [2], jusqu'au milieu du XIXe siècle. Ce fut aussi le moyen le plus économique de se procurer des pisolithes tout triés ! Avant la création de l'Usine électrique de Montcherand, les enfants du voisinage connaissaient bien le « fer » qu'ils pouvaient ramasser au cours de leurs baignades dans le lit de l'Orbe. L'Orbe, le Nozon, le Talent, la Venoge peuvent avoir joué ce rôle de lavoirs naturels.

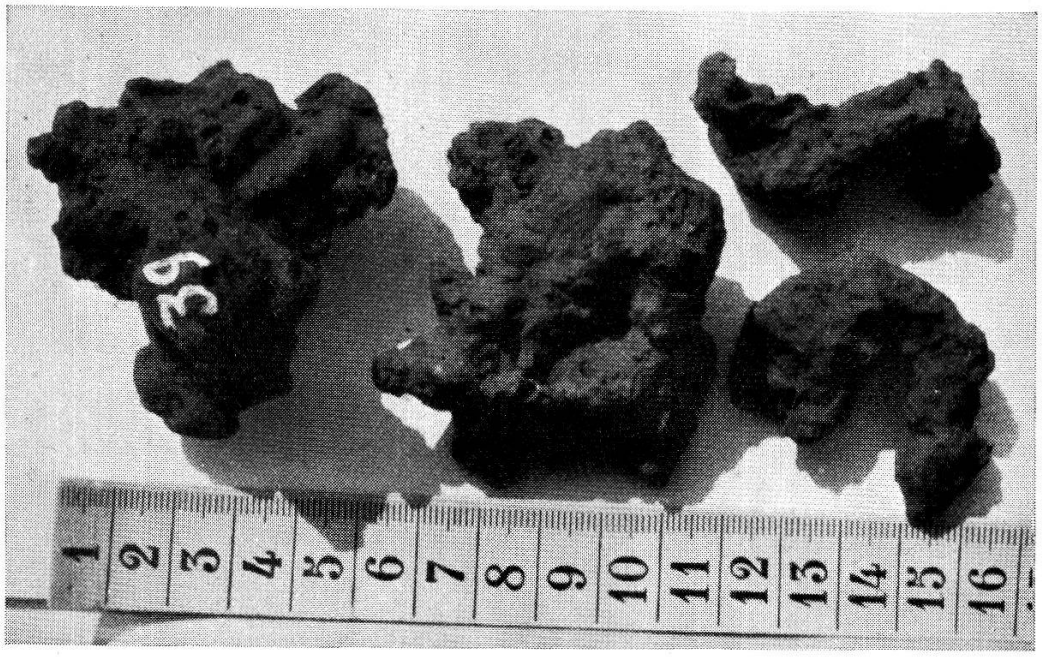


Fig. 32. — Scories sensibles à l'aimant.

Le métal. — Les fouilles n'ont pas livré de saumons de métal travaillés tels qu'on en ramasse fréquemment [3]. Les fonds de four recèlent cependant des déchets de fer, sous forme de grenaille indépendante ou agglutinée aux scories, qui en tirent une couleur de rouille. Un certain nombre d'entre elles sont alors sensibles à l'aimant (Voir fig. 32.) Nous avons recueilli quelques rares morceaux métalliques (un à Moiry, deux ou trois

[1] Voir p. 70, note 2.

[2] *Dictionnaire géographique de la Suisse,* art. *Emmenthal* (Neuchâtel, 1902).

[3] Quatre saumons en double pyramide, d'un poids de 5 à 7 kg., ont été trouvés dans le canton de Vaud, deux à Niédens (commune d'Yvonand, en 1911, deux à Chabrey au début de 1959, dans des sites qu'on ne saurait dater (Lausanne, Musée archéologique).

à Prins-Bois, dans le four XIX). L'analyse de l'un d'entre eux à l'appareil Woesthoff a revélé qu'il s'agissait de fonte blanche. Elle contenait 2,57 % de carbone, 0,01 % de silicium, 0,01 % de manganèse, 1,48 % de phosphore, 0,08 % de soufre. Comparée à celle des fontes actuelles, la teneur en phosphore est exceptionnellement élevée, ce qui explique sa fluidité. Une étude microscopique de sa texture montre que cette fonte sous-eutectique s'est rapidement figée, puis s'est maintenue très longuement à une température d'environ 700° C.[1] Il peut paraître étonnant de rencontrer de la fonte en l'absence de toute soufflerie hydraulique. Le cas n'est pas unique. On a recueilli de tels déchets en Angleterre, dans des fourneaux d'époque romaine [2]. Et l'expérience consignée par Gilles [3] montre que même un four à tirage naturel peut produire à un moment donné et en un certain point une chaleur dépassant 1400° C. De telles températures expliquent la formation de gouttes de fonte.

La production. — Aucun champ de fouilles en Europe, à notre connaissance, n'a mis au jour plus de sept ou huit fourneaux à fer sur un seul site. Sans avoir tout dégagé, nous en découvrons vingt-quatre. Il ne convient pas d'en déduire sans autre l'importance extraordinaire de notre ferrière. Des fourneaux plus nombreux n'impliquent pas nécessairement une production plus copieuse ou une exploitation de plus longue durée, mais peut-être une technique plus sommaire, des constructions plus fragiles.

Pour éviter une appréciation purement subjective, nous avons tenté quelques calculs. Ils reposent en partie sur des facteurs déterminés avec un certain arbitraire ; mais ils suggèrent un ordre de grandeur. C'est à ce titre que nous les proposons.

On peut évaluer à 250 m³ la masse des scories [4]. En suivant les calculs de Quiquerez, qui fut non seulement archéologue

---

[1] Voir Appendice.

[2] *History of Technology, op. cit.*, t. II, p. 10.

[3] *Versuchsschmelze... op. cit.*

[4]

Près des fours I-III,	sur 25 m²,	110 cm. de scories	=	27,5 m³
Près des fours IV-IX,	sur 120 m²,	80 cm. de scories	=	96 m³
Près des fours VII-XII,	sur 150 m²,	40 cm. de scories	=	60 m³
Autour de cette zone,	sur 150 m²,	30 cm. de scories	=	45 m³
A la limite de l'aire de dispersion,	sur 225 m²,	10 cm. de scories	=	22,5 m³

Au total, 670 m² et 251,5 m³.

mais inspecteur des mines du Jura bernois au siècle dernier [1], Prins-Bois aurait fondu plus de 1500 tonnes de minerai ; la consommation de charbon aurait atteint plus de 6000 tonnes [2], provenant d'environ 70 000 stères de bois [3], qui correspondent au pied du Jura à quelque deux cents hectares.

Les campagnes de fonte. — Une fois le minerai trouvé, recueilli, transporté, lavé, grillé peut-être ; une fois les rognons volumineux brisés, les arbres abattus et charbonnés, la glaise et les matériaux de construction rassemblés ; une fois les fourneaux bâtis [4], les mises à feu se succèdent le plus rapidement possible pour profiter de la chaleur emmagasinée dans les parois. Mais un fourneau qu'on éventre ne peut au grand maximum donner qu'une loupe par quarante-huit heures [5]. Même si les travaux préparatoires se font en partie pendant la mauvaise saison, ils limitent la campagne. A la fin du XVIIIe siècle encore, le haut fourneau de la Jougnenaz sur Baulmes ne peut être mis à feu que pendant quatre mois par an ; en pratique, pour les années que nous connaissons, trois mois et demi au maximum ; celui de Martigny, en 1806, ne commence ses fontes qu'au début

---

[1] QUIQUEREZ, 1866 a, p. 60 et suiv. D'après ses calculs, 100 m³ de scories sont dus à 240 m³ de minerai sidérloithique. Densité du minerai, d'après Quiquerez : 2,6. C'est le chiffre que nous adoptons. (Le sidérolithique de Ferreyres (Haut-des-Champs) a une densité de 2,97.) Prins-Bois aurait fondu 600 m³, soit 1560 tonnes de minerai.

[2] *L'history of Technology* (ed. by CHARLES SINGER, Oxford, 1954-1958, vol. II, p. 72) estime la consommation de charbon de bois à 450 % du poids du minerai dans les fours sans soufflerie ; pour les foyers catalans à trompe, à 360 %. Nos fourneaux ont un tirage plus puissant que les fours sans soufflets, mais moins régulier que les catalans. Nous admettons un moyen terme, une consommation de 400 %. — L'essai fait en 1958 par l'Association des maîtres de forges allemands (voir p. 13 et 20) a consommé 509 kg. de charbon en trente heures, pour réduire (dans une très faible proportion, 11,2 %) 152 kg. de minerai, ce qui donne une consommation de charbon de 334 %. Toutefois, du fait de l'interruption prématurée de l'opération et du faible rendement, l'expérience n'est pas absolument probante.

[3] Il n'est pas sans importance de noter que le chêne donne le plus de charbon : 25 à 27 % en poids du bois, ou 65 à 68 % en volume ; soit 90 à 100 kg. par stère.

[4] OTTO JOHANNSEN, *op. cit.*, p. 15-16. Aux Indes, à la fin du XIXe siècle, la construction d'un fourneau à fer de 120 cm. de haut et d'un diamètre allant de 33 à 50 cm., prend trois jours. Mais le cône de protection n'est pas aussi volumineux qu'en Occident.

[5] Au Cameroun, chez les Matakam, il faut plus de vingt-quatre heures pour que le fourneau, relativement élevé, produise une loupe (RENÉ GARDY, *op. cit.*). Chez les Dioûrs (Haut-Nil), un fourneau sans soufflet de 120 cm. de hauteur produit une fonte au bout de quarante heures (SCHWEINFURTH, *op. cit.*, I, p. 203).

d'août [1]. Ce n'est pas uniquement le résultat de la technique de la *fonte continue*. Il en est de même chez les primitifs. Au XIXe siècle, les Dioûrs du Haut-Nil ne parviennent à consacrer à la métallurgie que les semaines qui précèdent les semailles. Ils s'en vont alors dans la forêt, bâtissent jusqu'à une douzaine de fourneaux à la fois, s'ils sont suffisamment nombreux pour les entretenir. La tribu regagne ensuite son habitat normal et ses occupations coutumières [2].

Le minerai fondu à Prins-Bois aurait fourni, compte tenu des pertes énormes des fonderies primitives, environ 200 tonnes de fer, ce qui représente un nombre considérable d'opérations de fonte. Les premiers fourneaux à roue hydraulique (Stücköfen) produisent des loupes de 300 kg. ; les fours catalans, de 150 kg. ; les fours sans soufflets de 60 à 70 kg. [3]. Si l'on attribue aux fontes de Prins-Bois 150 kg. comme pour les fours catalans, ce qui est peut-être excessif, cela donne encore plus de 1300 opérations, soit plus de quarante par fourneau. Successives, ininterrompues et sans accidents, elles prendraient environ trois mois. Un fourneau durerait une saison, ce que la précarité de leur construction rend vraisemblable. Ignorant si plusieurs d'entre eux sont en activité simultanément, nous ne sommes pas en mesure de déterminer la durée de la période ou des périodes d'exploitation. La faiblesse de la couche archéologique, la rareté des objets, les font supposer brèves.

Etude comparative

Dans toute l'Europe, la construction d'un fourneau à fer sans soufflerie hydraulique a profité de talus, soit pour assurer la ventilation naturelle, soit pour faciliter l'alimentation par le gueulard. Partout, il a fallu le protéger contre le froid ou l'humididité (creux, chapes isolantes [4]). Partout, les mêmes matériaux ont été utilisés : pierres brutes, réfractaires ou non, argile, terre et scories. Partout ils ont été réemployés.

---

[1] A.C.V., Bb 36, t. 7, p. 807-810 ; Bulletin officiel et feuille d'avis (du canton du Valais), 1806, 10 août.

[2] Schweinfurth, *op. cit.*, I, p. 203.

[3] *History of Technology, op. cit.*, II, p. 72.

[4] Les fourneaux africains sont souvent de grands cylindres d'argile sans aucune protection extérieure.

Les découvertes faites depuis un siècle permettent une classification : nous en donnons une esquisse d'après Forbes [1]. (Voir tableau à la page suivante.)

Du type II, les fourneaux de Prins-Bois ne s'intègrent pas dans les catégories prévues par la « généalogie » de Forbes. A peine glaisés, ils ne s'inscrivent pas dans la lignée des « pots ». Sans murs de pierre, ils se situent malaisément dans celle des « puits ». Leur forme cylindrique rappelle les modèles I*b* du Jura bernois. Leur empierrement à la hauteur du creuset les apparente aux découvertes de Schmidt en Carinthie [2]. Mais l'archéologue autrichien relève de plus forts diamètres (90-120 cm.), évalue la hauteur à 200 cm., découvre quatre tuyères orientées selon les vents dominants... Le type de Prins-Bois ne se rapproche pas davantage des autres fourneaux étudiés en Suisse, à Merishausen [3] et Bargen [4], dans le canton de Schaffhouse, à Arosa, dans les Grisons [5]. Est-ce surprenant ?

De nos jours, les modèles les plus divers sont employés au gré des impératifs économiques [6]. Au XVIIIe siècle, le marquis de Courtivron remarque que les dimensions des hauts fourneaux de Champagne et de Bourgogne varient parce que « les Fondeurs n'aiment point faire comme leurs voisins » [7]. A toutes les époques interviennent et l'humeur de la Direction, et les qualités très diverses des minerais. Pline l'Ancien le reconnaît déjà, qui ne donne aucune description mais déclare : « et fornacium magna differentia est » [8].

Datation d'après les scories. — D'après les constatations faites dans le Siegerland, nous disposons d'une marge de mille quatre cents ans, si ce n'est plus, pour situer, dater nos fours. En effet, dès la fin de l'époque de La Tène et jusqu'après 1100, on utilise le même type II, avec de faibles variantes. Les analyses chimiques de Gilles, étendues à plus de soixante-dix sites, lui

---

[1] Voir aussi R. J. Forbes, *Metallurgy in Antiquity*, Leiden, 1950, p. 129, qui tente un tableau généalogique des différents fours de fonderie.

[2] W. Schmid, *op. cit.*, p. 39.

[3] Walter-Ulrich Guyan, *Bild und Wesen einer Mittelalterlichen Eisenindustrielandschaft im Kanton Schaffhausen*, Bâle, 1946.

[4] W.-U. Guyan, *op. cit.*, 1957.

[5] H. Fehlmann, *Die schweizerische Eisenerzeugung*, *op. cit.*, p. 51.

[6] Voir R. Durrer, *op. cit.*

[7] G. de Courtivron et E.-J. Bouchu, *op. cit.*, IIIe section, p. 44.

[8] Pline l'Ancien, *Histoire naturelle*, L. XXXIV, 14 (41).

TABLEAU COMPARATIF DE QUELQUES FOURNEAUX A FER PRIMITIFS (voir fig. 33)

Type	Subdivision	Lignée	Lieu	Diamètre intérieur	Hauteur ou profondeur	Date
I à tirage naturel	I*a*	Fourneaux creusés « ditch furnace ».	1. St-Velem (Hongrie) [1] 2. Combe du fer à cheval (Jura bernois) [2] 3. Preisenhof, Carinthie (Autriche) [3] 4. Forêt de Soignes, Ardennes (Belg.) [4]	25 cm. env. 90 cm. 130 cm. 150 cm.	30 cm. env. 40 cm. 100 cm. 150 cm.	ép. celtique ép. romaine » »
	I*b*	Fourneaux en pot « pot furnace »	5. Djoûr, Haut-Nil [5] 6. Siegerland [6] 7. Jura bernois (Favergeatte, etc.) [2]	 100 cm. 50-70 cm.	120 cm. 200 cm. 200-250 cm.	XIXe s. 500-300 av. J.-C. La Tène-Rome
II à soufflerie à main ou à pied	II*a*	Fourneaux en pot	8. Bongo, Haut-Nil [5] 9. Siegerland	 30-70 cm.	150 cm. 80-120 cm.	XIXe s. 200 av. J.-C. à 1300
	II*b*	Fourneaux en puits « Shaft furnace »	10. Arosa, Grisons [7] 11. Angermanland (Suède) 12. Feisterwiese, Carinthie [8]	moy. 120 cm. 90-120 cm.	200 cm. 220 cm. env. 200 cm.	moyen âge XVIIIe s. ép. romaine
	II*c*		13. Prins-Bois	75-80 cm.	env. 160 cm.	
III soufflerie à trompe		Fourneaux à trompe	Aboutissent au four catalan			jusqu'au XIXe s.
IV soufflerie à roue motrice		Fourneaux à roue motrice	Passent du « Stückofen » au haut fourneau		3 m. 35 m.	env. 1300 jusqu'à 1960

[1] D'après E(DOUARD) SALIN et A. FRANCE-LANORD, *Rhin et Orient*, vol. 2, *Le fer à l'époque mérovingienne*, Paris, 1943.
[2] QUIQUEREZ, 1866 a, pl. I-IV.
[3] W. SCHMID, *op. cit.*, p. 182, et DAREMBERG et SAGLIO, *op. cit.*, art. Ferrum.
[4] E. RAHIR, *Vingt-cinq ans de fouilles* (1928).
[5] G. SCHWEINFURTH, *op. cit.* (t. I, p. 203 et 267).
[6] J. W. GILLES, *op. cit.*, 1957.
[7] H. FEHLMANN, *Die schweizerische Eisenerzeugung*, *op. cit.*, p. 51.
[8] W. SCHMID, *op. cit.*, p. 30.

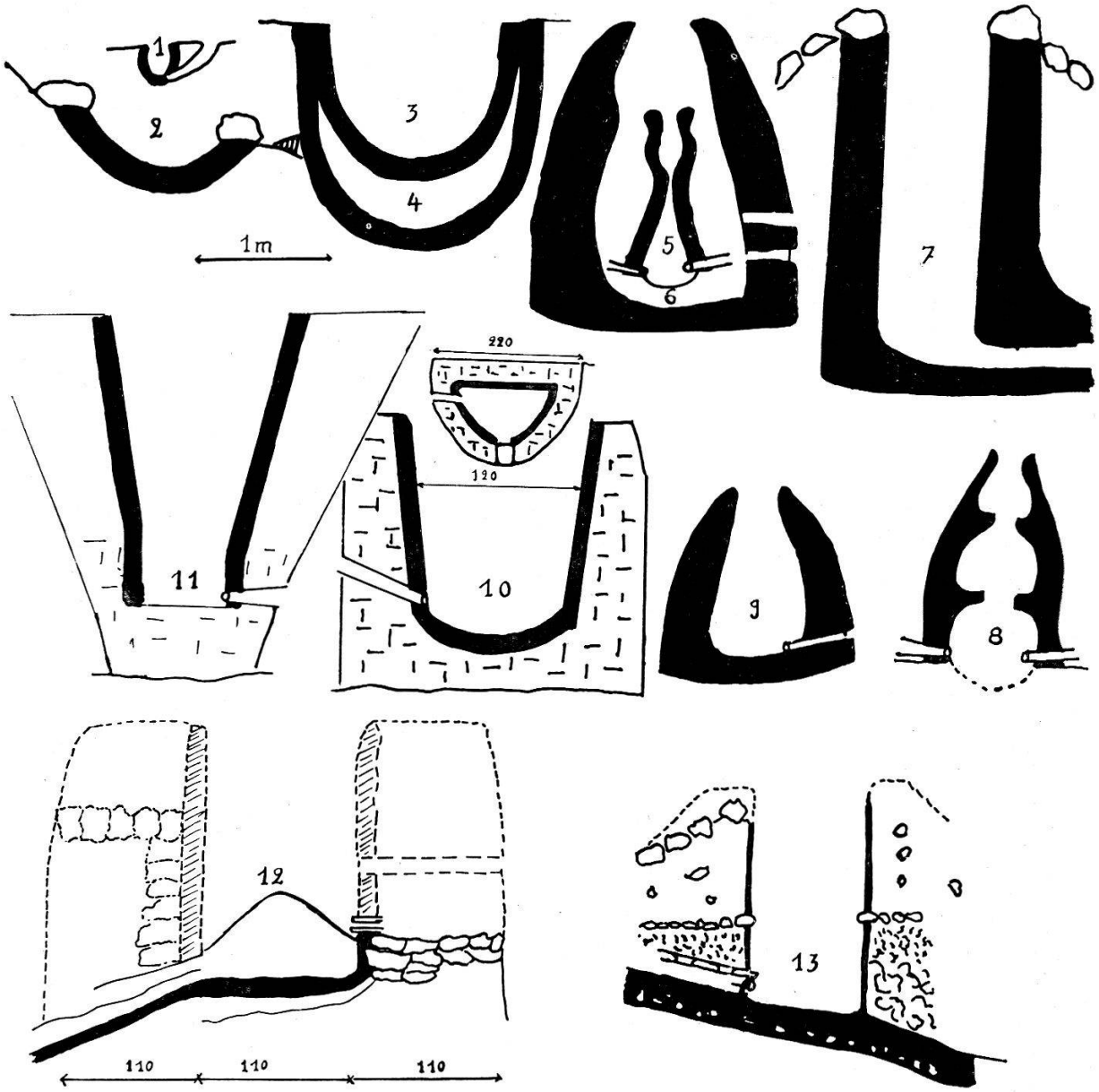

1
2
3
4
1m
5
6
7
220
120
11
10
9
8
12
110
110
110
13

Fig. 33.

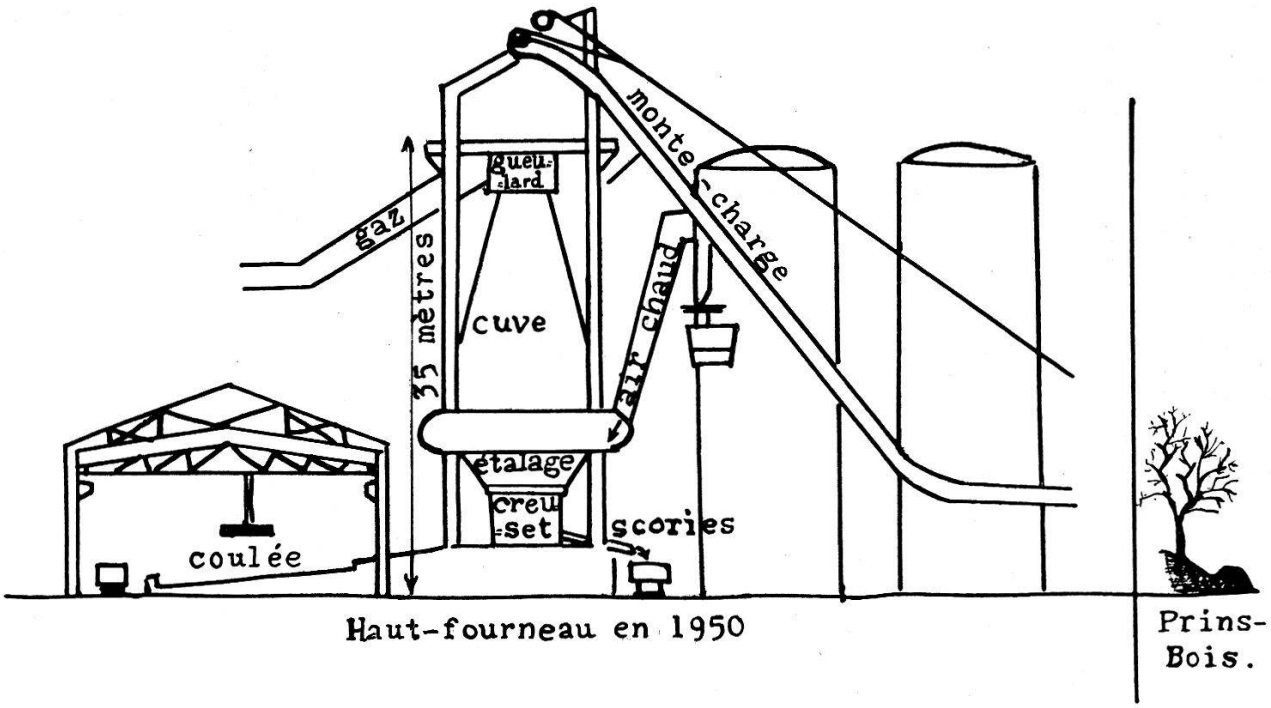

monte-charge
gueu-lard
gaz
35 mètres
cuve
air chaud
étalage
creu-set
scories
coulée
Haut-fourneau en 1950
Prins-Bois.

Fig. 34.

ont permis d'établir des courbes, qui prouvent une diminution progressive de la teneur en fer dans les scories. En l'absence de témoins archéologiques, les moyennes des analyses peuvent donner des présomptions chronologiques. Mais Gilles nous met en garde [1] contre une interprétation abusive : ses données ne sont valables que pour la région étudiée. En effet, la même technique appliquée aux mêmes matières premières produit à toutes les époques les mêmes déchets. Or nous savons que, contrairement au Siegerland, le Jura bernois garde des fourneaux du type I*b* jusqu'à l'époque romaine, si ce n'est au-delà [2]. Des nègres utilisent, au XIXe siècle, des fourneaux sans soufflerie [3]. D'autre part, le progrès en métallurgie n'est pas nécessairement continu. En Bretagne, les scories semblent contenir moins de fer à l'époque romaine que sous les Mérovingiens ! [4]

Enfin peut-on comparer utilement des laitiers de minerais différents ? Le sidérolithique de Bargen [5] (Fe 43 % ; Mn 0,34 ; SiO_2 11,4 ; Al_2O_3 12,6, etc. [6] lui-même est beaucoup moins acide que celui du pied du Jura vaudois.

TENEUR EN FER DES SCORIES

Epoque	Type	Siegerland (Gilles)	Bretagne (Puzenat)	Schaffhouse (Guyan)	Divers (Hist. of Techn.)
La Tène	I	39-66% Fe (47-55%)			
Ep. rom.	II		39-50% Fe		
Ep. mérov.	II		49-52% Fe		
1000-1200	II	38-56% Fe	47-52% Fe		
... Env. 1320	IV*a* IV*a* Stück-ofen			Hertiwiese I 20,40-43,60% Fe Hertiwiese II 10,44-40,06% Fe m. = 24,53%	30% Fe

[1] J. W. GILLES, *25 Jahre... op. cit.*
[2] QUIQUEREZ, 1866 b, *op. cit.*
[3] G. SCHWEINFURTH, *op. cit.*, pour les Dioûrs (t. I, p. 203).
[4] L. PUZENAT, *La sidérurgie armoricaine*, Rennes, 1939.
[5] W.-U. GUYAN, *op. cit.*, 1957.
[6] W. EPPRECHT, *Unbekannte Schw. Eisenerzgruben, op. cit.*, tabelles.

A la tabelle I, nos scories ont une teneur en fer (22,23-37,7 %) analogue à celles provenant des « Stückofen » hydrauliques de la Hertiwiese. Or à Prins-Bois, à Rosset, à la maison Favre et à la Bossenaz, il n'y a aucun cours d'eau ! La tabelle II nous donne des teneurs encore plus faibles (10,47 à 22,23 %)... Aucune comparaison n'est possible.

Dans la mesure où l'acidité exceptionnelle des minerais n'explique pas à elle seule cette anomalie, la puissance de la soufflerie ferait admettre des entreprises de type II très évoluées.

Datation archéologique. — A Prins-Bois même, parmi les rares objets déterrés, les débris de tuiles appartiennent à deux types, les uns convexes, les autres plats, munis d'un rebord : vestiges typiques de *Tegulae* et d'*imbrices*, de tuiles romaines. (Voir fig. 35.) Ils sont toutefois trop peu nombreux pour provenir de toitures protégeant les fourneaux. Ils ont été utilisés pour consolider des fonds (four X), peut-être pour protéger les tuyères. A trente mètres de la fonderie existe une zone de tuiles romaines

Fig. 35. — Fragments de tuiles romaines.

(voir fig. 4), gisant à faible profondeur (25 à 55 cm.) sur le sol vierge, la dalle de calcaire urgonien. Ces débris, répandus sur un espace modeste, ne représentent pas toutes les tuiles, même délitées, d'une toiture. Les fouilles n'ont mis à jour ni fondations ni murs certains. Les détritus d'une occupation humaine y sont peu abondants (faibles traces de charbon, pas de poterie, ni tessons). Ce pourrait être une installation temporaire, et dont les tuiles intactes auraient été emportées. Archéologiquement, toute relation entre la construction de ce modeste bâtiment et les fours reste hypothétique. La seule déduction certaine, c'est que quelques-unes de ces tuiles étaient déjà brisées lors de la construction des fourneaux à fer ! [1]

L'entreprise de Prins-Bois serait au plus tôt romaine, comme celle que relevait — mais sur quels indices archéologiques ? — Théophile Gaudin à Ferreyres (voir p. 55). Cependant la faible teneur en fer des scories étonne pour une époque aussi reculée.

Datation au radio-carbone. — La découverte d'une bûche carbonisée (n° 42) plantée dans le glaisage du fond du four XVIII vraisemblablement lors de sa construction ou de son remplissage, a permis une datation par le laboratoire C 14 de l'Institut de physique de l'Université de Berne.

L'analyse de la radioactivité, d'autant plus délicate que l'objet se trouvait à faible profondeur (1 mètre environ) dans une terre remplie de matières organiques et de racines vivantes (quelques radicelles traversaient le charbon), nous donne avec une marge d'erreur de cent ans en plus ou en moins, un âge moyen de 1640 ans : le four XVIII qui n'appartient ni aux premiers ni aux derniers construits, remonte donc au troisième siècle après J.-C. (260 ± 100 ans) ; il date de la fin de l'Empire romain.

* * *

---

[1] QUIQUEREZ, 1866 b, trouve aussi au Lomont quelques fragments de tuiles romaines ; il suppose qu'ils ont servi à construire des âtres dans les cabanes des forgerons... J. W. GILLES (dans *Le fer à travers les âges*, Nancy, 1956, p. 59) cite un fourneau du Siegerland des environs de l'an mille garni de grès provenant de ruines romaines.

Les fouilles de Prins-Bois laissent subsister bien des inconnues :

a) Il serait utile de déblayer toute la surface, de descendre plus profondément sur certains points. Nous n'avons retrouvé ni loupe de fer, ni masse préparée pour la vente (voir p. 91, n. 3), ni outils, ni objets familiers. L'atelier qui aurait pu transformer la matière brute ne nous est pas apparu.

b) Chacun des autres sites mériterait plus qu'un sondage.

c) Tout le long du pied du Jura, au-delà de la zone prospectée subsistent des lieux-dits tels que Trésis (charbonnages), Maillefer, Mâchefer, Faverges, Ferreyre, Ferrire, Fornets. Dans le Jura bernois, en Savoie ou en Franche-Comté, ils rappellent souvent une sidérurgie disparue. Des actes du XVIIe siècle signalent des dépôts de scories loin de tout cours d'eau et de toute forge connue, par exemple au Pré-du-Four et à la Petite-Ennaz sur Arzier [1]. L'extraction et la préparation du fer ont été plus répandues, plus fréquentes que ne le dit notre enquête.

d) Huit des quinze emplacements signalés se situent au centre de cercles contigus d'environ 800 m. de rayon [2], d'une superficie de quelque deux cents hectares ; c'est celle que nous avons calculée pour les forêts brûlées à Prins-Bois. Le carré adscrit à ce cercle correspond à mille arpents romains [3], ou cent plinthes. Le maître de forges s'installe-t-il à une distance non seulement suffisante, mais réglementaire de ses concurrents ou de l'emplacement qu'il a achevé de déboiser ? Avant de l'affirmer il faudrait repérer toutes les forges et toutes les dater [4]. Au bout de trente à quarante ans, la forêt a repoussé : les sites abandonnés peuvent retrouver une activité. Les trois haldes voisines de

---

[1] A.C.V., Bb 3, t. 19, f. 6, verso ; fol. 12, verso ; f. 83 ; 1668.

[2] Voir figure 2, p. 52.

[3] Soit 2 515 000 m² (1000 arpents = 2 518 200 m²). Il n'est pas exclu qu'on retrouve, comme à Nyon, des vestiges de centuriation (voir EDGAR PELICHET, *Contribution à l'étude de l'occupation du sol de la Colonia Julia Equestris*, Tirage à part des Mélanges Reinhold Bosch, Aarau, 1947).

[4] Avant leur ferrière hydraulique de Vallorbe, bâtie vers 1280 (A.C.V., C VII a, 1085), les moines de Romainmôtier ont peut-être érigé sur leurs terres des fourneaux de type archaïque. Leur voisin et rival, le baron de La Sarraz (dont la baronnie se compose essentiellement du domaine de l'ancienne villa de Ferreyres) détient « les droits royaux de mines d'or, d'argent, de fer et de toutes autres sortes de métaux et minérailles ». En 1682, la famille de Gingins tire encore de la baronnie démembrée les redevances de quatorze forges (A.C.V., Fj 39).

Ferreyres-village représentent peut-être trois exploitations successives séparées par une période de reboisement.

* * *

Même s'il ne s'agit que d'un début, nos recherches aboutissent à des résultats appréciables.

Après la découverte de six haldes sur le territoire actuel de Ferreyres, d'une dizaine sur celui de l'ancienne « villa que vocatur Ferrerias » [1], il n'y a plus aucune raison de rapprocher ce toponyme de *feurre*, fourrage, comme le faisait Henri Jaccard dans son *Essai de toponymie* ! [2] Ferreyres tire son nom d'une industrie du fer romaine.

Bien plus, une variante nouvelle du fourneau de type II est apparue, et les constatations surprenantes de nos analyses chimiques mettent en évidence l'attrait et les qualités qu'avaient pour les techniciens antiques des minerais aujourd'hui dédaignés.

Un premier chapitre, totalement ignoré de l'histoire du fer en terre vaudoise, s'est esquissé. Ici comme dans les régions rhénanes, la sidérurgie a débuté au pied des montagnes ; elle ne s'est aventurée que beaucoup plus tard dans les hautes vallées du Jura.

PAUL-LOUIS PELET

avec la collaboration de OSKAR STÜCHELI
et PIERRE DECOLLOGNY.

---

[1] A.C.V., C VII a, 981, 16 mai.

[2] Mémoires et Documents publiés par la Société d'Histoire de la Suisse romande, deuxième série, t. VII, Lausanne, 1906, p. 166.

APPENDICE

Sulzer, Dr. EMM/SR/ 18 janvier 1960.

Rapport sur l'examen d'un morceau de métal provenant d'une très ancienne ferrière du canton de Vaud [1]

Ensuite de la découverte de scories, que nous avons identifiées comme résultant d'une production de fer d'époque très reculée [2], M. O. Stücheli, ancien directeur, a transmis un nouveau spécimen provenant de Prins-Bois, fourneau XIX, pièce n° 99.

Par son aspect et par son poids, ce spécimen diffère des scories prélevées précédemment. Sa sensibilité à l'aimant prouve immédiatement qu'il s'agit d'un morceau de métal, le seul recueilli jusqu'à ce jour au cours de fouilles en territoire vaudois.

Compte tenu de cette particularité, nous avons entrepris un examen micrographique particulièrement approfondi. La petitesse de l'échantillon n'a permis, outre cet examen, qu'une analyse chimique de ses principaux éléments.

Analyse chimique

C % *	Si %	Mn %	P %	S %
2,57	0,01	0,01	1,48	0,080

* Déterminé à l'appareil Woesthoff.

Il s'agit donc d'un morceau de fonte blanche, dont le degré de saturation eutectique se calcule d'après l'analyse ci-dessus, à 0,615. Cette analyse confirme déjà que le spécimen ne provient pas d'un haut fourneau contemporain : sa teneur en silicium et en manganèse est extraordinairement basse, sa teneur en phosphore au contraire, extraordinairement élevée. Celle en soufre est normale.

Microstructure

Comme le spécimen est unique, et qu'il s'agit de ne laisser échapper aucun détail, une série de photographies fixent sa structure microcristalline.

---

[1] Traduction de *Untersuchungsbericht über ein Eisenstück frühgeschichtlicher Eisenerzeugung im Kanton Waadt,* 18 janvier 1960.

[2] *Untersuchungsbericht über die « Chemische Untersuchung von Schlacken aus frühgeschichtlicher Eisenerzeugung im Kt. Waadt » von Dr.* E. M. Modl, 26.10.1959.

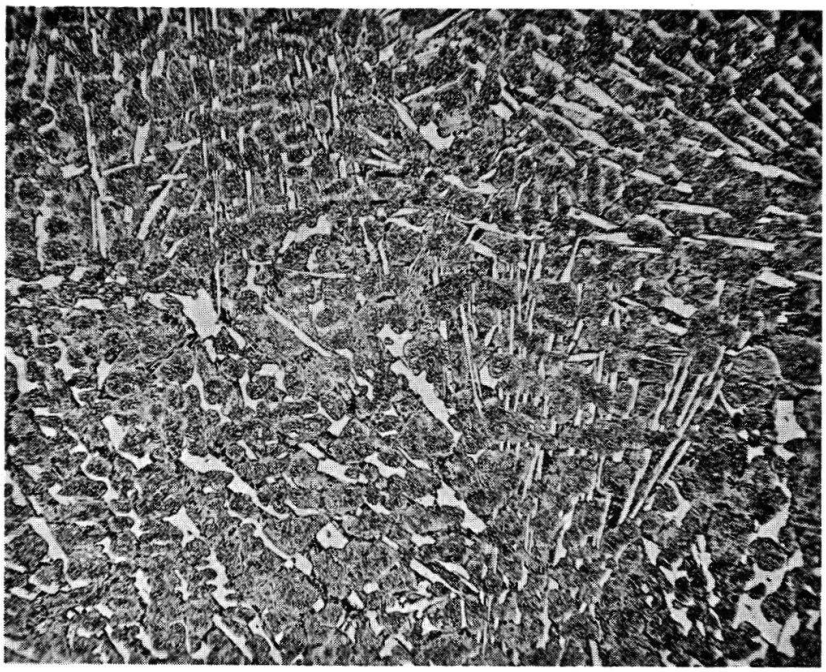


Fig. 36. — Masse et structure de la cémentite eutectique. (Grossissement 25 fois.)

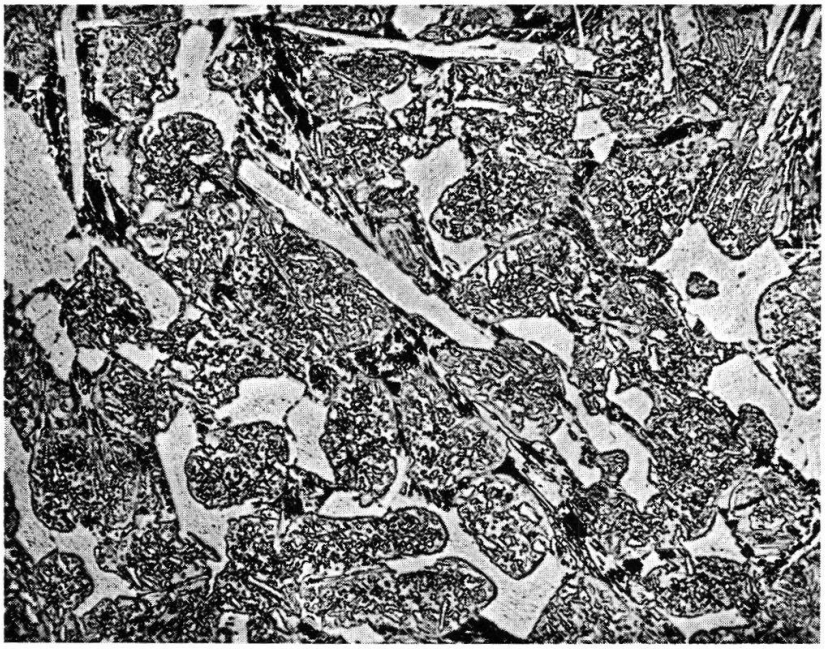


Fig. 37. — Perlite granuleuse. (Grossissement 100 fois.)

La première (fig. 36) donne une vue d'ensemble de la masse et de la structure de la cémentite eutectique. On y remarque que la cémentite eutectique est répartie régulièrement et, par place, présente une structure radiale.

Les cristaux mixtes primaires ne se sont pas désagrégés, comme c'est le cas habituellement, en perlite lamellaire, mais en un mélange de ferrite et de cémentite granuleuse (fig. 37). Du fait de la haute teneur en phosphore, cette seconde photographie fait ressortir aussi en plus grandes masses l'eutectique ternaire des phosphures. Les figures 38 et 39 montrent la perlite granuleuse à un plus fort grossissement ; on y reconnaît particulièrement bien les phosphures eutectiques.

Une attaque par une solution alcaline de picrate de sodium fait apparaître en sombre la cémentite eutectique ou eutectoïde (fig. 40).

Cette image montre avec une particulière netteté la cémentite granuleuse.

L'eutectique ternaire des phosphures, qui n'est pas atteint par cette morsure, s'y reconnaît aussi. Par une attaque spéciale au permanganate de potassium, cet eutectique apparaît en foncé dans la figure 41. Les autres phases des carbures ne sont que légèrement atteintes par cette attaque.

Ainsi, l'examen micrographique prouve que le spécimen est un morceau de fonte blanche sous-eutectique. De la structure radiale de

Fig. 38. — Perlite granuleuse, eutectique des phosphures.
(Grossissement 250 fois.)

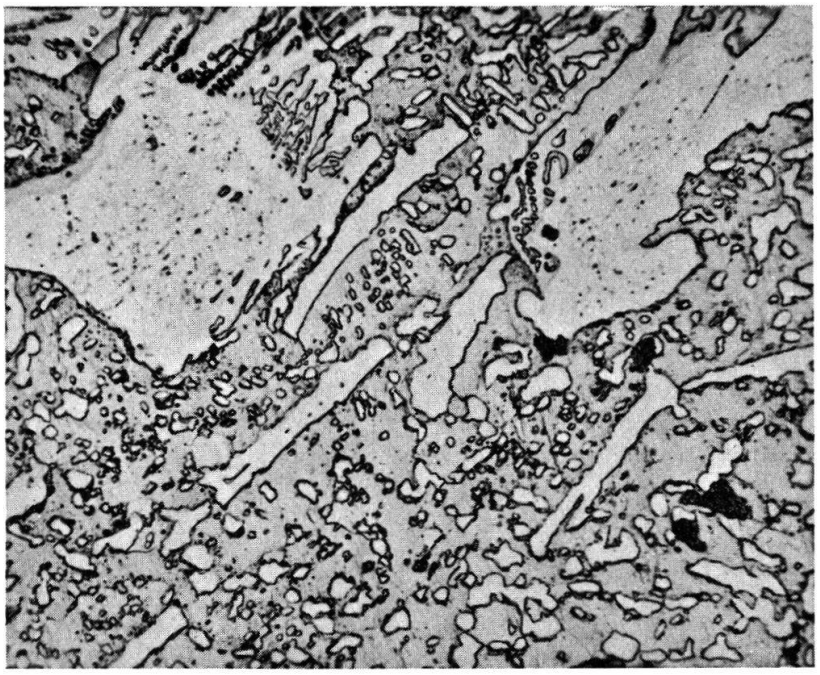


Fig. 39. — Perlite granuleuse. (Grossissement 500 fois.)

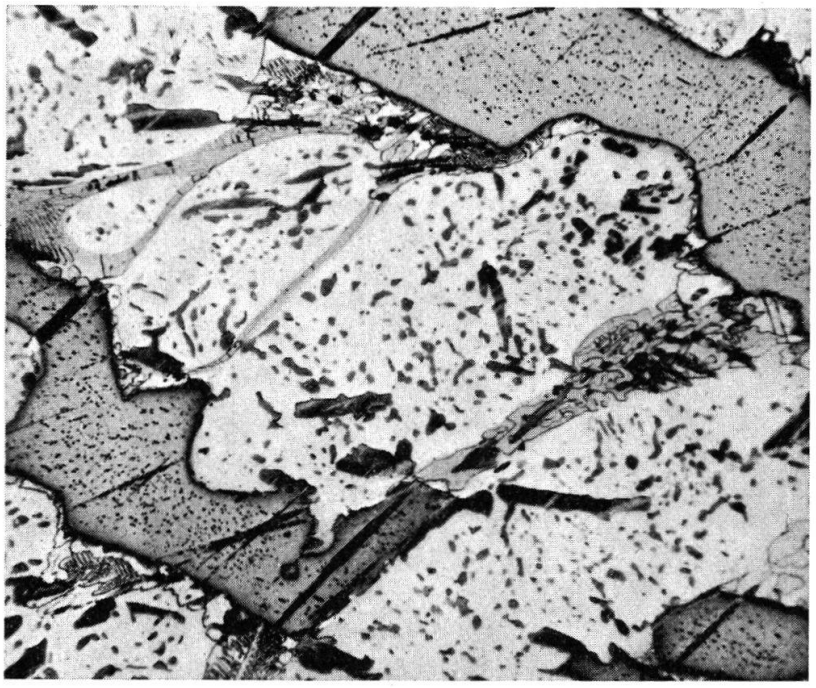


Fig. 40. — Cémentite eutectique et eutectoïde ; coloré en foncé ; solution alcaline de picrate de sodium. (Grossissement 320 fois.)

la cémentite eutectique, on peut déduire que le refroidissement depuis le point de fusion — pour le moins jusqu'à environ 750° C — s'est fait relativement rapidement. En dessous de cette température, le refroidissement a été peut-être plus lent. Car seul un très long refroidissement conduit à une formation granuleuse de la cémentite eutectoïde, telle que nous l'avons ici. Normalement, elle se sépare en lamelles. Autre explication possible de la texture granuleuse : le morceau, après s'être solidifié, est resté très longuement soumis à une température d'environ 700° C, puis s'est refroidi très lentement. Dans ce cas aussi, se forme une cémentite à gros grains.

Deux fragments de l'échantillon ont été refondus, l'un dans le vide et l'autre dans l'argon, et refroidis très lentement.

La fusion dans le vide (10^{-3} Torr) a libéré une grande quantité de gaz, et le régule obtenu était parsemé de soufflures petites et grosses. Sa microstructure après un refroidissement extraordinairement lent dans le four est représentée par les figures 42 et 43.

La fonte dans l'argon, qui s'est faite avec une libération de gaz moins abondante, aboutit à une microstructure semblable (fig. 44 et 45). Le refroidissement de ce fragment a été encore plus lent que le précédent.

Les deux échantillons montrent une structure réticulaire de la cémentite eutectique, structure qu'il faut rattacher à la lente solidifi-

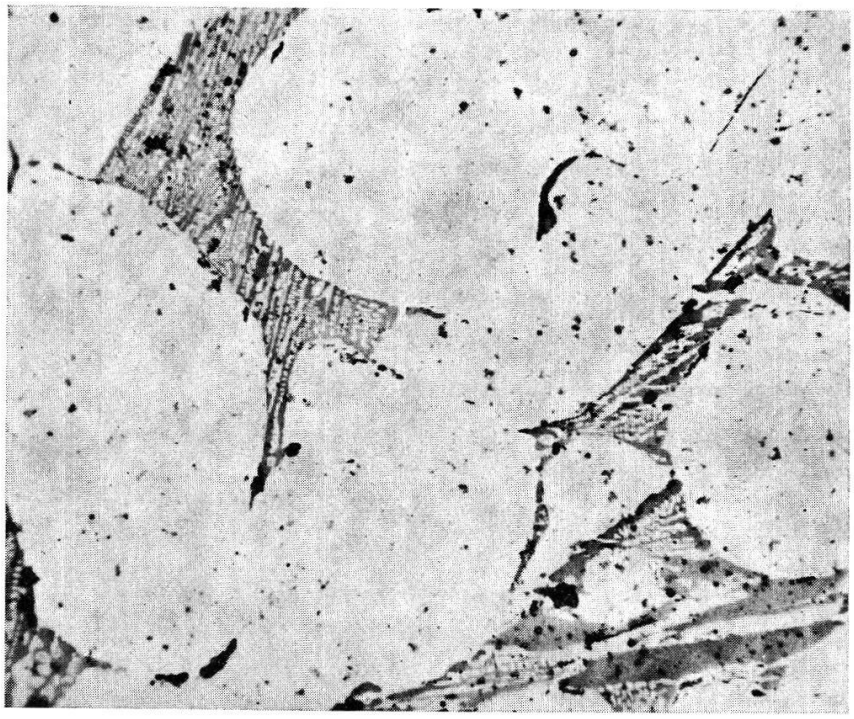


Fig. 41. — Eutectique ternaire des phosphures ; coloré en foncé ; permanganate de potassium. (Grossissement 320 fois.)

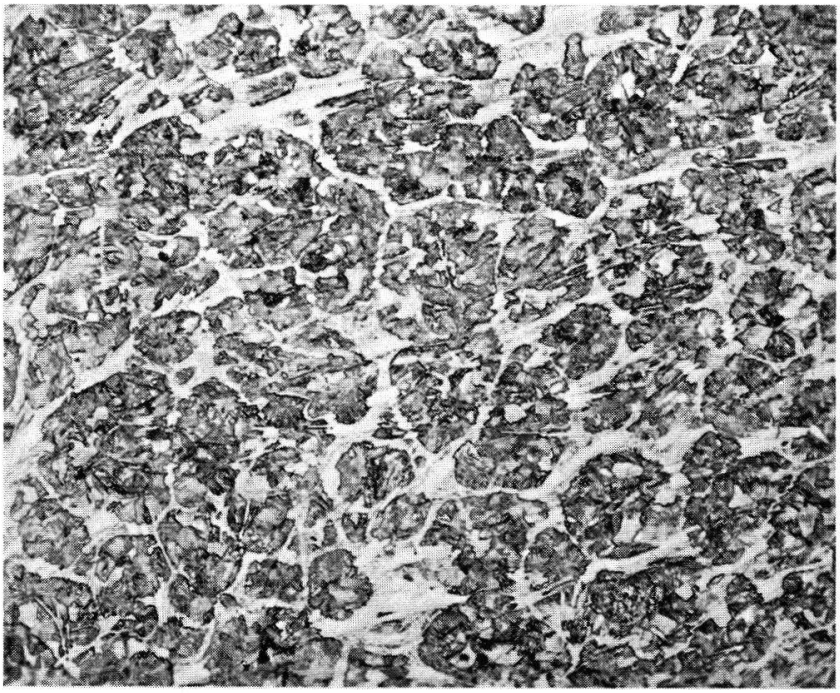


Fig. 42. — Structure de la cémentite eutectique, fragment refondu dans le vide. (Grossissement 100 fois.)

Fig. 43. — Perlite lamellaire, fragment refondu dans le vide. (Grossissement 500 fois.)

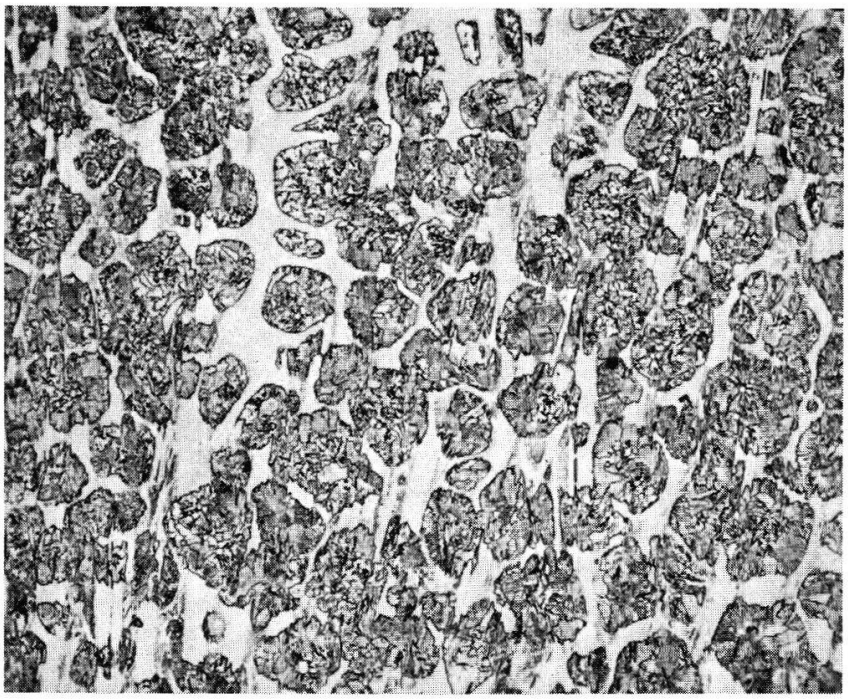


Fig. 44. — Structure de la cémentite eutectique, fragment refondu dans l'argon. (Grossissement 100 fois.)

Fig. 45. — Perlite lamellaire grossière. (Grossissement 500 fois.)

cation. La désagrégation des cristaux mixtes primaires aboutit dans le vide à une perlite lamellaire ; dans l'argon, à une perlite lamellaire très grossière. La microtexture des fragments refondus est un témoignage de plus que la fonte blanche de Prins-Bois s'est refroidie rapidement jusqu'à environ 750° C, mais qu'en dessous de cette température, elle s'est refroidie infiniment plus lentement, car le très lent refroidissement des fragments refondus ne suffit pas à empêcher la désagrégation des cristaux mixtes en perlite lamellaire.

En résumé, l'analyse chimique et l'examen métallographique prouvent que le spécimen prélevé lors des fouilles de Prins-Bois est une fonte blanche à faible teneur en silicium et en manganèse et à teneur extraordinairement forte en phosphore. Cette fonte blanche sous-eutectique a passé assez rapidement de l'état liquide à l'état solide. Cependant elle s'est refroidie avec une lenteur extraordinaire dans la zone des températures inférieures, ou, ce qui est plus vraisemblable, elle est restée très longuement à une température d'environ 700° C avant de se refroidir très lentement [1].

Les fragments du spécimen qui ont été refondus dans le vide et dans l'argon, et eux aussi refroidis très lentement, montrent une autre structure aussi bien de la cémentite eutectique que de l'eutectoïde.

De cet examen métallographique et de l'analyse chimique, on peut déduire avec une grande sécurité que le morceau de fonte de Prins-Bois provient d'une industrie du fer très ancienne.

P. D. Dr E. M. Modl.

---

[1] Cette déduction est corroborée par le fait que le morceau fut trouvé tout au fond du four XIX. (Note du traducteur.)