

Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 61 (1993)

Artikel: Archéométrie des scories de fer : recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale
Autor: Serneels, Vincent
Kapitel: 5: Le district sidérurgique du Mormont (Vaud, Suisse)
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-836182>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 28.07.2025

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

5

LE DISTRICT SIDÉRURGIQUE DU MORMONT

(VAUD, SUISSE)

A MI-CHEMIN entre Lausanne VD et Yverdon VD, le Mormont est un relief qui sépare la plaine de la Venoge de celle de l'Orbe (fig. 86). Il est situé au pied de la première chaîne du Jura mais est orienté perpendiculairement à l'axe principal de celle-ci. Les pentes sont assez raides formant localement des falaises. Son altitude ne dépasse guère les 600 m. Il est coupé en deux par le ravin d'Enteroches.

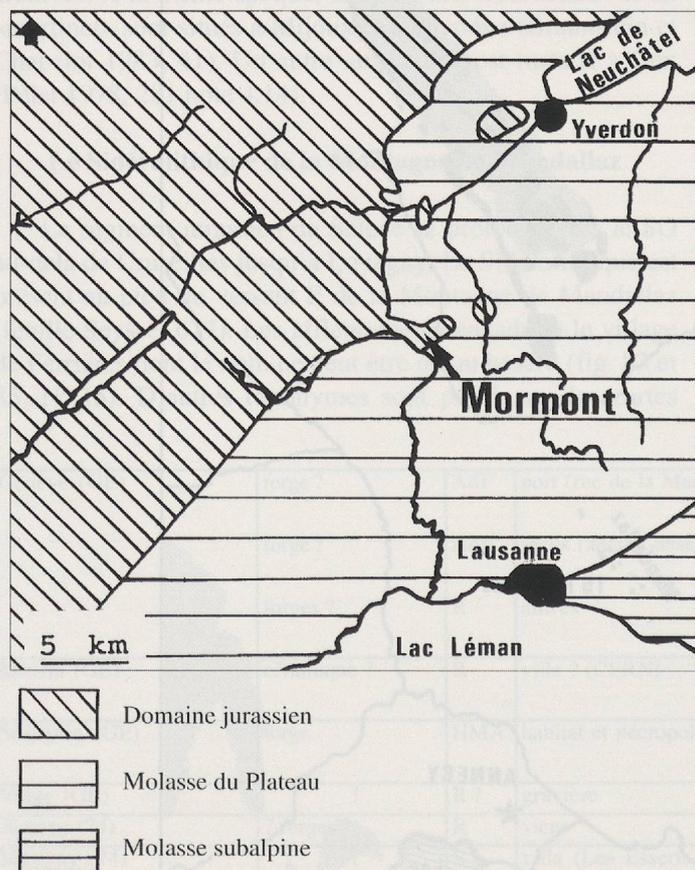


Fig 86. Esquisse tectonique de la région du Mormont. 1:500 000.

Depuis la ville médiévale de La Sarraz (497 m), à l'O du Mormont, le relief s'élève en direction du NO, jusqu'à 900 m d'altitude. Plus haut, la pente s'accroît jusqu'à la crête de la chaîne orientale du Jura (1300 m, Dent de Vaultion 1482 m). Vers le N, les gorges du Nozon, fortement encaissées, coupent le paysage. Au S, la Venoge coule dans la plaine.

Les premiers géologues vaudois, Chavannes, Jaccard et d'autres, s'intéressèrent de près au Mormont. La découverte, en 1852 et dans les années qui suivirent, de plusieurs crevasses sidérolithiques fossilifères fut un événement important. Les cartes géologiques couvrant cette zone furent publiées bien plus tard (Feuilles Cossonay 1222, Custer 1935; Jorat/Echallens 1203, Bersier 1952 et Orbe 1202, Aubert 1963).

Le Mormont est un anticlinal ENE compartimenté par plusieurs failles obliques principales. Elles délimitent une structure en horst avec un rejet vertical évalué à 60 m. Les mouvements tectoniques ont aussi une composante horizontale. Des failles secondaires découpent l'ensemble en de nombreux panneaux. Le flanc SE est formé par les calcaires blancs du faciès Urgonien. Les calcaires jaunes et les marnocalcaires du Barrémien occupent l'autre versant. La pierre jaune de l'Hauterivien apparaît à l'extrémité O.

Les mêmes couches forment le pied de la première chaîne jurassienne, plus ou moins masquées par un placage morainique d'épaisseur variable. La molasse affleure au fond de la vallée de la Venoge et sur les coteaux entre Orny et Orbe.

Avant l'époque romaine, les traces d'occupation de la région restent sporadiques. Au NE, dans la région située entre Rances et Vuiteboeuf, de nombreuses sépultures de l'âge du Fer sont connues (Hallstatt final, La Tène ancienne). Le site d'Yverdon est déjà occupé à l'âge du Fer. Au S, la région de Lausanne est également un centre actif pendant toute la période de La Tène (Kaenel 1990, 313-29).

A l'époque romaine, le peuplement s'intensifie (Paunier 1982). La voie romaine qui unit Yverdon-*Eburodunum* à

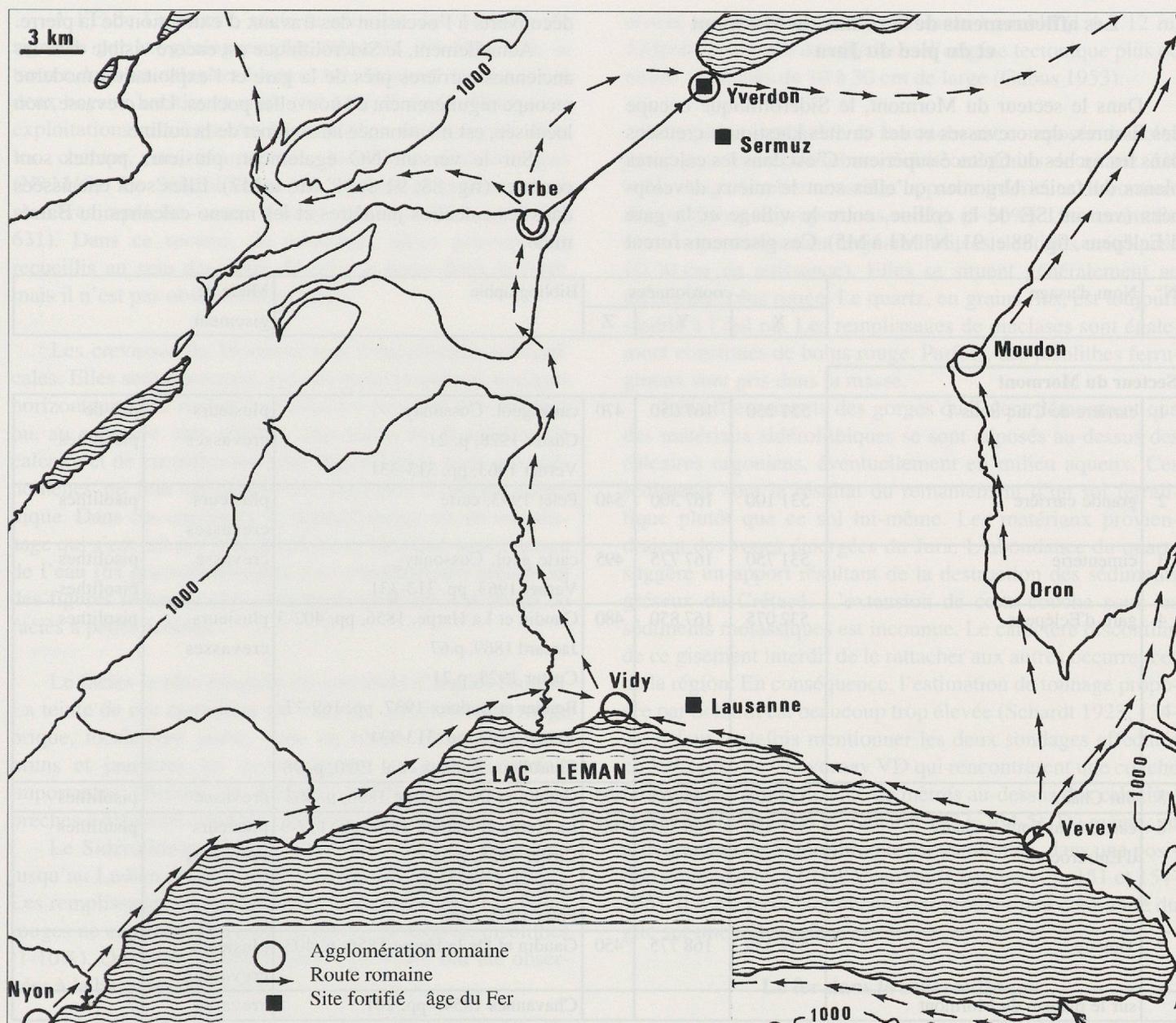


Fig. 87. Carte de situation des principaux sites archéologiques mentionnés dans le texte. 1:200 000.

Lausanne-Lousonna traverse le Mormont par le ravin d'Entrechroches (borne milliaire, Mottas 1986; fig. 87). Le relais routier d'Orbe-Urba se trouve à moins de 10 km. De nombreux établissements ruraux occupent les terres fertiles de la boucle de la Venoge, des collines du Gros-de-Vaud et du versant E de la basse plaine de l'Orbe (Viollier 1927, carte). Certaines *villae* sont de vrais palais (Orbe-Boscéaz, von Gonzenbach 1974). Des traces de centuriations ont également été relevées dans la région (Pichard et Andrès-Colombo 1987).

Les nombreux cimetières du Haut Moyen Age se répartissent à peu près comme les établissements romains et semblent indiquer une certaine continuité de l'occupation rurale (Weidmann 1987). Au cours du V^e siècle, l'abbaye de Romainmôtier sera fondée (Reymond *et al.* 1988, 10-19).

Toutes époques confondues, le relief du Mormont lui-même, ainsi que les pentes du Jura au-dessus de 650 m, ne

livrent que très peu de traces d'occupation autres que les vestiges des activités métallurgiques et minières (Weidmann 1987, 28-31).

Le minerai

Le Sidérolithique du Mormont a fait l'objet de nombreuses études anciennes. Ce sont les fossiles contenus dans ces terrains qui motivèrent les recherches (De la Harpe et Gaudin 1854; Gaudin et De la Harpe 1856; Jaccard 1869; Schardt 1880; Stehlin 1903 et 1909-10). Par la suite, les observations des géologues vaudois contribuèrent à établir l'origine sédimentaire du Sidérolithique, s'opposant ainsi aux vieilles hypothèses magmatiques. Après la Première Guerre mondiale, ce terrain fut étudié comme minerai potentiel (Schardt 1923).

Les affleurements de la colline du Mormont et du pied du Jura

Dans le secteur du Mormont, le Sidérolithique occupe des fissures, des crevasses et des cavités karstiques creusées dans les roches du Crétacé supérieur. C'est dans les calcaires blancs du faciès Urgonien qu'elles sont le mieux développées (versant SE de la colline, entre le village et la gare d'Eclépens, fig. 88 et 91, N° M1 à M5). Ces gisements furent

découverts à l'occasion des travaux d'extraction de la pierre.

Actuellement, le Sidérolithique est encore visible dans les anciennes carrières près de la gare et l'exploitation moderne recoupe régulièrement de nouvelles poches. Une crevasse, non localisée, est mentionnée au sommet de la colline.

Sur le versant NO également, plusieurs poches sont connues (fig. 88, 91 et N° M6 à M7). Elles sont encaissées dans les calcaires jaunâtres et les marno-calcaires du Barrémien.

N°	Nom d'usage	coordonnées			Bibliographie	Mode de gisement	
		X	Y	Z			

Secteur du Mormont							
1	carrière de Cinq Sous I	531 250	167 050	470	carte géol. Cossonay Custer 1928, p. 21 Vernet 1963, pp. 313-331	plusieurs crevasses	peu de pisolithes
2	grande carrière	531 100	167 300	540	Pelet 1993, carte	plusieurs crevasses	pisolithes
3	cimenterie	531 750	167 775	495	carte géol. Cossonay Vernet 1963, pp. 313-331	crevasse	pisolithes pisolithes
4	gare d'Eclépens	532 075	167 850	480	Gaudin et La Harpe, 1856, pp. 402-3 Jaccard 1869, p.67 Custer 1928, p.21 Bersier et Badoux 1937, pp. 169-77 Vernet 1963, pp. 313-331 Charollais, Badoux et al 1990, p. 98	plusieurs crevasses	pisolithes
5	Sur Chaux	532 225	168 075	495	Gaudin et De la Harpe 1856, p. 403	crevasse	pisolithes
6	carrière du Four à Chaux d'Entreroches	531 330	168 525	465	La Harpe et Gaudin 1854, pp. 117-9 Custer 1928, p.21 carte géol. Cossonay Pelet 1993, carte	plusieurs crevasses	pisolithes
7	Tioleire	532 335	168 775	450	Gaudin et De la Harpe 1856, p. 403	plusieurs crevasses	?
	sur le plateau du Mormont				Chavannes 1854, pp. 201	crevasse	?

Secteur La Sarraz-Moiry-Juriens							
8	Les Alleveys	528 450	168 550	545	Gaudin et De la Harpe 1856, p. 403 Chavannes 1854, p. 201	crevasse	pisolithes
9	La Bossena	525 625	168 675	655	Pelet 1993, pp. 87-88	mine	?
10	Haut des Champs	526 700	168 125	585	Pelet 1960a, p. 53	épars	pisolithes
	route entre Moiry et Croy				Schardt 1880, p. 631	?	?

Secteur Goumoens-le-Jux							
11	Lit du Talent	534 775	169 000	550	Schardt 1880, pp. 632- 635, pl.2	couche	pisolithes
	à	534 860	169 860	500	Schardt 1923, pp. 127-150 Custer 1928, p. 21 carte géol. Echallens Gabus 1953, 25 p. Kosak 1971, 36 p. Vernet 1963, pp. 313-331	diaclasses	
	Sondage à Chavornay 1912				Schardt 1923, pp. 134-5	couche ?	?

Fig. 88. Liste des occurrences de Sidérolithique dans la région du Mormont (voir fig. 91).

A l'E de La Sarraz, seule la crevasse des Alleveys est signalée par les géologues (fig. 88 et 91, N° M8). Elle se trouve dans les calcaires blancs. A la Bossena 1, on connaît deux boyaux karstiques vidés (N° M9). Il s'agit d'anciennes exploitations minières. Au N du village de Ferreyres, dans les champs, on trouve des pisolithes sidérolithiques (N° M10). Le Sidérolithique est également mentionné de manière imprécise «entre Moiry et Croy» (Schardt 1880, 631). Dans ce secteur, de nombreux blocs peuvent être recueillis au sein des amas de scories épars dans la forêt, mais il n'est pas observable en place.

Les crevasses du Mormont sont fréquemment subverticales. Elles sont découpées par des mouvements tectoniques horizontaux. Les roches encaissantes peuvent être fraîches ou, au contraire, très altérées. Des traces de dissolution du calcaire et de karstification sont bien visibles, mais ces phénomènes ne font qu'élargir des diaclases d'origine tectonique. Dans ces crevasses, le Sidérolithique est un remplissage qui s'est fait par le haut (chute de blocs) et sous l'action de l'eau (tri granulométrique). Les comblements présentent des figures sédimentaires complexes avec des variations de faciès à petite échelle.

Le faciès le plus fréquent est constitué d'argiles (bolus). La teinte de ces matériaux est variable, généralement rouge brique, localement jaune, verte ou bleue. Des sables gris, bruns et jaunâtres les accompagnent en lentilles parfois importantes (Bersier et Badoux, 1937). On trouve des brèches à éléments crétacés cimentés par des argiles.

Le Sidérolithique a livré une faune datée du Bartonien jusqu'au Ludien (Stehlin 1903 et 1909-10, Hofstetter 1962). Les remplissages ne sont pas tous contemporains. Les bolus rouges ne contiennent qu'une faible proportion de pisolithes (1-10%). Quelques lentilles riches (30-50%), ont été observées à la base des crevasses.

Dans la région du Mormont, la plus grande partie du Sidérolithique est le résultat d'un remplissage karstique. Les matériaux proviennent du remaniement d'un sol ferrallitique formé à l'Eocène et des produits de dissolution des sédiments calcaires et éventuellement gréseux du Crétacé. Quelques observations pourraient indiquer la présence de sédiments superficiels (dune éolienne, Bersier et Badoux 1937).

Les affleurements dans le lit du Talent

Mentionné pour la première fois par Jaccard, le gisement de Sidérolithique de Goumoens-le-Jux, dans le lit du Talent, est le plus important en volume de la région (Jaccard 1869, 67; fig. 88 et 91: M11).

Sous la couverture tertiaire et quaternaire, les gorges du Talent entaillent le soubassement calcaire urgonien entre les cotes 550 et 500. Ces roches forment un faible bombement anticlinal, sans doute dans le prolongement de la structure du Mormont. Quelques affleurements montrent le Sidérolithique stratifié, au toit des calcaires et sous la molasse. Le

niveau est discontinu et de puissance variable (1,4 à 12 m; Ailleurs, il remplit des diaclases d'origine tectonique plus ou moins verticales de 10 à 30 cm de large (Gabus 1953).

La partie supérieure de la couche est composée de bolus jaune pauvre en pisolithes et riche en grains de quartz. Un bolus rouge sombre constitue la partie inférieure. Il contient des pisolithes en proportions variées (5-50%). Les accumulations importantes sont toujours limitées (lentilles métriques, 10-30 cm de puissance). Elles se situent généralement au milieu du bolus rouge. Le quartz, en grains fins, est toujours visible à l'œil nu. Les remplissages de diaclases sont également constitués de bolus rouge. Parfois, des pisolithes ferrugineux sont pris dans la masse.

Les affleurements des gorges du Talent démontrent que des matériaux sidérolithiques se sont déposés au-dessus des calcaires urgoniens, éventuellement en milieu aqueux. Ces sédiments sont le résultat du remaniement d'un sol ferrallitique plutôt que ce sol lui-même. Les matériaux proviendraient des zones émergées du Jura. L'abondance du quartz suggère un apport résultant de la destruction des sédiments gréseux du Crétacé. L'extension de cette couche sous les sédiments molassiques est inconnue. Le caractère discontinu de ce gisement interdit de le rattacher aux autres occurrences de la région. En conséquence, l'estimation de tonnage proposée par Schardt est beaucoup trop élevée (Schardt 1923, 134-5). Il faut toutefois mentionner les deux sondages effectués en 1912 près de Chavornay VD qui rencontrèrent une couche ferrugineuse d'une dizaine de mètres au-dessus des calcaires urgoniens (cote -195 m, Schardt 1923, 134-5). De même, un affleurement de Sidérolithique est mentionné, dans une position comparable, à l'E d'Yverdon (Chevressy, p. 151 et 154-155). Il n'est pas d'argument pour prouver une continuité du gîte sur une telle surface.

Le fer dans le Sidérolithique

Les matériaux sidérolithiques de la région du Mormont présentent donc leur variété habituelle (pp. 37-41; fig. 31). A priori, seuls les bolus à pisolithes sont susceptibles d'avoir été utilisés comme minerai de fer. Les bolus du Mormont sont des roches généralement indurées et compactes. Pour cette raison, ce sont plutôt des argilites que des argiles. Les hydroxydes de fer imprègnent complètement la roche et lui donnent sa teinte. La goëthite est le constituant minéral dominant mais on note aussi la présence d'hématite. Les minéraux argileux présents sont une kaolinite riche en fer et une montmorillonite. L'illite n'apparaît qu'en traces (Vernet 1963, 317-9). Des grains de quartz sont toujours visibles.

Les pisolithes du Mormont sont en général de taille modeste, n'excédant pas celle d'une noix et beaucoup plus petits en moyenne. Leurs formes, globuleuses, sont parfois irrégulières. Ils possèdent une enveloppe externe lisse et lustrée. On n'observe que très rarement une structure interne concentrique bien développée. Le plus souvent, l'enveloppe extérieure englobe un noyau argileux qui ne diffère pas sensiblement du bolus.

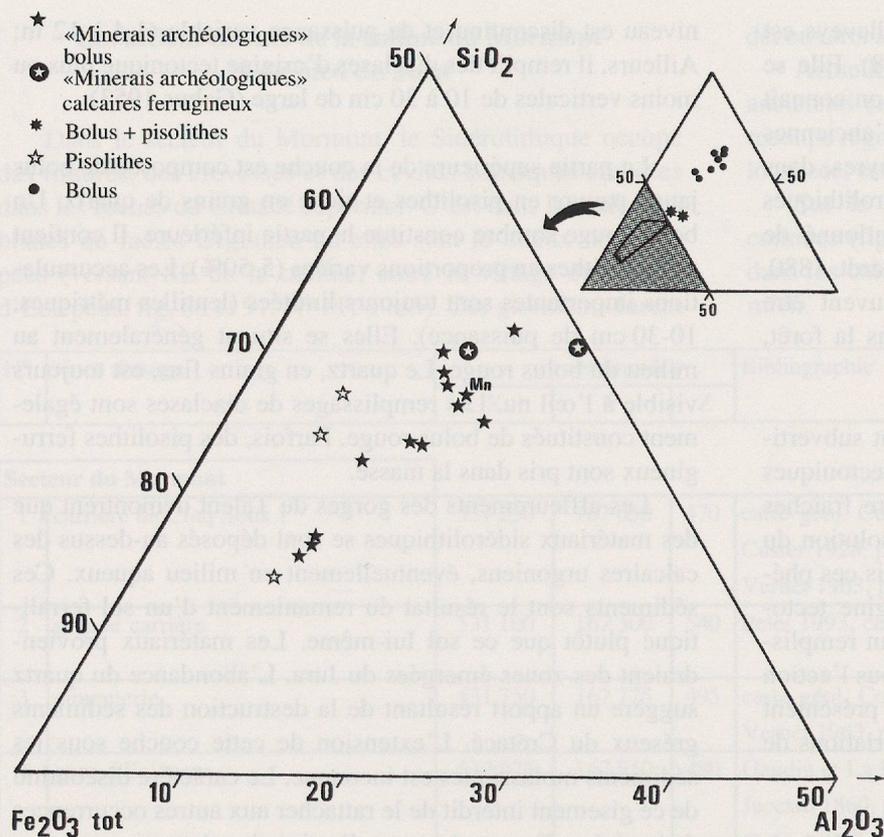


Fig. 89. Composition chimique du Sidérolithique de la région du Mormont.

Quelques lames minces d'échantillons provenant de Goumoens-le-Jux ont été étudiées (Gabus 1953 et Kosak 1971). Elles montrent des pisolithes dont le cœur est semblable au bolus environnant et tout aussi riche en grains de quartz. Seule la bordure est une croûte d'hydroxydes de fer. Certaines observations pourraient indiquer une formation *in situ* des pisolithes.

Les analyses complètes sont données dans les Annexes 4.1 et 4.2. Les principaux caractères chimiques sont résumés dans les fig. 89 et 90.

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ tot	CaO
Pisolithes				
moyenne 3 éch.	20.87	6.90	60.61	2.28*
Bolus tout-venants				
moyenne 8 éch.	53.49	19.98	14.72	1.28*
Minerais archéologiques				
moyenne 13 éch.	21.49	10.66	58.47	1.58
Minerais archéologiques calcaïques				
moyenne 2 éch.	7.27	4.45	14.59	38.93

Fig. 90. Principaux caractères chimiques du Sidérolithique de la région du Mormont.

* Les écarts entre les valeurs sont très importants.

Les pisolithes de Goumoens-le-Jux (M11) et de Ferreyres (M10), séparés de leur gangue argileuse, ont des compositions chimiques voisines pour les constituants principaux. Seul le calcium, absent dans le premier gisement est présent en faible quantité dans le second. Ils présentent des teneurs en fer nettement plus élevées que les bolus tout-venants prélevés sur les affleurements (M1, M8 et M11). Ces derniers, avec moins de 15% de Fe₂O₃tot sont vraiment pauvres.

Incontestablement, les pisolithes sont un minerai de fer acceptable, alors que les bolus pauvres paraissent inutilisables. Toutefois, les poches riches en pisolithes sont rares et de faible volume et les roches sont dures et ne se décomposent pas dans l'eau. Il est donc impossible de les enrichir par lavage. Les essais de concentration, à l'eau et par attaque acide, menés par d'autres auteurs le démontrent (Schardt 1923, 135-6; Gabus 1953, 16-7; Kosak 1971, 19). Pour récolter les pisolithes, il faut casser la roche et trier à la main!

Dans les amas de scories, des fragments de minerais ont été récoltés, au cours des fouilles de P.-L. Pelet (fig. 90, minerais archéologiques). Ces sites n'ont livré que des fragments de bolus pauvres en pisolithes (1-5%). Macroscopiquement, aucun critère précis ne les distingue des échantillons frais. Par contre, ils présentent des teneurs en fer nettement plus élevées (58,5% Fe₂O₃tot). Ces matériaux seraient utilisables comme minerai.

La preuve archéologique de leur utilisation est fournie à maintes occasions. Plusieurs fragments portent les traces d'un chauffage préliminaire indiscutable (grillage, éch. BEL 131). Sur le site de la Bossena 1 (site 21), c'est tout un dépôt de minerai abandonné près du fourneau qui fut retrouvé en

place (Pelet 1993, p. 60). Aux Bellaires, les fragments de minerai se trouvaient mélangés aux scories et une aire de «grillage» a été mise en évidence par la fouille.

Deux échantillons provenant des fouilles de Prins-Bois 2 (site 5.2, éch. PRI 251 et 252), se sont avérés être des fragments de roche calcaire. Les surfaces présentent des traces de bolus adhérent et pris dans les irrégularités. On voit très nettement une altération qui se développe depuis les bords. A l'intérieur, la roche calcaire est également très altérée, rougeâtre. Des fissures et cavités sont envahies par les argiles. La composition chimique globale est très différente et les teneurs en fer sont assez basses (15%). Ces blocs faisaient partie d'un remplissage bréchiq ou des épontes du gisement. En faible quantité, ces calcaires ferrugineux ne vont pas modifier le comportement de la charge au cours de la réduction. Comme minerai, ils demanderaient une température de fusion très élevée. En juste proportion, ils pourraient jouer avantageusement un rôle de fondant.

Une autre analyse se détache du lot (BEL 173, Bellaires 1, site 25.1). Sa teneur en MnO est très élevée (25%). Dans le Sidérolithique, cet élément est souvent présent mais en quantité plus faible (<1%). Toutefois, sur de nombreux échantillons, on observe des enduits noirâtres de pyrolusite. A Montcherand VD, des teneurs très élevées ont été également mesurées (p. 147).

Le Sidérolithique comme minerai de fer

L'ensemble des analyses montre la complexité du Sidérolithique avec ses variations de faciès et ses particularités locales. Les principales différences trouvent une explication soit dans la nature des matériaux analysés soit dans leur origine géographique.

Les teneurs en fer des bolus pauvres en pisolithes des gisements du Talent sont trop basses pour qu'ils soient utilisables (M11, Annexe 4.1). Les concrétions ne peuvent pas être concentrées par lavage à l'eau. Les lentilles riches en pisolithes ne représentent qu'un faible volume. Même dans ce cas, les teneurs les plus élevées ne dépassent guère 40% Fe₂O₃tot (GOU 3 et Schardt 1923, 133, analyse incomplète). Tout porte à croire que ce gîte n'a pas pu être exploité.

Les analyses chimiques des échantillons de Goumoens-le-Jux ne montrent pas d'anomalie particulière. L'absence complète du Ca dans ces roches est une caractéristique que l'on ne retrouve pas dans les gisements voisins. La teneur en Cr est assez élevée dans les pisolithes.

Trop peu d'échantillons proviennent des crevasses du Mormont pour faire un réel bilan (M1-7, Annexe 4.1 : éch. GAR 101 et 102). Le bolus semble être très pauvre en fer. Le lavage des pisolithes est difficile en raison de la cohérence des matériaux argileux. La plupart des poches sont aveugles et ne sont connues aujourd'hui que grâce à l'extraction de la pierre. L'exploitation ancienne n'a pu être possible qu'en de rares cas.

Le gisement des Alleveys est mal documenté: seul le bolus a été analysé et il est très pauvre en fer (M8, Annexe 4.1: éch. ALV 101). Aucun autre affleurement n'est actuellement accessible à l'O de La Sarraz.

Les échantillons provenant des sites archéologiques sont majoritairement des bolus riches en fer mais pauvres en concrétions. Ils atteignent des teneurs suffisantes pour être utilisables (Annexe 4.2). On notera la présence de bolus riches en Mn et de calcaires ferrugineux. Aucun affleurement ne permet d'observer un matériel comparable en place. Les seuls témoignages proviennent des ateliers de réduction et des mentions anciennes. La composition chimique ne présente pas de caractère anormal. Les éléments traces sont assez bas à l'exception du V (800-2900 ppm).

La qualité du Sidérolithique comme minerai de fer n'est donc pas partout la même dans la région du Mormont. Au contraire, il semble que seul le pied du Jura à l'O de La Sarraz ait pu fournir une matière première adéquate. Cela expliquerait pourquoi l'immense majorité des ateliers de réduction sont installés dans ce secteur alors qu'ils sont absents à proximité des gisements actuellement visibles.

Dans cette région, plus que la simple présence du Sidérolithique, c'est sa qualité comme minerai de fer qui serait le facteur déterminant l'implantation des ateliers de réduction. Cette hypothèse se trouve confortée par les résultats des analyses de scories (pp. 112-115).

Il convient cependant de faire quelques réserves concernant cette hypothèse. En effet, notre échantillonnage est encore trop peu abondant pour cerner toute la complexité du Sidérolithique du Mormont et des environs. De plus, quelques sites font exception à la règle, en particulier celui de Tilériaz, situé sur le versant E de la colline du Mormont (site 43). Enfin, la plupart des poches de Sidérolithique du Mormont ont été mises au jour par l'exploitation moderne de la pierre; il est possible que, dans un lointain passé, ces terrains n'affleuraient pas du tout.

Cette dernière remarque ne s'applique de toute façon pas au gisement du lit du Talent. Pour celui-ci, aucun témoignage ne vient renforcer l'hypothèse d'une exploitation à un quelconque époque.

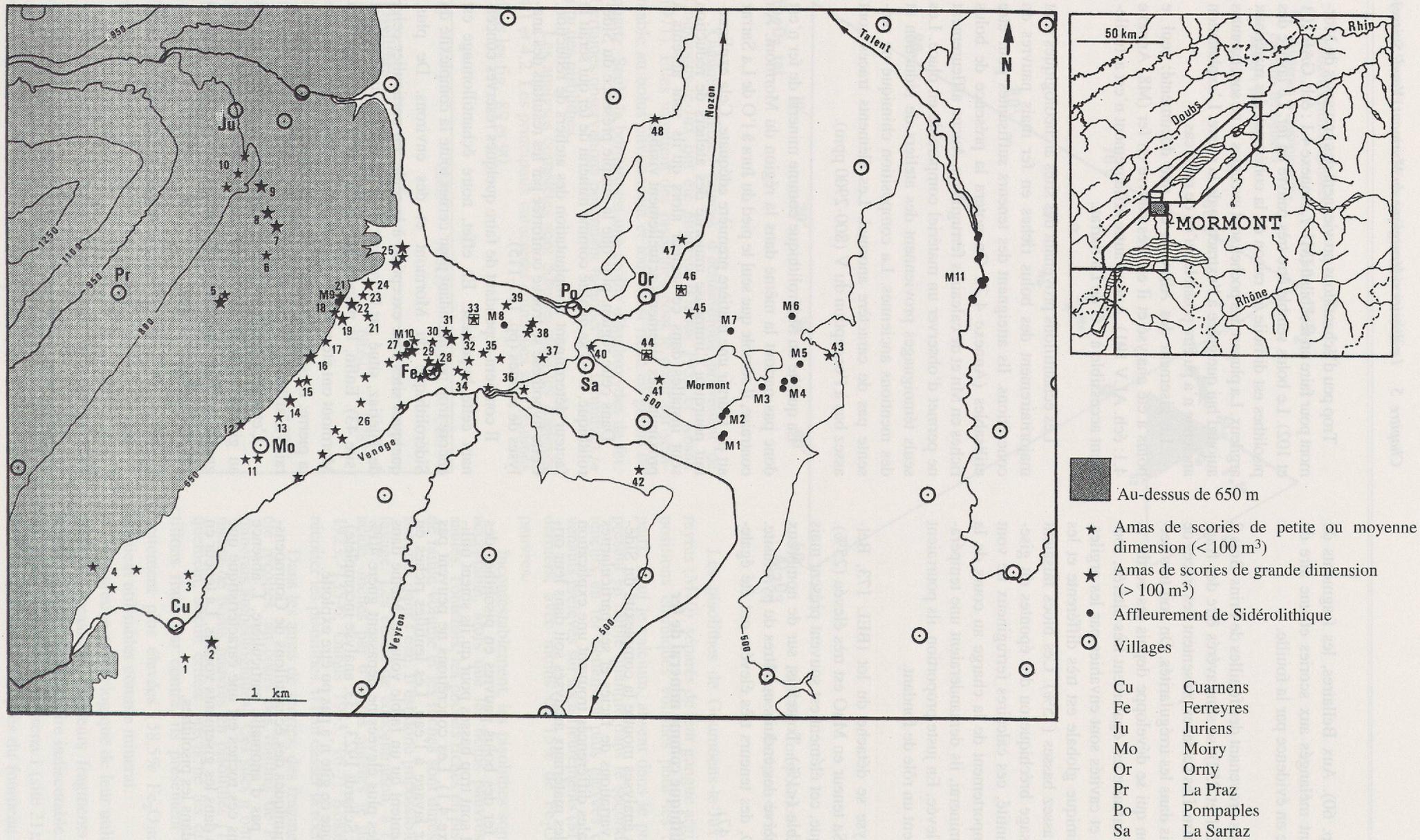


Fig. 91. Cartes des sites métallurgiques et des affleurements de Sidérolithique dans la région du Mormont.

Les numéros M1 à M11 renvoient à la figure 88.

Les numéros 1 à 46 renvoient à la figure 92.

N°	Nom d'usage	Commune	coordonnées			volume estimé	mode de gisement scories	Date / nombre fours	Référence Pelet 1993 page	anal chim
			X	Y	Z					

Secteur Cuarnens

1	Pré Penard 1	Cuarnens	523 625	163 775	625		éparses	M ?	115	X
2	Pré Penard 2	Cuarnens	523 775	163 925	625		éparses	M	115	
3	En Prêle	Cuarnens	523 575	164 875	630	XX	éparses		115	
4	Les Mousses	Cuarnens	522 500	164 675	640	aff. ?	isolées	XVIIe?	115	
	Gravière	Cuarnens	522 200	165 250	670		isolées		115	
	Lucheran	Cuarnens	522 800	165 035	640		isolées		115	

Secteur La Praz - Juriens

5	Prins Bois 1	Juriens	524 050	168 800	750	XXX	groupées	R / 1	118 et 79 1960a	X
	Prins Bois 2	Juriens	524 037	168 975	752	X	groupées	? / 23		
6	En Barnel 2	Romainmôtier	524 625	169 675	745	XX	éparses		121	
7	En Barnel 1	Romainmôtier	524 875	169 900	740	XXX	éparses		121	X
8	Rosset 2	Juriens	524 625	170 187	750	XXX	éparses		118	X
9	Rosset 1	Juriens	524 700	170 375	750	XXX	éparses	R	118, 1960a	X
10	Rauvin (ferme)	Juriens	524 025	170 565	825	Forge?	isolées		118	
	Rauvin (carrefour)	Juriens	524 125	170 450	815	Forge?	isolées		118	
	Rouge Bou	Juriens	524 425	170 825	810		isolées		118	

Secteur Moiry - Bellaires

11	Iséraz	Moiry	524 575	166 575	635		isolées		120	
	Sud du village	Moiry	524 350	166 600	630		isolées		120	
12	La Cressonnière	Moiry	524 425	167 037	635	X	éparses		120	
13	Longchamp	Moiry	524 930	167 210	625	X	éparses		120	
14	Fontaines des Forges	Moiry	525 025	167 450	630	XXX	groupées	R ?	120, 1960a	X
15	Voualève 1	Moiry	525 175	167 740	635	X	groupées		120	X
	Voualève 2	Moiry	525 225	167 750	630	X	groupées		120	
16	Carolines	Moiry	525 325	168 050	645	XXX	groupées		120	X
17	Bossena 2	Ferreyres	525 450	168 275	645	X	éparses		116	
18	Bossena 1	Ferreyres	525 625	168 675	655	X	groupées	HMA / 1	57-60 1960a	X
19	Petits Lacs 3	Ferreyres	525 800	168 580	635	XXX	éparses		117	X
20	Petits Lacs 4	Ferreyres	525 700	168 825	655	XX	groupées		117	
21	Petits Lacs 2	Ferreyres	526 000	168 700	630	X	éparses		117	
22	Petits Lacs 1	Ferreyres	525 875	168 800	645	XXX	groupées		117	
23	Les Piauliauses	Ferreyres	526 050	169 020	635	XX	éparses		117, 1960a	
24	Echilly	Romainmôtier	526 150	169 100	635	XXX	éparses		121	
25	Bellaires 1	Romainmôtier	526 525	169 575	620	XXX	groupées	AdF / 2 R / 8 HMA / 6	12, 29-42, 48-53	X
	Bellaires 2	Romainmôtier	526 575	169 525	615	X	groupées	R / 1	12-15,42-45	X
	Bellaires 3	Romainmôtier	526 550	169 450	620	XXX	groupées	R / 2 HMA / 2	15-16,46-48 53-57	X

Secteur Moiry - Ferreyres

26	En Pertuis	Moiry	525 150	166 350	580		isolées		120	
	La Lécherette 3	Moiry	525 505	166 775	580		isolées	R ?	120	
	La Lécherette 1	Moiry	525 650	167 000	590		isolées		120	
	La Lécherette 2	Moiry	525 750	166 900	580		isolées		120	
	Les Terres Rouges	Moiry	526 060	167 425	580		isolées		120	
	En Esserton	Ferreyres	526 625	167 400	550		isolées		118	
	En Rogenex	Ferreyres	526 100	167 780	575		éparses	? et M	117	
	En Orjus	Ferreyres	526 400	167 925	585		isolées		117	

N°	Nom d'usage	Commune	coordonnées			volume estimé	mode de gisement scories	Date / nombre fours	Référence Pelet 1993 page	anal chim
			X	Y	Z					

Secteur Ferreyres

27	Haut des Champs 1	Ferreyres	526 800	168 150	585	XX	éparses		116, 1960a	
	Haut des Champs 2	Ferreyres	526 625	168 150	580	X	éparses		116, 1960a	
	Haut des Champs 3	Ferreyres	526 650	168 100	585	X	éparses		116, 1960a	
	En Isérable	Ferreyres	526 750	168 275	590		isolées		117	
28	route de Moiry	Ferreyres	526 850	167 750	560		isolées		117	
	Les Eterpis	Ferreyres	526 925	167 825	560		isolées		117	
	ferme Magnenat	Ferreyres	527 075	167 975	560		isolées		117	
	jardin de la Poste	Ferreyres	527 050	167 950	560		isolées		117	
	Maison Favre	Ferreyres	527 100	168 025	570	XXX	groupées	HMA / 1	117, 1960a	X
	Au Montet	Ferreyres	527 150	168 125	570		isolées		116	
29	Cimetière	Ferreyres	527 000	168 025	560	Forge	isolée			
30	Le Tignon	Ferreyres	527 000	168 205	585	X	éparses		117	X
31	Morandin 1	Ferreyres	527 350	168 320	570	XXX	groupées		116-117	X
	Morandin 2	Ferreyres	527 280	168 410	575	X	éparses		117	
32	Les Fourmilières	Ferreyres	527 580	168 430	575	X	groupées		116	
33	Trésis des Alleveys	La Sarraz	527 575	168 625	585	Forge	éparses	R	117-118	
34	En Donchires 1	Ferreyres	527 370	167 900	555	Forge?	éparses	R ?	116	X
	En Donchires 2	Ferreyres	527 465	167 810	545	Forge?	éparses		116	
	En Melley	Ferreyres	527 550	168 050	555	Forge	éparses		116	
35	En Combattions	Ferreyres	527 750	168 150	555	XX	éparses		116, 1960a	X
36	Corbarex	Ferreyres	528 000	168 075	540		isolées		117	
	La Tine de Conflens	Ferreyres	527 825	167 625	510		isolées		117	
	La Bruyère	La Sarraz	528 325	167 650	490		isolées		119	

Secteur Pompaples - La Sarraz - Mormont

37	Les Buis	La Sarraz	528 575	168 140	520		isolées		119	
38	Maillefer 1	La Sarraz	528 400	168 350	530		isolées		118, 1960a	X
	Maillefer 2	La Sarraz	528 500	168 400	530		isolées		118, 1960a	X
	Maillefer 3	La Sarraz	528 625	168 450	520		isolées		118, 1960a	X
39	Saint Loup	Pompaples	528 125	168 850	530	X	groupées		121, 1960a	X
40	Mormonnet	La Sarraz	529 388	168 100	510		déplacées	M	118-119	
41	Mormont	La Sarraz	530 350	167 825	530		isolées		119	
42	Les Trois Noyers	Eclépens	530 087	166 500	470		isolées	M	115	
43	Tilérie	Eclépens	532 760	168 150	500	XXX	éparses		116	

Secteur Orny

44	Es Faveyres	Orny	530 100	168 200	470		isolées	R ?	121, 1960a	
45	Les Vignes d'Orny	Orny	530 750	168 700	495	Forge	isolées		121, 1960a	X
46	Sur le Mont	Orny	530 625	169 050	465	Forge	isolées	R	121	
47	Montolivet	Orny	530 625	169 775	450		isolées		121, 1960a	
48	La Grand-Ferrire	Arnex	530 230	171 450	475		isolées		115	

Fig. 92. Localisation et description des sites métallurgiques de la région du Mormont. voir carte fig. 91.

Les noms d'usage sont ceux utilisés par Pelet 1993.

Volumes estimés:

X	petite exploitation:	± 300 m ² de scories éparses ou	± 100 m ² de scories groupées
XX	exploitation moyenne:	± 500 m ²	± 250 m ²
XXX	grande exploitation:	± 1000 m ²	± 400 m ²

Datation:

AdF: Age du Fer

HMA: Haut Moyen-Age

R: Romain

M: Moderne

R ? : Romain ou postérieur (tuiles)

Les sites métallurgiques et miniers

Les scories des environs du Mormont sont déjà mentionnées au siècle dernier par F.-L. Troyon qui les met en relation avec le toponyme de Ferreyres (Troyon 1860, 358). Quelques échantillons furent récoltés par C.-T. Gaudin à la même époque (Pelet 1993, p. 6).

La découverte, en 1954 par P. Decollogny, des amas de scories de Prins-Bois 1 sera le point de départ des recherches récentes (Pelet 1960a). En 1959, les premières fouilles ont lieu sur ce site en même temps que les premières prospections dans la région. C'est au professeur P.-L. Pelet que revient le mérite d'avoir compris tout l'intérêt de ces découvertes.

Grâce à des fouilles minutieuses, de 1963 à 1970, et à des prospections extensives, il nous livre un panorama complet de cette région (Pelet 1973, ouvrage qui a fait l'objet d'une nouvelle édition, revue et augmentée, en 1993). C'est aussi à lui que l'on doit la conservation d'une collection importante d'échantillons de scories et de divers matériaux, en particulier des fragments de tuyères (Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne). Les deux bas fourneaux mis au jour à Bellaïres 3 ont été conservés *in situ* sous un abri.

La quasi-totalité des sites miniers et métallurgiques de cette région ont été décrits par P.-L. Pelet dans plusieurs publications importantes (Pelet 1960a, 1960b, 1970, 1973 et 1993). Par commodité, les principales informations ont été résumées ici (fig. 91 et 92).

Les sites ayant fait l'objet de fouilles archéologiques ou de nouvelles découvertes sont brièvement décrits dans ce chapitre. Nos propres prospections, qui n'ont pas été systématiques, n'ont pas permis de reconnaître des sites supplémentaires. Les résultats nouveaux proviennent donc de l'exa-

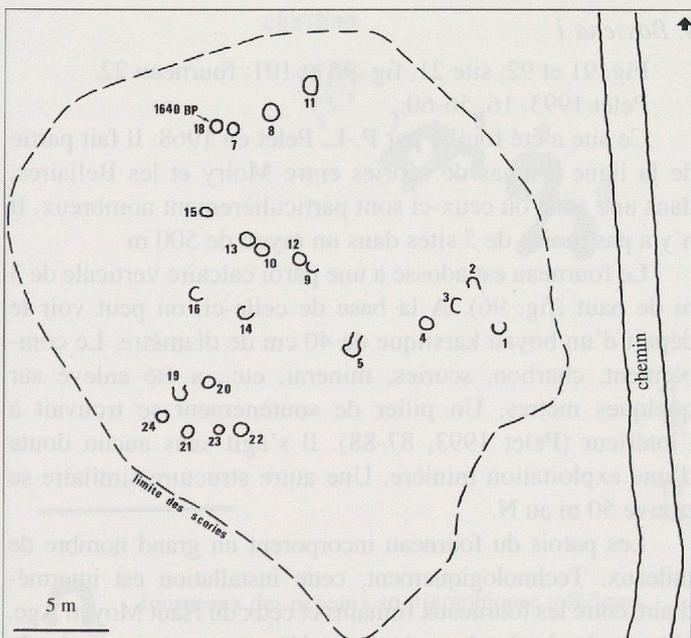


Fig. 93. Plan du site de Prins-Bois 1, fouilles P. Decollogny et P.-L. Pelet 1959. D'après Pelet 1960a. 1:400. Les fourneaux sont numérotés, les autres structures ne sont pas représentées.

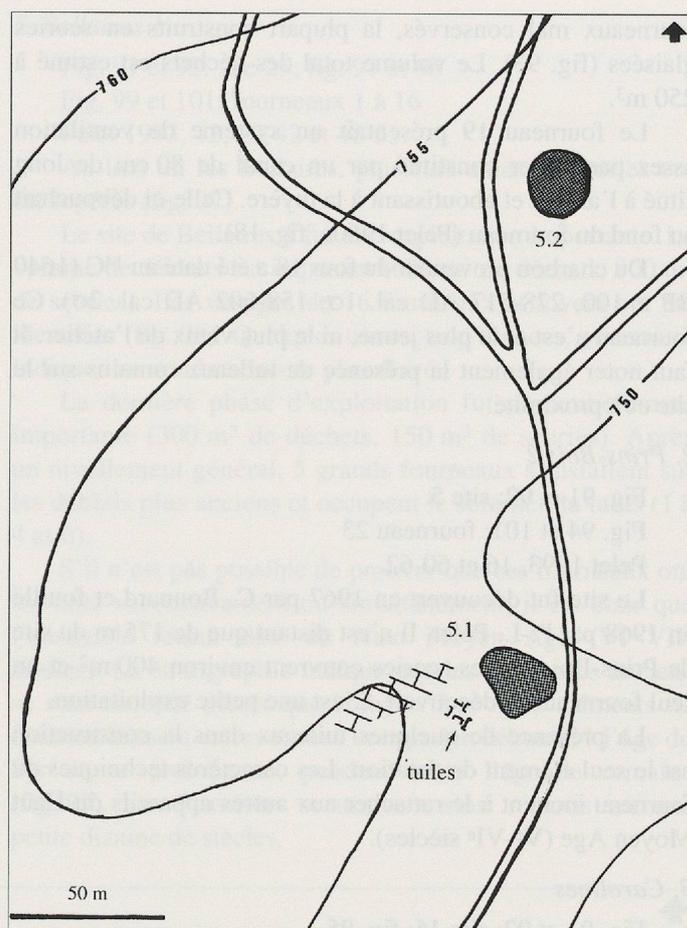


Fig. 94. Schéma des sites de Prins-Bois, Juriens VD. 1:2500.
5.1: Prins-Bois I 5.2: Prins-Bois I

men des scories et des analyses chimiques. Ces données apportent de nouveaux éléments pour l'interprétation spatiale de la zone sidérurgique.

Aucune fouille archéologique importante n'a été entreprise dans ce secteur depuis les recherches de P.-L. Pelet. Seul l'atelier de réduction de La Lèchère à Montcherand, situé à une dizaine de kilomètres à vol d'oiseau, a fait l'objet d'une étude complète (Abetel 1992, chapitre 6).

1. Prins-Bois I

Fig. 91 et 92: site 5; fig. 93 et 94.

Pelet 1960a; Pelet 1960b; Pelet 1993, 78-79.

Le site de Prins-Bois 1 fut découvert, en 1954, par P. Decollogny. Avec P.-L. Pelet, ils entreprennent des fouilles en 1959. Le site ne fut que partiellement dégagé. La stratigraphie et les relations spatiales, complexes, restent incertaines. De même, les fourneaux, relativement mal conservés et difficiles à comprendre, ne peuvent pas faire l'objet d'une étude technologique.

Les scories couvrent une superficie d'environ 670 m² (fig. 94). Quatre amas d'une hauteur approchant 2 m sont juxtaposés. Ils se trouvent sur le versant d'une petite éminence où affleurent les calcaires et qui domine une combe humide.

Une galerie percée dans le calcaire aurait été observée à 300 m de là (lieu dit Les Champs Neufs). A 40 m au SO du site, sur une superficie de 50 m², une concentration de tuiles romaines a été observée. Les fouilles ont mis au jour 24

fourneaux mal conservés, la plupart construits en scories glaisées (fig. 93). Le volume total des déchets est estimé à 250 m³.

Le fourneau 19 présentait un système de ventilation assez particulier constitué par un canal de 80 cm de long situé à l'amont et aboutissant à la tuyère. Celle-ci débouchait au fond du fourneau (Pelet 1960a, fig. 18).

Du charbon provenant du four 18 a été daté au ¹⁴C (1640 BP ± 100, 278-517 AD cal. 1σ; 158-602 AD cal. 2σ). Ce fourneau n'est ni le plus jeune, ni le plus vieux de l'atelier. Il faut noter également la présence de tuileaux romains sur le site et à proximité.

2. Prins-Bois 2

Fig. 91 et 92: site 5.

Fig. 94 et 101: fourneau 23

Pelet 1993, 16 et 60-62.

Le site fut découvert en 1967 par C. Bonnard et fouillé en 1968 par P.-L. Pelet. Il n'est distant que de 175 m du site de Prins-Bois 1. Les scories couvrent environ 400 m² et un seul fourneau fut découvert. C'est une petite exploitation.

La présence de quelques tuileaux dans la construction est le seul élément de datation. Les caractères techniques du fourneau incitent à le rattacher aux autres appareils du Haut Moyen Age (V^e-VI^e siècles).

3. Carolines

Fig. 91 et 92: site 16; fig. 95.

Pelet 1993, 120.

Le site des Carolines est une des exploitations importantes du secteur du pied du Jura vaudois (env. 1500 m², 500 m³ de déchets métallurgiques). Il fait partie de l'alignement de sites entre Moiry et les Bellaires. Les calcaires urgoniens affleurent, mais le Sidérolithique n'est pas visible. Le site se trouve sur la rive NE d'un ancien talweg peu marqué. L'ancien chemin passe juste en dessous de l'amas principal et la route moderne au-dessus (fig. 95).

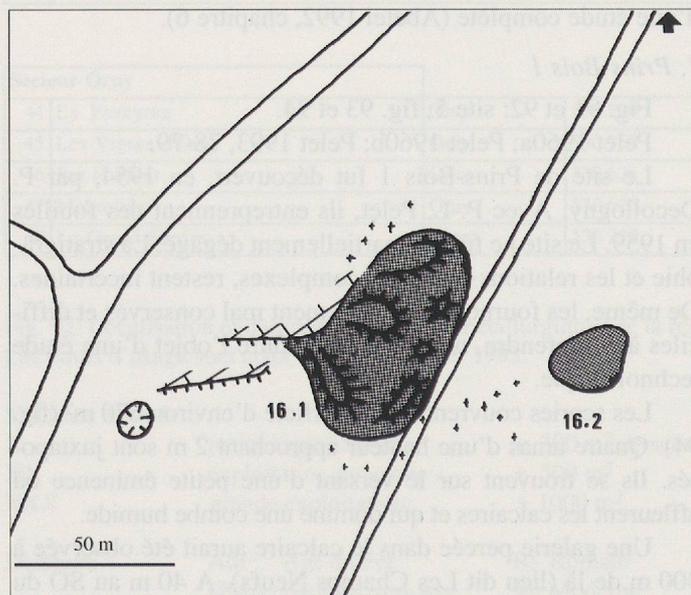


Fig. 95. Schéma du site des Carolines, Moiry VD. 1:2500.

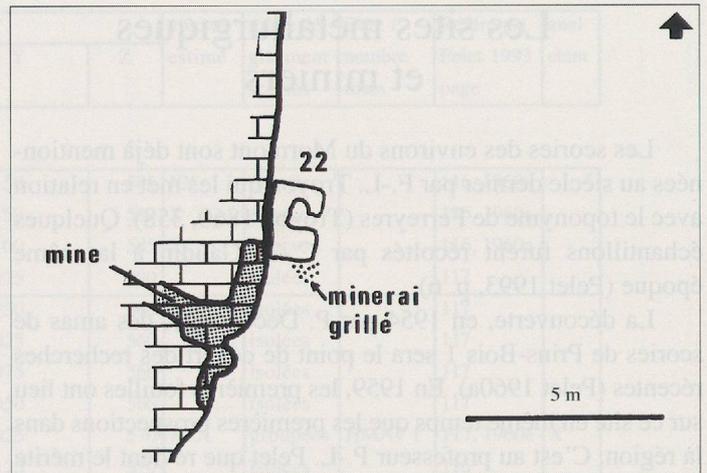


Fig. 96. Plan du site de Bossena 1. D'après Pelet 1993, fig. 103. 1:200.

Les scories sont réparties en 6 buttes groupées et adossées à un petit escarpement calcaire (16.1). Les plus élevées atteignent une hauteur de 1,5 m. Elles encadrent 3 dépressions pouvant correspondre à des aires de travail. Une autre concentration de scories, moins nette, se situe à 30 m à l'E de l'amas principal (16.2). Elles ne forment pas de relief. Entre les deux zones, on ne trouve que des fragments de scories dispersés. Il n'y a pas de continuité. La complexité et la répartition des zones de rejet font penser que plusieurs fourneaux ont été en activité à cet endroit successivement. La zone la plus récente se trouve sans doute au S du site.

Une dépression circulaire et des déblais sont visibles à l'O. Ces structures ne sont vraisemblablement pas contemporaines du site. D'autres déblais, clairement modernes, bordent la route. Ils ne contiennent pas de scories. Aucune fouille n'a été entreprise à cet emplacement. Les prospections de surface n'ont livré aucun élément de datation.

4. Bossena 1

Fig. 91 et 92: site 21, fig. 96 et 101: fourneau 22.

Pelet 1993, 16, 56-60.

Ce site a été fouillé par P.-L. Pelet en 1968. Il fait partie de la ligne d'amas de scories entre Moiry et les Bellaires, dans une zone où ceux-ci sont particulièrement nombreux. Il n'y a pas moins de 5 sites dans un rayon de 500 m.

Le fourneau est adossé à une paroi calcaire verticale de 3 m de haut (fig. 96). A la base de celle-ci, on peut voir le départ d'un boyau karstique de 40 cm de diamètre. Le complément, charbon, scories, minerai, etc., a été enlevé sur quelques mètres. Un pilier de soutènement se trouvait à l'intérieur (Pelet 1993, 87-88). Il s'agit sans aucun doute d'une exploitation minière. Une autre structure similaire se trouve 50 m au N.

Les parois du fourneau incorporent un grand nombre de tuileaux. Technologiquement, cette installation est intermédiaire entre les fourneaux romains et ceux du Haut Moyen Age. Une étude dendrochronologique démontre qu'une partie du bois utilisé comme combustible a été coupé en 609/610 ap. J.-C. (Abetel 1992, 89; rapport du Laboratoire romand de dendrochronologie de Moudon, 3/R 1228, 1983).

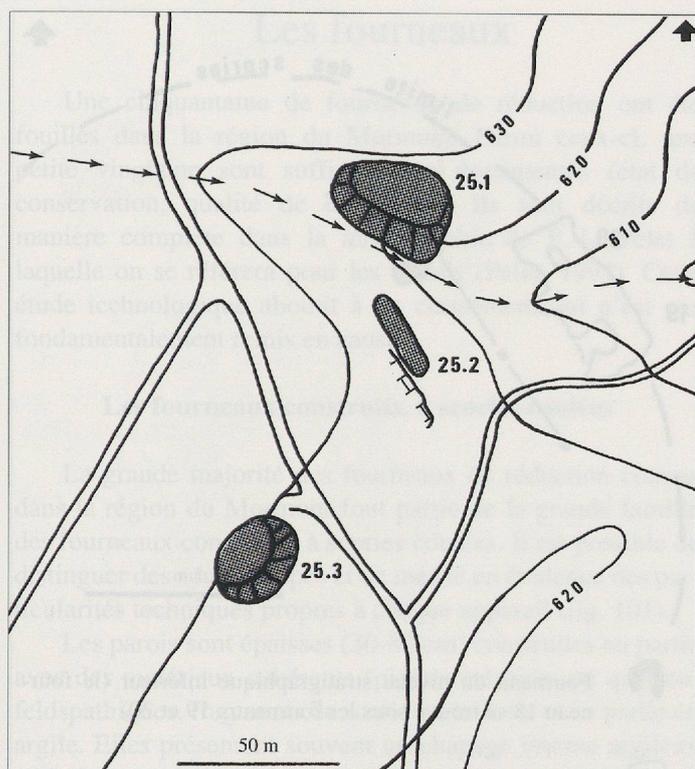


Fig. 97. Schéma des sites des Bellaires, Romainmôtier VD. 1:2500. D'après Pelet 1993, fig. 5.

5. Bellaires 1

Fig. 91 et 92: site 25; fig. 97 et 98

Fig. 99 et 101: fourneaux 1 à 16

Pelet 1993, 12, 29-42 et 48-53.

Au lieu dit les Bellaires, plusieurs amas de scories ont été repérés (fig. 97).

Le site de Bellaires 1 fut une exploitation importante. Le volume de déchets est imposant (600 m³ de déchets, 300 m³ de scories). Les vestiges de 16 fourneaux et foyers ont été identifiés (fig. 98). Quelques traces, trop fugaces, pourraient indiquer un nombre encore plus élevé.

La dernière phase d'exploitation fut particulièrement importante (300 m³ de déchets, 150 m³ de scories). Après un nivellement général, 5 grands fourneaux s'installent sur les déblais plus anciens et occupent le sommet du talus (1 à 4 et 6).

S'il n'est pas possible de prouver que ces fourneaux ont travaillé successivement ou simultanément, il est clair que l'ensemble récent date du Haut Moyen Age (VI^e-VII^e siècles). La stratigraphie indique que les fours plus anciens se sont succédé plutôt que côtoyés. Les rares éléments de datation laissent entrevoir une occupation débutant à l'âge du Fer et se prolongeant pendant toute l'époque romaine (fig. 99). Les 9 ateliers se trouvent ainsi répartis sur une petite dizaine de siècles.

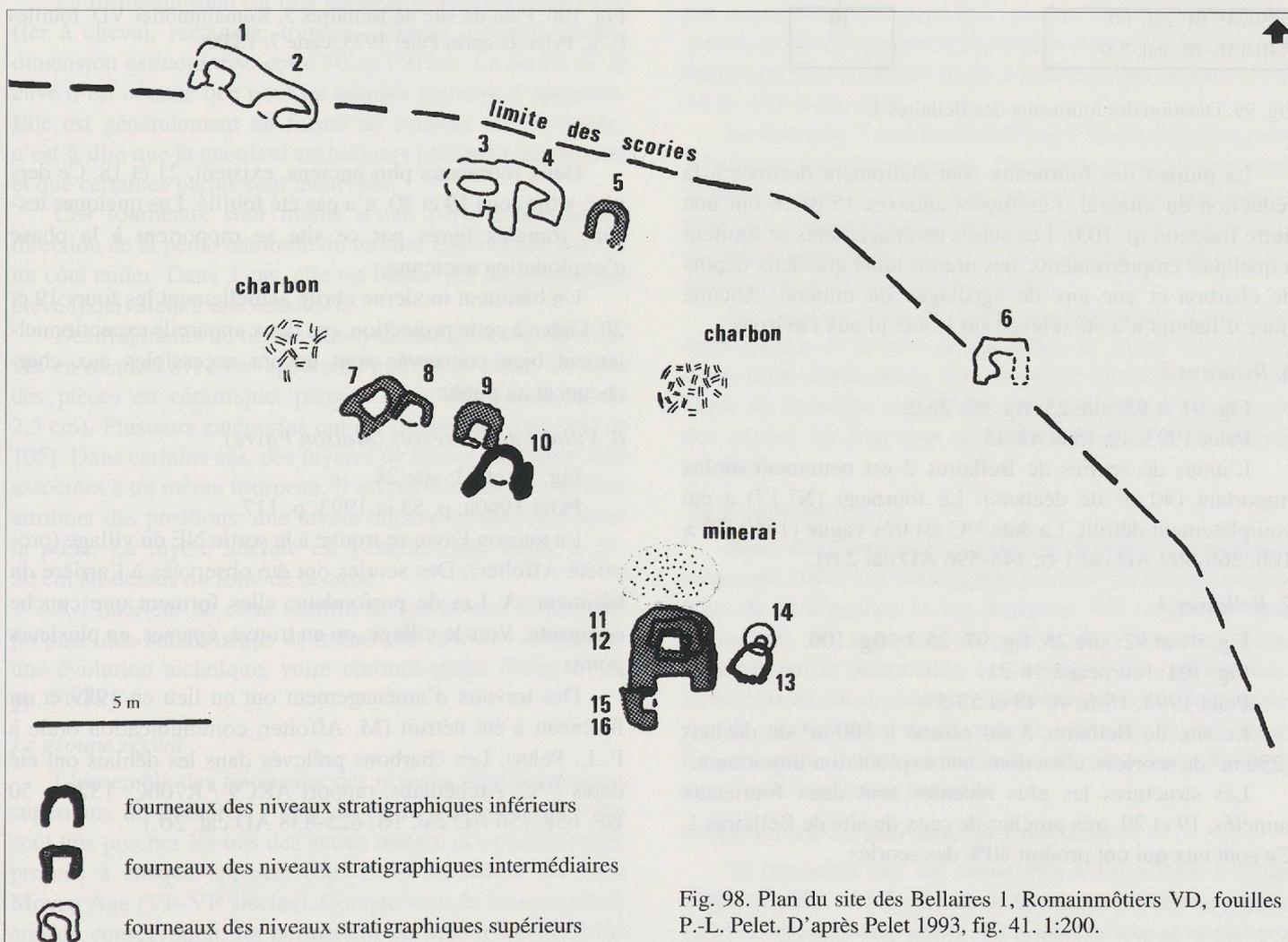


Fig. 98. Plan du site des Bellaires 1, Romainmôtiers VD, fouilles P.-L. Pelet. D'après Pelet 1993, fig. 41. 1:200.

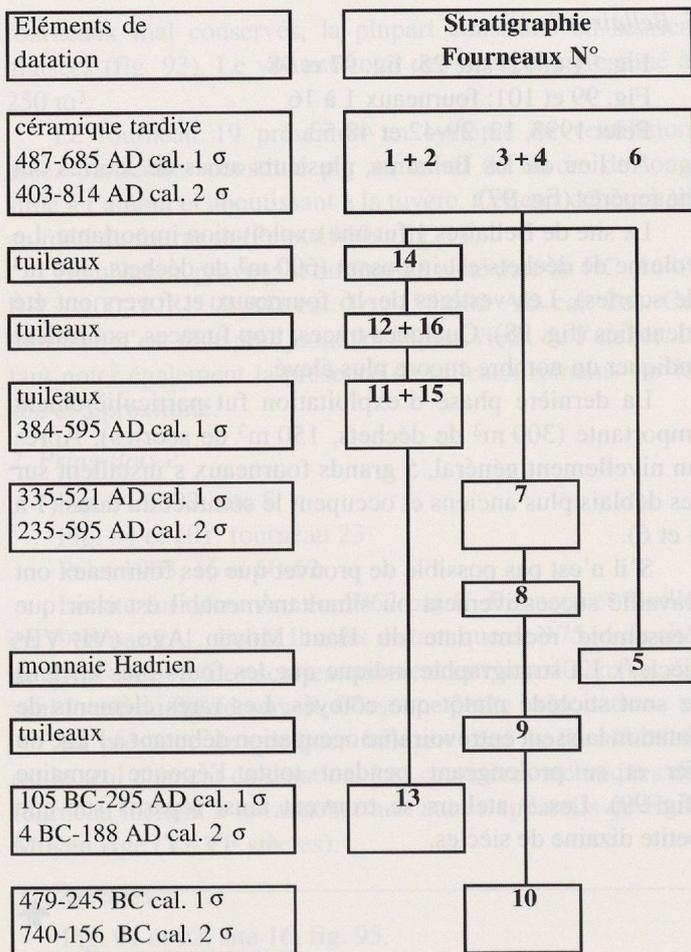


Fig. 99. Datation des fourneaux des Bellaires 1.

La plupart des fourneaux sont clairement destinés à la réduction du minerai. Les foyers annexes 15 et 16 ont une autre fonction (p. 103). Les autres aménagements se limitent à quelques empièvements, des murets ainsi que deux dépôts de charbon et une aire de «grillage» du minerai. Aucune trace d'habitat n'a été relevée sur le site ni aux environs.

6. Bellaires 2

Fig. 91 et 92: site 25; fig. 97: 25.2.
Pelet 1993, 12-15 et 42-45.

L'amas de scories de Bellaires 2 est nettement moins important (40 m³ de déchets). Le fourneau (N° 17) a été complètement détruit. La date ¹⁴C est très vague (1650 BP ± 100, 268-509 AD cal 1 σ ; 148-596 AD cal 2 σ).

7. Bellaires 3

Fig. 91 et 92: site 25; fig. 97: 25.3 ; fig. 100,
Fig. 101: fourneaux 18-21.
Pelet 1993, 15-6, 46-48 et 53-57.

Le site de Bellaires 3 est estimé à 500 m³ de déchets (250 m³ de scories), c'est donc une exploitation importante.

Les structures les plus récentes sont deux fourneaux jumelés, 19 et 20, très proches de ceux du site de Bellaires 1. Ce sont eux qui ont produit 80% des scories.

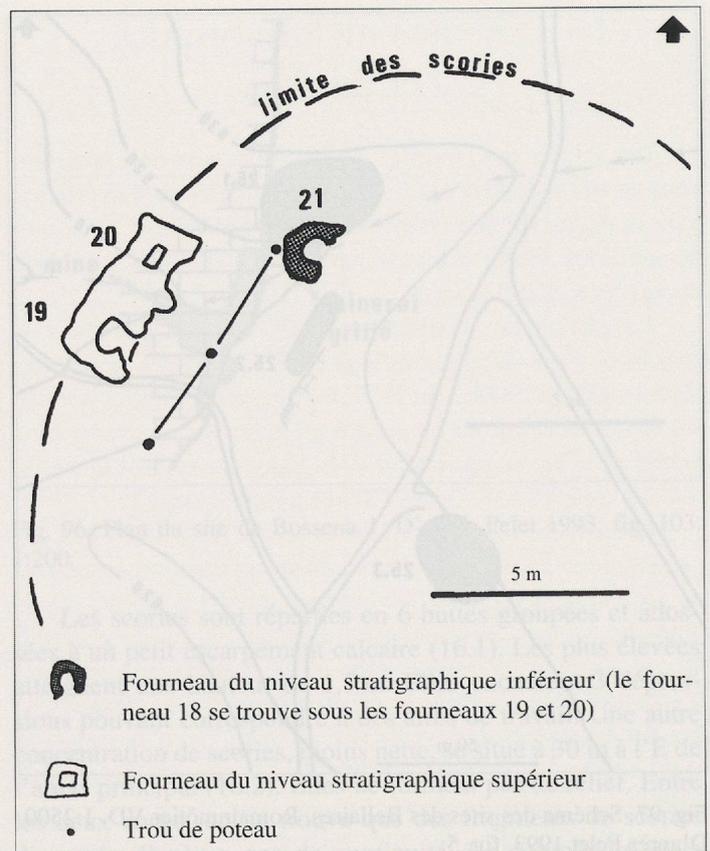


Fig. 100. Plan du site de Bellaires 3, Romainmôtier VD, fouilles P.-L. Pelet. D'après Pelet 1973, carte 7. 1:200.

Deux fourneaux plus anciens existent, 21 et 18. Ce dernier, situé sous 19 et 20, n'a pas été fouillé. Les quelques tessons romains livrés par ce site se rapportent à la phase d'exploitation ancienne.

Un bâtiment moderne abrite actuellement les fours 19 et 20. Grâce à cette protection, ces deux appareils exceptionnellement bien conservés sont encore accessibles aux chercheurs et au public.

8. Village de Ferreyres (Maison Favre)

Fig. 91 et 92: site 28.
Pelet 1960a, p. 53 et 1993, p. 117.

La maison Favre se trouve à la sortie NE du village (propriété Affolter). Des scories ont été observées à l'arrière du bâtiment. A 1 m de profondeur, elles forment une couche compacte. Vers le village, on en trouve, éparées, en plusieurs points.

Des travaux d'aménagement ont eu lieu en 1989 et un fourneau a été détruit (M. Affolter, communication orale à P.-L. Pelet). Les charbons prélevés dans les déblais ont été datés (¹⁴C, Archéolabs, rapport ARC9 / R706C: 1320 ± 50 BP, 658-756 AD cal. 1 σ ; 625-838 AD cal. 2 σ .)

Les fourneaux

Une cinquantaine de fourneaux de réduction ont été fouillés dans la région du Mormont. Parmi ceux-ci, une petite vingtaine sont suffisamment documentés (état de conservation, qualité de la fouille). Ils sont décrits de manière complète dans la monographie de P.-L. Pelet à laquelle on se référera pour les détails (Pelet, 1993). Cette étude technologique aboutit à un classement qui n'est pas fondamentalement remis en cause.

Les fourneaux construits, à scories coulées

La grande majorité des fourneaux de réduction connus dans la région du Mormont font partie de la grande famille des fourneaux construits, à scories coulées. Il est possible de distinguer des sous-groupes et de mettre en évidence des particularités techniques propres à chaque appareil (fig. 101).

Les parois sont épaisses (30-80 cm) construites en partie avec des matériaux cohérents (pierres calcaires ou quartzofeldspathiques, fragments de scorie ou tuileau) et en partie en argile. Elles présentent souvent un chapage interne argileux mais fréquemment les autres matériaux sont en contact avec le feu. Les fourneaux sont souvent adossés à un talus ou à une paroi rocheuse.

La forme du fond est très variable et souvent irrégulière (fer à cheval, rectangle, trapèze, ellipse). La plus grande dimension est comprise entre 70 et 150 cm. La forme de la cuve n'est connue que pour un nombre restreint d'appareils. Elle est généralement en forme de coupole ou de cloche, c'est-à-dire que le gueulard est toujours plus petit que le fond et que certaines parois sont incurvées.

Ces fourneaux sont munis d'une porte s'ouvrant en direction de la pente naturelle du terrain. Elle occupe parfois un côté entier. Dans 3 cas, elle est barrée par un rebord peu élevé (équivalent à une «dame»).

Des fragments de tuyère ont systématiquement été trouvés en relation avec ces appareils, parfois en place. Ce sont des pièces en céramique, percées d'un trou (diamètre 8-2,5 cm). Plusieurs catégories ont été distinguées (pp. 104 et 105). Dans certains cas, des tuyères de forme différente sont associées à un même fourneau. Il est parfois possible de leur attribuer des positions: une tuyère latérale et une autre dans la porte. La tuyère latérale est généralement située à 20-30 cm au-dessus du fond de la cuve.

A l'intérieur de cette famille de fourneaux, P.-L. Pelet propose des subdivisions et retrace de manière cohérente, une évolution technique, voire chronologique (Pelet 1993, pp. 71-78).

Le groupe récent

L'ensemble des fourneaux des niveaux stratigraphiques supérieurs de Bellaires 1 (1-4, 6) et de Bellaires 3 (19-20) sont très proches les uns des autres malgré des particularités propres à chaque appareil (fig. 101). Ils datent du Haut Moyen Âge (VI^e-VI^e siècles). Compte tenu de leur excellent état de conservation, ils permettent de définir un véritable

type de fourneau. Les bas fourneaux mérovingiens de Boécourt JU sont très proches (Eschenlohr et Serneels 1991, 49-67).

Ils sont comparables en taille et en forme, avec des fonds elliptiques et des cuves en cloche asymétrique («poire» l: 70-140 cm; l: 45-55 cm; h: 130-160 cm?). Les fourneaux sont groupés par deux (jumelés). Ils sont munis d'une porte et d'une double soufflerie. A ce groupe se rattachent plusieurs appareils isolés: 6 (Bellaires 1, niv. sup.), 22 (Bossena 1, fond quadrangulaire, emploi de tuileaux) et 23 (Prins-Bois 2, pas de soufflerie latérale) Si la ressemblance est moins frappante, le regroupement est justifié par l'étude des caractéristiques techniques.

Le groupe intermédiaire

Ce groupe est nettement plus artificiel que le précédent. Les appareils qui le composent présentent des différences notables. Ils ne permettent pas de définir des types. Les données chronologiques permettent d'attribuer ces appareils à l'époque romaine au sens large.

Les fourneaux 11 et 12 sont très semblables. Le fond est trapézoïdal (env. 80 cm de côté) bordé sur 3 côtés de tuileaux. Une bordure de 38 cm de haut barre le quatrième côté (partiellement détruite dans le four 11). L'ouverture située au-dessus sert à la ventilation. L'évacuation des scories coulées pose un problème. Une seconde soufflerie, latérale, n'est pas attestée mais ne peut être exclue. Ces deux fourneaux sont associés étroitement à des foyers ouverts de dimensions beaucoup plus modestes situés à proximité immédiate (15 et 16, p. 103 et fig. 103).

Le fourneau 7 a un fond en forme d'un fer à cheval, pavé à l'aide de dalles de gneiss. Les parois en argile renforcée de scories, sont incurvées. Des fragments du gueulard ont été trouvés à l'intérieur de la cuve. Un rebord de 15 cm barre le 4^e côté et supportait une tuyère. Une seconde soufflerie n'est pas attestée mais ne peut être exclue.

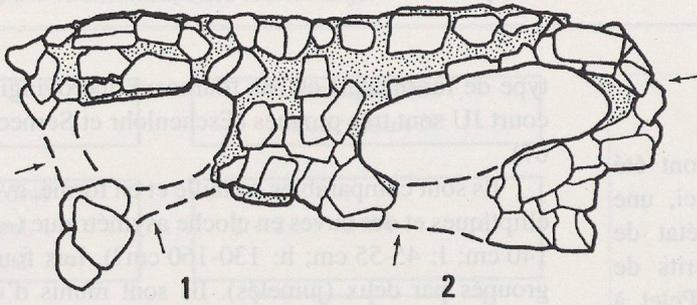
Le fourneau 9 est de forme quadrangulaire. Le revêtement interne de la cuve est en dalles de gneiss recouvertes d'une forte scorification. Une ouverture est ménagée dans un angle du fourneau sans doute pour permettre l'écoulement des scories. Ce four était probablement muni d'une double soufflerie.

Le groupe ancien

Seuls deux fourneaux du site de Bellaires 1 constituent ce groupe (10 et 13). Stratigraphiquement, ils se trouvent à la base de la séquence et les datations ¹⁴C confirment leur ancienneté. Ils apportent la preuve de l'existence d'une industrie du fer préromaine. Les vestiges sont malheureusement dans un état de conservation très médiocre. Toute tentative de reconstitution ou de comparaison reste hypothétique. En particulier, il nous semble impossible de prouver l'utilisation d'une ventilation naturelle.

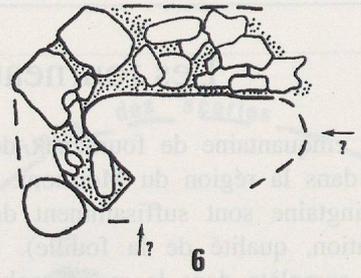
Remarque sur les fourneaux de Prins-Bois 1

24 fourneaux ont été découverts à Prins-Bois 1 (Pelet 1960a et 1973, 143-5). L'état de la documentation ne permet pas de comparaison poussée. Ils semblent tous se rattacher à

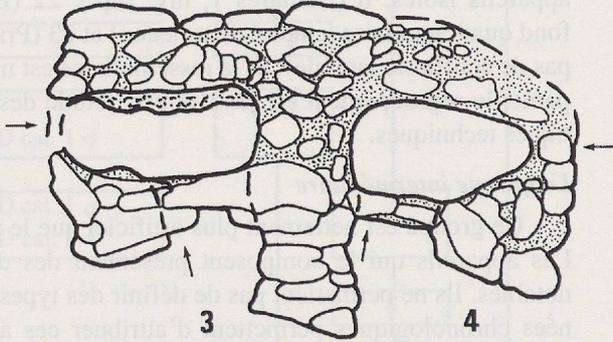


1

2

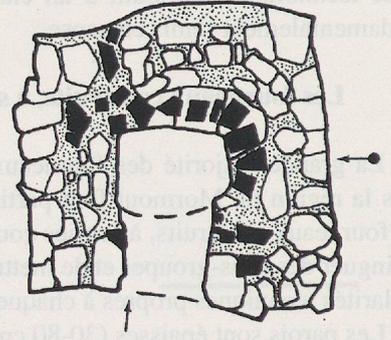


6

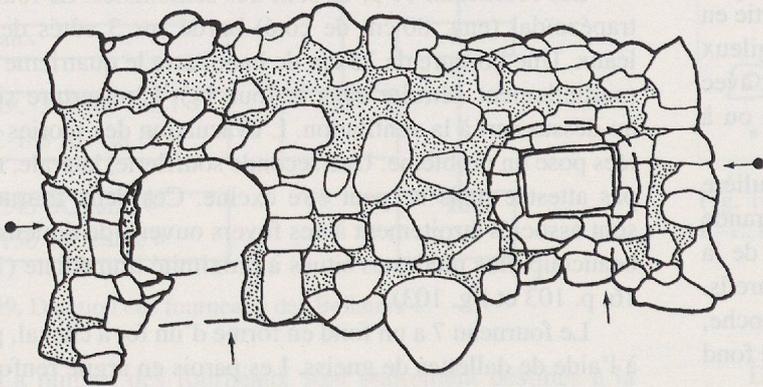


3

4

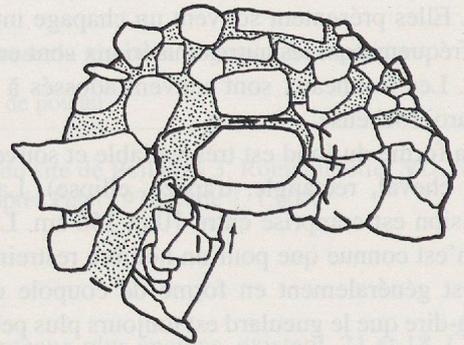


22

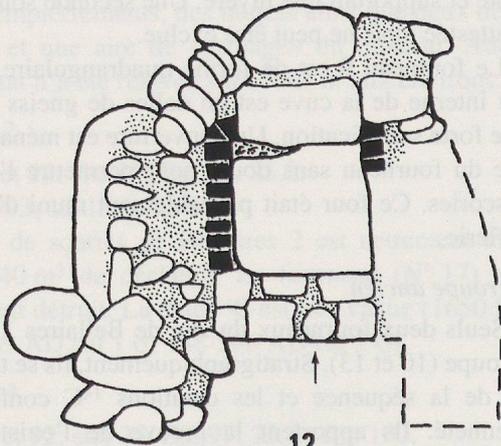


19

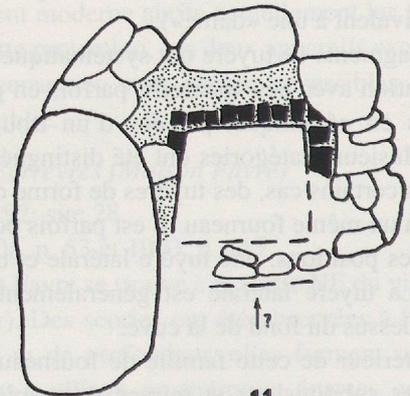
20



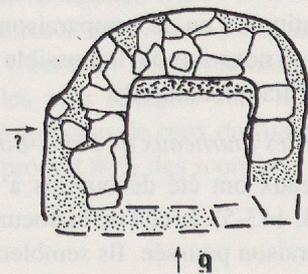
23



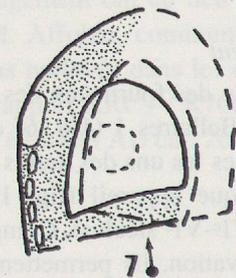
12



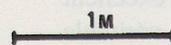
11



9



7



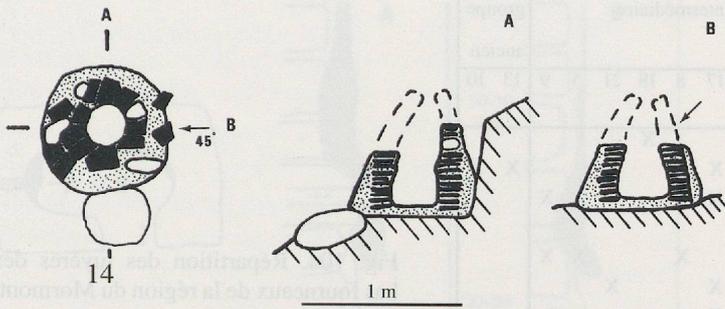


Fig. 102. Fourneau 14, Bellaires 1. Plan et coupes. D'après Pelet 1973, fig. 19. Légende en pied de page.

la même grande famille des bas fourneaux construits, à scories coulées. La plupart des fourneaux sont encastrés dans le talus. Ils sont construits en pierres et en scories en proportions variables. Les fonds sont subcirculaires (diamètres 70-100 cm). Plusieurs fours pourraient être jumelés (7+18, 10+13, 9+12).

Une trentaine de fragments de tuyère ont été découverts (Pelet 1960a, 68-75, fig. 21-3). Le fourneau 19 était pourvu d'un curieux conduit aboutissant à un bec de tuyère en place (Pelet 1960a, 70-1, fig. 13).

Le four 14 de Bellaires 1

Le fourneau 14 est la plus jeune installation du niveau stratigraphique intermédiaire de Bellaires 1. Il date probablement du V^e siècle.

Au point de vue technologique, il est complètement différent de tous les autres appareils de la région (fig. 102). Les parois sont construites en argile renforcée de quelques débris. Le revêtement intérieur est constitué de tuileaux de réemploi. Le fond est circulaire et étroit (diam. 30 cm). La cuve conique se rétrécit vers le haut, les fragments du gueulard donnent une ouverture de 11 cm. La partie inférieure est totalement close. On restitue une tuyère inclinée à 45° débouchant dans la cuve à 40 cm au-dessus du fond.

Le fonctionnement de ce fourneau est complètement énigmatique. Comment évacuer la scorie? Comment extraire l'éponge de fer? S'il s'agit clairement d'un appareil destiné à un travail sidérurgique, on peut même douter que ce soit un fourneau de réduction.

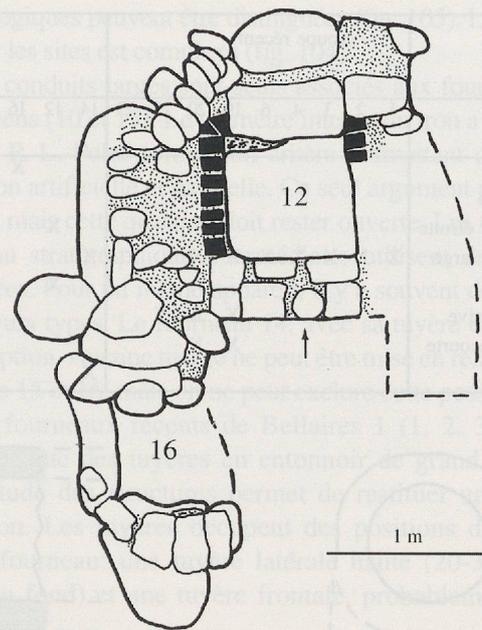


Fig. 103. Le bas fourneau 12 et le foyer 16, Bellaires 1. D'après Pelet 1973. Légende en pied de page.

Les foyers

Le foyer 16 est une construction légère sans superstructure conservée (fig. 103). Des murets entourent sur 3 côtés une plaque d'argile rougeie (65 x 55 cm). Le dernier côté est ouvert. La soufflerie ne peut pas être reconstituée.

Ce foyer est attenant au fourneau 12. Il s'appuie sur le mur latéral gauche, en aval. Les ouvertures sont disposées perpendiculairement l'une à l'autre, ouvrant sur le même espace de travail. Les 2 appareils sont clairement en relation. Il pourrait s'agir de foyer de raffinage («four à recuire») destiné à retraiter le produit du bas fourneau immédiatement après la réduction. Cette hypothèse n'a pas pu être confirmée par l'étude des scories associées.

Le foyer 15 est comparable à 16 et se trouvait juste en dessous de lui. Il est associé au fourneau 11. Les 2 ateliers, 12+16 et 11+15, reproduisent la même organisation spatiale. Elle est nettement différente de celle des autres structures de production du fer de la région et ne connaît pas de parallèle strict dans la littérature. Elle reste mal comprise.

Le four 5 est le plus difficile à interpréter. Les vestiges conservés sont similaires aux traces laissées par 15 et 16,

◀ Fig. 101. Plans des bas fourneaux construits à scories coulées de la région du Mormont. D'après Pelet 1973.

Légendes communes aux figures 101, 102, 103 et 144.



Bellaires 1: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11 et 12

Bossena 1: 22

Bellaires 3: 19 et 20,

Prins-Bois 2: 23

	groupe récent													groupe intermédiaire									groupe ancien	
	1	2	3	4	6	19	20	22	23	14	12	16	11	15	7	17	8	18	21	5	9	13	10	
fourneau																								
inconnu												X		X				X						
conduit large																X			X			X	X	
en entonnoir étroite											X		X			X	X					X		
en entonnoir large	X	X	X	X	X	X	X	X	?	X														
cylindrique											X				X	X				X	X			
ogivale massive						X	X	X								X			X					
ogivale ultracourte						X	X									X								
oblique										X														

Fig. 104. Répartition des tuyères des bas fourneaux de la région du Mormont. Les dispositifs découverts en place sont indiqués à la fig. 101.

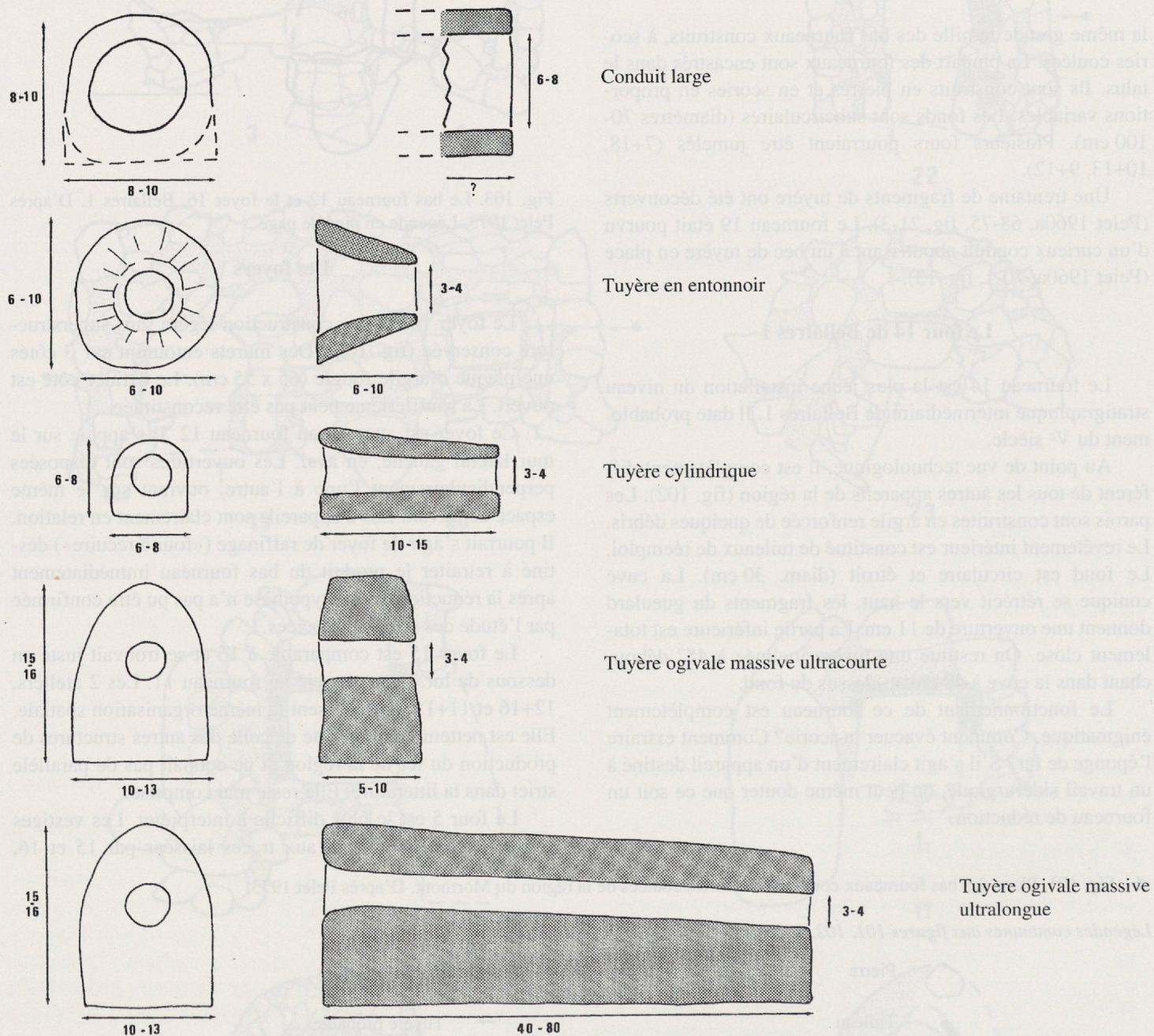


Fig. 105. Schémas des principales catégories morphologiques de tuyères de la région du Mormont. D'après Pelet 1973. Dimensions en cm. Env. 1:4.

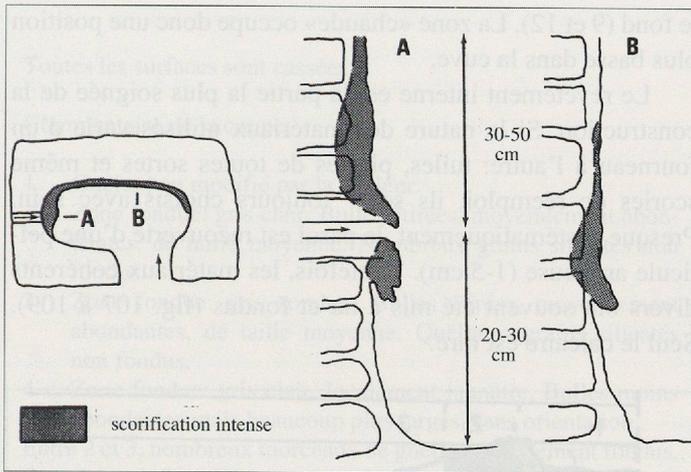


Fig. 106. Schéma de la scorification des parois dans les bas fourneaux récents.

mais il est isolé. Il pourrait s'agir d'un bas fourneau de réduction en très mauvais état aussi bien que d'un foyer de raffinage. Parmi les scories qui lui sont associées, on relève la présence d'un gros bloc non coulé massif qui s'est formé sur le fond et contre la paroi arrière (Pelet 1993, pp. 33-34). La trace de l'arrachement est visible. Cette pièce devait être assez proche de la tuyère. Elle est exceptionnelle et représente plutôt un accident qu'un résidu typique. Elle ne permet pas de clarifier la fonction du four 5.

La ventilation

Tous ces fourneaux sont munis de tuyères, c'est-à-dire de pièces en céramique percées qui permettent d'amener de l'air à l'intérieur de la cuve. Dans quelques cas, elles ont été trouvées en place. Généralement, et en particulier à Bellaires 1, c'est dans les zones de rejets que des fragments ont été découverts et attribués d'après leur position stratigraphique. Plusieurs catégories

morphologiques peuvent être distinguées (fig. 105). Leur répartition sur les sites est complexe (fig. 104).

Des conduits larges sont seuls associés aux fourneaux les plus anciens (10 et 13). Le diamètre interne du trou a été considéré par P.-L. Pelet comme un critère permettant de séparer ventilation artificielle et naturelle. Ce seul argument paraît trop incertain mais cette question doit rester ouverte. Les fourneaux du niveau stratigraphique intermédiaire utilisent des tuyères très variées. Pour un même appareil, il y a souvent des tuyères de plusieurs types. Le fourneau 14, avec sa tuyère oblique est une exception. Aucune tuyère ne peut être mise en relation avec les foyers 15 et 16, mais on ne peut exclure cette possibilité.

Les fourneaux récents de Bellaires 1 (1, 2, 3, 4 et 6) n'utilisent que des tuyères en entonnoir de grand diamètre mais l'étude des structures permet de restituer une double ventilation. Les tuyères occupent des positions différentes dans le fourneau: une tuyère latérale haute (20-30 cm au-dessus du fond) et une tuyère frontale, probablement basse (Pelet 1992).

Dans le cas des fourneaux 19 et 20 de Bellaires 3, cette reconstitution est certaine. A la Bossena 1, il en va de même (four 22). Par contre, à Prins-Bois 2, le fourneau 23 ne possédait pas de soufflerie latérale.

La modification de la forme des tuyères semble répondre au souci des artisans de perfectionner leurs installations.

Les parois

Au cours de la réduction, les parois de la cuve subissent un fort impact de chaleur auquel elles doivent résister. De plus, en fondant partiellement, elles participent dans une certaine mesure, à la réaction. La scorification des parois est extrêmement variable. Il peut s'agir d'une fine pellicule aussi bien que d'une épaisseur de plus de 20 cm. Il n'y a pas de relation claire entre la nature de la paroi et l'épaisseur de la scorification. Par contre, on remarque que la disposition de la

La partie scorifiée forme un bourrelet au bas d'une paroi.
La surface exposée au feu présente un relief mou mais assez accentué. Elle est noire avec des zones centimétriques rouillées et magnétiques (nodule métallique, voir 5).

Commentaire de la coupe:

- 1 Zone scorifiée: gris verdâtre, très hétérogène: on devine des domaines aux contours irréguliers et de nombreuses inclusions (grains de quartz). Les bulles sont abondantes et étroites.
- 2 Gros grain de quartz non fondu.
- 3 Zone partiellement fondue: gris noir. Les bulles globulaires sont très abondantes et de taille variable. Elles montrent un dégazage vertical.
- 4 Zone cuite: rouge brique. Les bulles sont anguleuses, déchiquetées. On distingue des grains de quartz dans une matrice argileuse.
- 5 Nodule métallique.

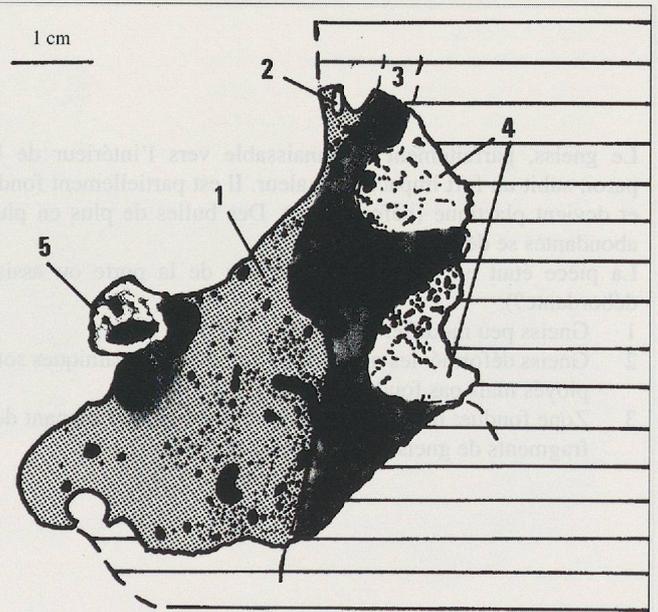


Fig. 107. Paroi de four: revêtement interne argileux. Ech. BOS 21 (Bossena 1, site 18).

scorification n'est pas aléatoire. Elle permet de reconstituer la géométrie de la zone «chaude» à l'intérieur du fourneau qui est en relation avec le dispositif de soufflerie.

Dans les fourneaux récents, les mieux conservés, c'est sur la paroi opposée à la porte et au-dessus de la tuyère latérale que l'épaisseur de matériaux fondus est la plus forte (fig. 106). Le fond n'est que cuit ou rougi, mais jamais fondu. On observe que la scorification des parois s'arrête à 20-30 cm au-dessus du fond. Dans certains fourneaux plus anciens, la scorification descend plus bas sans toutefois jamais recouvrir

le fond (9 et 12). La zone «chaude» occupe donc une position plus basse dans la cuve.

Le revêtement interne est la partie la plus soignée de la construction. Si la nature des matériaux utilisés varie d'un fourneau à l'autre: tuiles, pierres de toutes sortes et même scories de réemploi, ils sont toujours choisis avec soin. Presque systématiquement, la paroi est recouverte d'une pellicule argileuse (1-5 cm). Toutefois, les matériaux cohérents divers ont souvent été mis à nu et fondus (fig. 107 à 109). Seul le calcaire est rare.

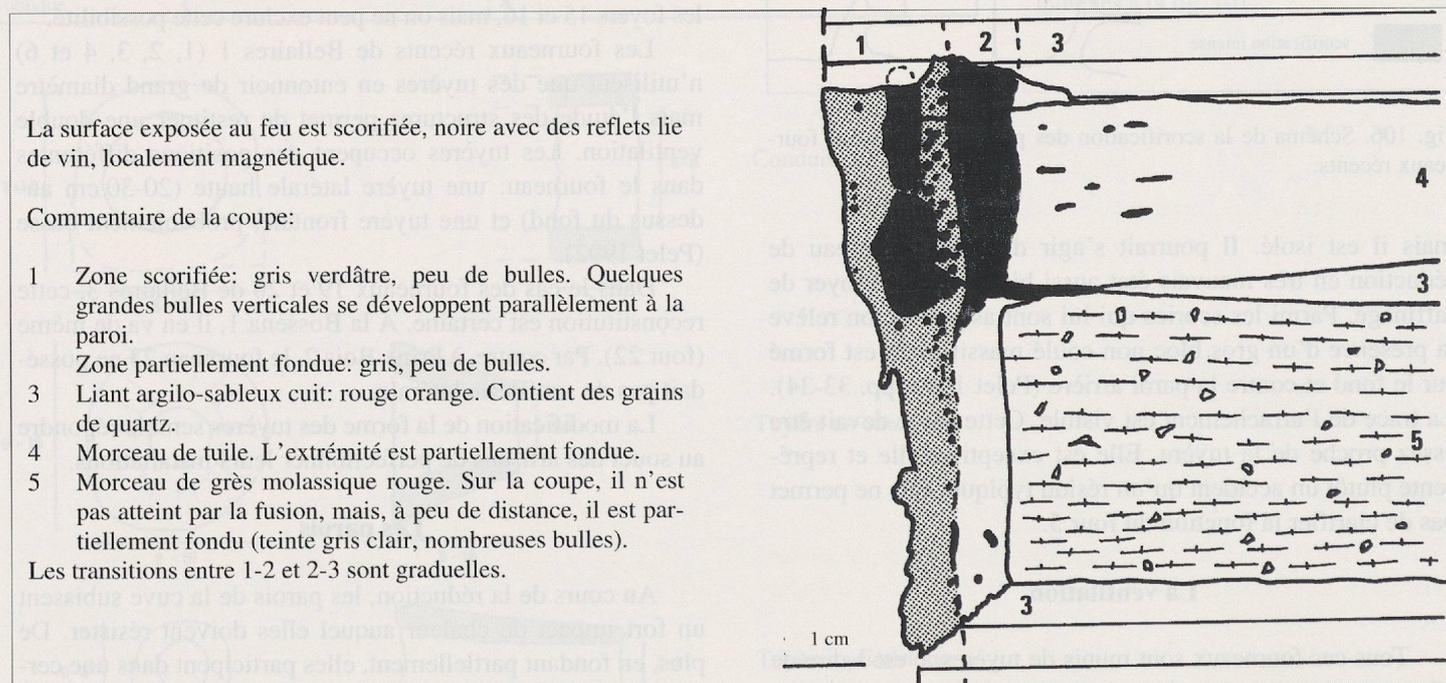


Fig. 108. Paroi de fourneau: revêtement interne argileux et morceaux de tuile et de grès partiellement fondus. Ech. BOS 26 (Bossena 1, site 18).

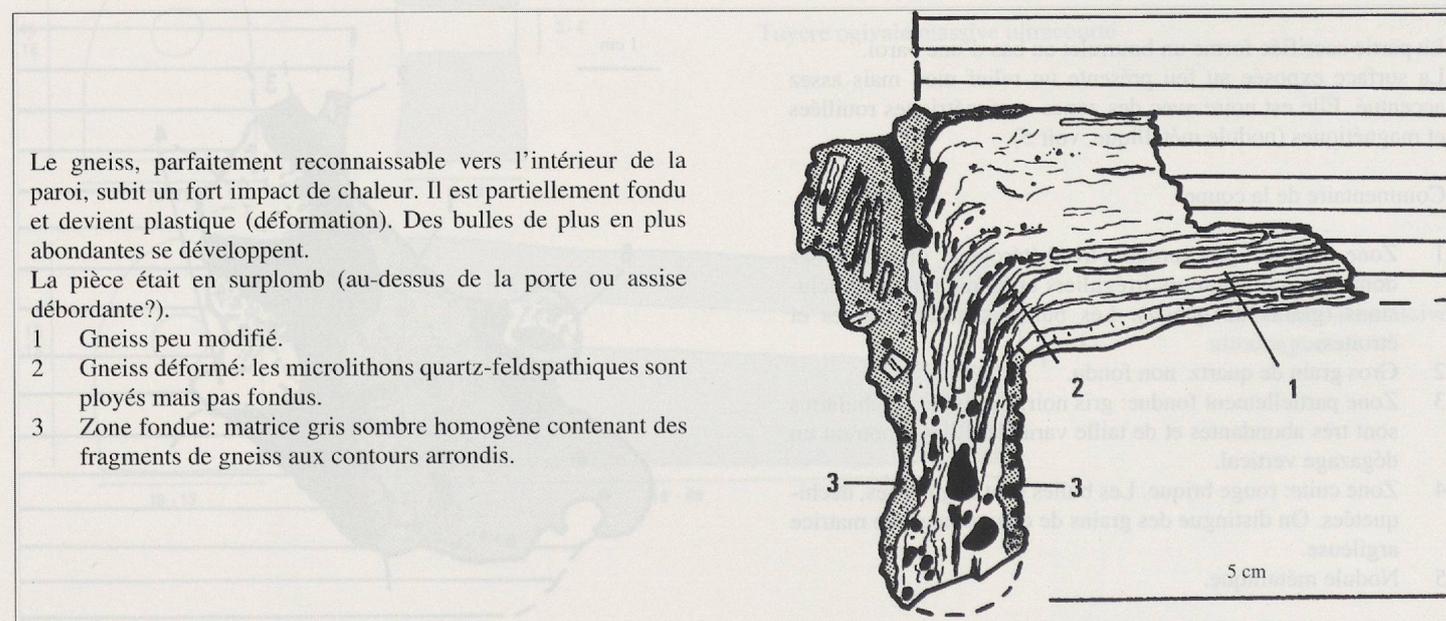


Fig. 109. Paroi scorifiée: morceau de gneiss partiellement fondu. Ech. PRI 291 (Mormont, Prins-Bois 2, site 5.2).

Toutes les surfaces sont cassées.

Commentaire de la coupe:

- 1 Gneiss peu modifié par la chaleur.
 - 2 Zone fondue: gris clair. Bulles étirées, moyennement abondantes, de taille moyenne. Nombreux grains silicatés non fondus.
 - 3 Zone fondue: gris sombre. Bulles étirées, moyennement abondantes, de taille moyenne. Quelques grains silicatés non fondus.
 - 4 Zone fondue: gris clair, localement jaunâtre. Bulles moins abondantes mais beaucoup plus larges, sans orientation.
- Entre 2 et 3, nombreux morceaux de gneiss partiellement fondus.
 Dans la zone 3, quelques gros grains de roche non fondus.
- 5 Métal: filaments diffus dans la masse.
 - 6 Zone de silicates fondus: blanc-beige. Contours diffus. Peu de bulles.
 - 7 Grains de gneiss non fondus.

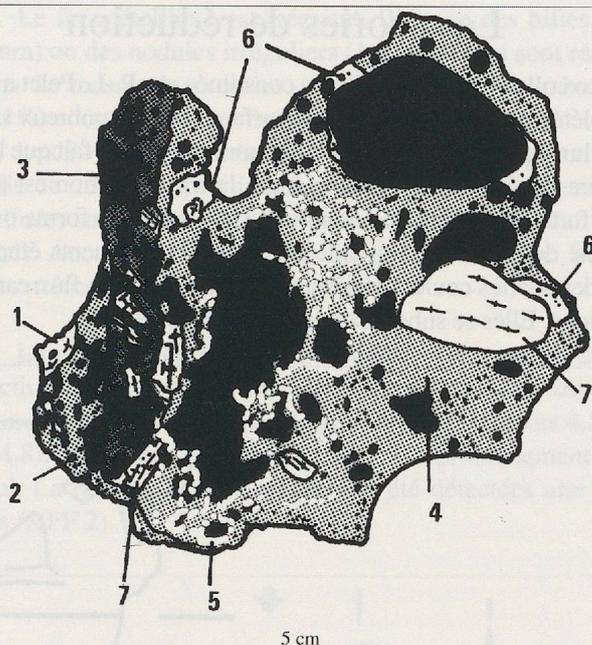


Fig. 110. «Scorie de paroi»: Ech. CAR 3 (Mormont, Carolines, site 16). Coupe. La polarité de l'échantillon est impossible à définir.

Dans certains cas, la paroi originale n'est plus reconnaissable et bon nombre de blocs ayant l'apparence de la scorie ne sont que des fragments de revêtement interne transformés («scorie de paroi», fig. 110). L'abondance des grains non fondus de roche silicatée ou calcaire est un bon indice de leur nature. Il est probable que ces objets soient des morceaux détachés de la paroi pendant la réduction ou cassés postérieurement, lors du nettoyage de l'intérieur de la cuve.

Les analyses chimiques ne sont pas du tout représentatives du produit de la fusion de la gangue. Elles témoignent seulement d'une forte contamination entre la paroi et la charge (Annexe 4.4 à 4.8: éch. VOU 1, BEL 181, 182, 184, 186, 187?, 189, 190, 191, CAR 3, 5 et TIG 2). Elles sont généralement moins riches en aluminium que les scories (Si:Al = 1:5; fig. 117).

Fréquemment, les parois scorifiées et les scories de paroi contiennent du fer à l'état métallique. Il se développe en filaments diffus dans les zones fondues, au contact avec des bulles irrégulières et des morceaux de charbon (fig. 110). On trouve aussi des nodules à texture spongieuse, adhérant à la surface exposée au feu (fig. 107) et de minuscules billes.

Sous certains aspects, ces pièces rappellent les «scories internes massives» décrites à Boécourt (Eschenlohr et Serneels 1991, 82-3). Les pièces de la région du Mormont montrent souvent un mélange plus intime de la matière. Ceci tient sans doute à la nature du revêtement interne argileux des bas fourneaux de la région du Mormont, plus fusible que le sable de Boécourt.

Les scories de réduction

La collection d'échantillons constituée par P.-L. Pelet a été complétée par des ramassages de surface sur de nombreux sites métallurgiques de la région du Mormont. Malgré le fait que bon nombre de sites se trouvent en forêt, la fragmentation est toujours forte. Il n'est guère possible de reconstituer la forme ou le volume des pièces. La grande majorité des fragments étudiés sont des scories coulées présentant une structure de flux caractéristique. Elles se subdivisent en plusieurs catégories.

Les SVN: scories coulées vitreuses noires

Les SVN de la région du Mormont sont assez proches des SVN du Salève (pp. 73-75). Elles sont très riches en bulles donc très légères (porosité 30-70%).

Ce sont des coulures irrégulières à écoulement unique ou en nombre restreint (fig. 111 et 112). Les dimensions sont moyennes (max: l = 20 cm, l = 10 cm, h = 10 cm, le plus souvent moins de 5 cm d'arête).

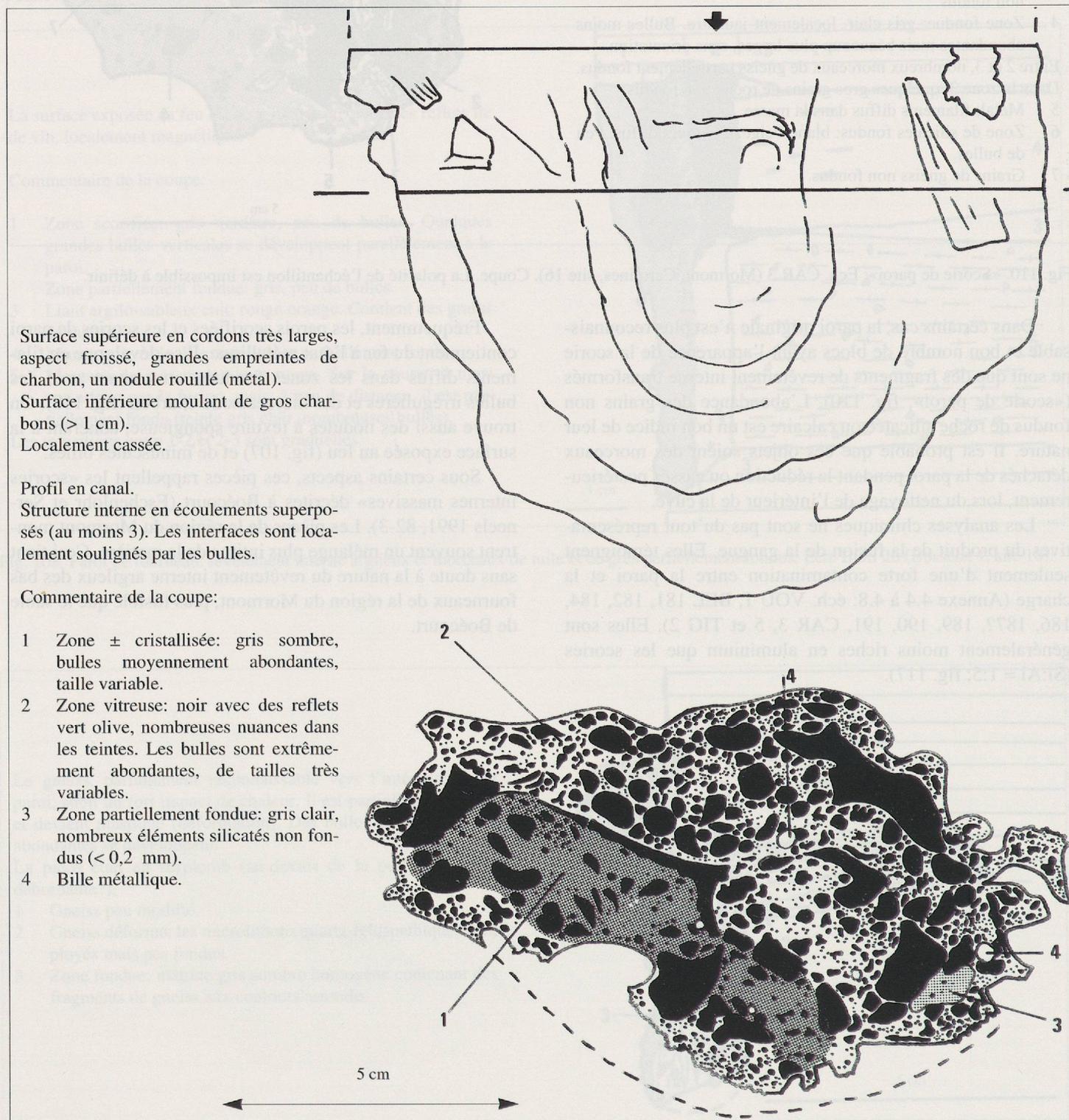


Fig. 111. SVN: scorie coulée noire vitreuse, hétérogène; Ech. AFF 2 (Mormont, Maison Favre, site 28): vue de dessus et coupe.

La surface supérieure présente un faible relief et un aspect froissé. La pellicule supérieure est en général cassée. Cette fracturation pourrait être précoce et due à un très fort dégazage lors du refroidissement. La surface inférieure est rarement caractéristique (seulement lorsqu'elle incorpore des grains de sable ou d'argile). Les empreintes de charbons sont rarement observées. Ces scories sont sombres, généralement noires avec toutes sortes de nuances de teinte, parfois irisées. L'aspect est vitreux.

En coupe, elles sont hétérogènes. Des domaines aux formes irrégulières se distinguent soit par la nuance de coloration soit par la texture. Ils sont répartis de manière apparemment désordonnée. Ces scories contiennent aussi un grand nombre d'éléments étrangers aux formes tantôt anguleuses, tantôt arrondies (fragments argilo-sableux, grains de quartz, charbon, etc).

Le fer métallique est fréquent. Il forme des billes (0,1-5 mm) ou des nodules irréguliers (1-10 mm) qui sont répartis dans la masse de manière aléatoire. Il est peu abondant (< 1%) et ces pièces ne réagissent pas à l'aimant.

Les SVN sont clairement coulées mais il est souvent difficile de définir la position de refroidissement (horizontale / inclinée; sur charbon / sur sol; substrat aménagé / non aménagé). Aucune règle ne se dégage des observations. Le flux est extrêmement visqueux et difficile.

La pâte est essentiellement vitreuse. Les spectres de diffraction des rayons X montrent que les cristaux sont peu abondants (Ech. BOS 2, CAR 1 et AFF 2; Annexes 4.5, 4.7 et 4.8). Le quartz, toujours présent, est probablement résiduel. La fayalite et la hercynite ont été détectées une seule fois (AFF 2).

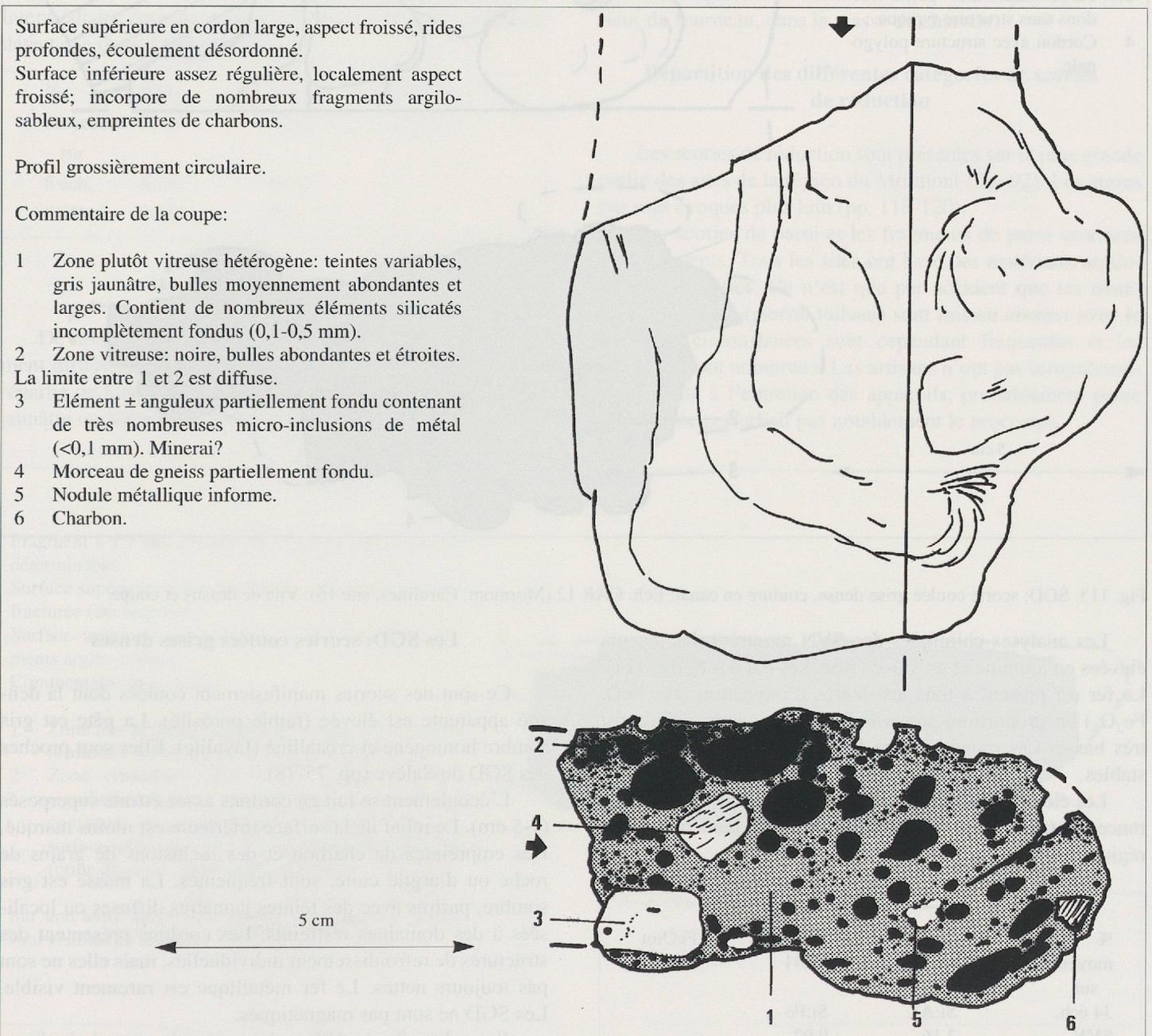


Fig. 112. SVN: scorie coulée noire vitreuse, hétérogène; Ech. BOS 2 (Mormont, la Bossena 1, site 18). Vue de dessus et coupe.

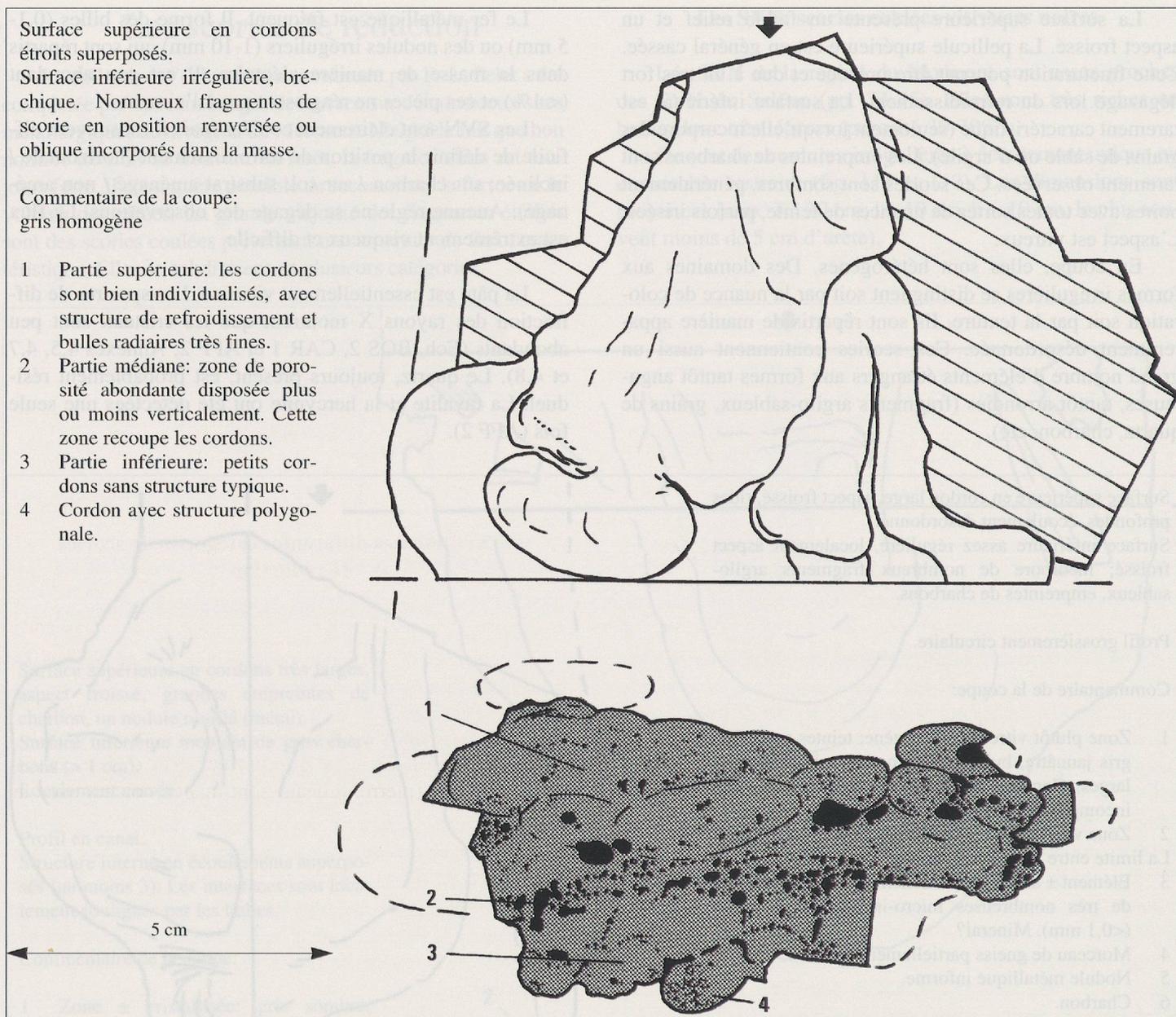


Fig. 113. SGD: scorie coulée grise dense, coulure en canal; Ech. CAR 12 (Mormont, Carolines, site 16). Vue de dessus et coupe.

Les analyses chimiques des SVN montrent des teneurs élevées en alumine et en silice (Annexes 4.4 à 4.8, fig. 117). Le fer est présent à tous les degrés d'oxydation (Fe, FeO, Fe₂O₃) en proportions très variables. La teneur globale est très basse. Les rapports entre les éléments principaux sont stables.

Les éléments mineurs et traces ne montrent pas de différences notables avec les autres scories de réduction de la région.

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeOtot
moyenne	43.81	17.41	29.43
sur			
34 éch.	Si:Al	Si:Fe	
SVN	2.16	0.92	

Les SGD: scories coulées grises denses

Ce sont des scories manifestement coulées dont la densité apparente est élevée (faible porosité). La pâte est gris sombre homogène et cristalline (fayalite). Elles sont proches des SGD du Salève (pp. 75-78).

L'écoulement se fait en cordons assez étroits superposés (1-5 cm). Le relief de la surface inférieure est moins marqué. Des empreintes de charbon et des inclusions de grains de roche ou d'argile cuite, sont fréquentes. La masse est gris sombre, parfois avec des teintes jaunâtres diffuses ou localisées à des domaines restreints. Les cordons présentent des structures de refroidissement individuelles, mais elles ne sont pas toujours nettes. Le fer métallique est rarement visible. Les SGD ne sont pas magnétiques.

Il est difficile de définir des catégories morphologiques comme au Salève. Le matériel est souvent beaucoup plus

fragmenté et les SGD sont nettement plus rares. Il est frappant de constater que les coulures de la région du Mormont sont le plus souvent désordonnées.

On observe des petites coulures (fig. 115) et des coulures en canal (fig. 113). Quelques échantillons sont en forme de plaque (fig. 114). Le matériel ne permet pas de faire une véritable classification. Le flux est relativement peu visqueux. Il ne semble pas toujours horizontal et est souvent perturbé. Le substrat ne semble pas avoir été aménagé au préalable.

Du point de vue chimique, les SGD sont nettement plus riches en fer que les SVN (fig. 117, Annexes 4.4 à 4.8). De même, elles sont plus pauvres en silice et en alumine. A l'intérieur du groupe, les rapports entre les éléments sont constants. Le rapport Si:Al est pratiquement le même que celui des SVN. Les minéraux détectés à l'aide des rayons X sont la fayalite et un spinelle (Ech. CAR 2, BEL 304 et ROS 202; Annexes 4.4, 4.6 et 4.7). Ce dernier possède un spectre intermédiaire entre la galaxite et la hercynite. Le quartz est détectable dans 2 échantillons.

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeOtot
moyenne	31.41	13.12	46.88
sur			
6 éch.	Si:Al	Si:Fe	
SGD	2.13	0.41	

Les scories intermédiaires

De nombreuses pièces présentent des caractères légèrement différents des SGD. La porosité est plus abondante et répartie de manière moins ordonnée. La pâte est plus claire, jaunâtre ou hétérogène. Les inclusions sont plus nombreuses,

le fer plus abondant. Les reliefs et les formes sont moins réguliers. Tous ces caractères sont très relatifs et il est impossible de séparer clairement des groupes. Les caractères chimiques sont eux aussi intermédiaires entre les SGD et les SVN. Ces échantillons assurent la transition entre les deux catégories. Dans le triangle FeOtot-SiO₂-Al₂O₃, elles se projetteraient dans une aire correspondant aux SGD et aux SVN réunies (fig. 117).

Les scories non coulées

Les scories non coulées sont rares dans cette région (< 5%). Elles correspondent le plus souvent à des blocs informes présentant de nombreuses inclusions ou empreintes de charbon de bois. Les surfaces sont fréquemment envahies par la rouille. Elles contiennent toujours du fer métallique en abondance et réagissent à l'aimant. Ces pièces se forment à l'intérieur du fourneau, dans la masse de charbon.

Répartition des différentes catégories de scories de réduction

Les scories de réduction sont présentes sur la plus grande partie des sites de la région du Mormont (fig. 92). Les autres cas sont évoqués plus loin (pp. 118-120).

Les scories de paroi et les fragments de paroi scoriacés sont fréquents. Tous les sites ont livré des matériaux argilo-sableux modifiés. Ce n'est que par accident que les matériaux cohérents (pierre, tuileau) sont mis en contact avec le feu. Ces circonstances sont cependant fréquentes et les exemples sont nombreux. Les artisans n'ont pas scrupuleusement veillé à l'entretien des appareils, probablement parce que cela ne perturbait pas notablement le processus.

Fragment 8 x 7 cm. Le sens de l'écoulement n'est pas déterminable.

Surface supérieure plate et régulière, en majeure partie fracturée (déchiquetée).

Surface inférieure mamelonnée, lisse. Quelques éléments argilo-sableux.

Commentaire de la coupe:

- 1 Zone très poreuse: la taille des bulles décroît vers la surface. Leurs formes sont très irrégulières.
- 2 Zone cristallisée: gris dense. Localement, les aiguilles de fayalite sont visibles. La porosité est constituée de grandes bulles perpendiculaires à la surface inférieure. Des domaines gris jaunâtre, de forme dentelée, sont visibles (10%).

Sur une autre coupe des nodules irréguliers de métal sont visibles à l'interface entre 1 et 2 (1-5 mm).

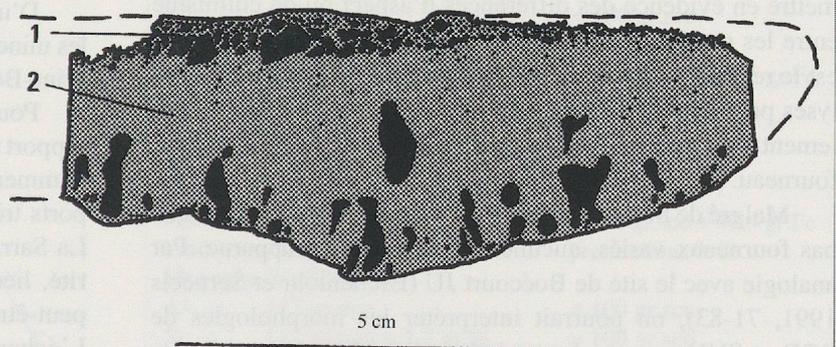


Fig. 114. SGD: scorie coulée grise dense, en plaque? Ech. CAR 2 (Mormont, Carolines, site 16). Coupe.

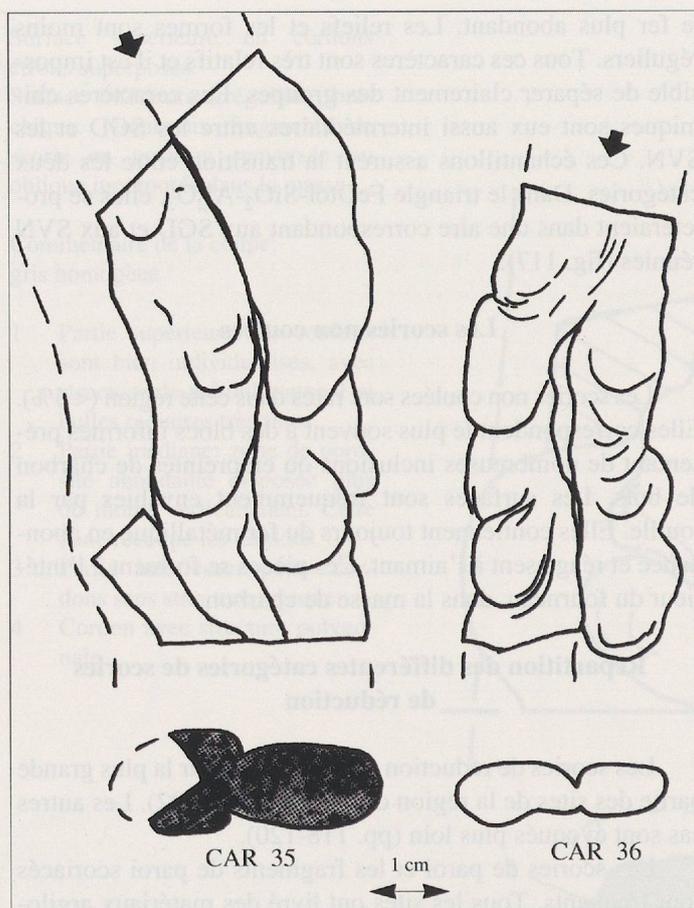


Fig. 115. Petites coulures, les Carolines, site 16.
CAR 35: SGD CAR 36: SVN

Les SGD, les SVN et les scories intermédiaires se rencontrent sur tous les sites de la région du Mormont. Dans tous les cas, les SVN sont largement dominantes. Moins de 10% des fragments récoltés sont des SGD. Sur les sites où un seul fourneau a été découvert (Prins-Bois 2 et Bossena 1), les SVN forment la quasi-totalité des rejets. Dans les deux cas, quelques fragments de SGD typiques ont été observés.

A Bellaires 1 où des fourneaux différents du point de vue de l'architecture ont été fouillés, il n'a pas été possible de mettre en évidence des différences d'aspect ou de chimisme entre les scories. Cette constatation est paradoxale mais elle est le reflet de l'état actuel de la recherche. Le nombre d'analyses provenant de ce site reste toutefois limité. Il est actuellement impossible d'attribuer le matériel à l'un ou l'autre fourneau.

Malgré de nombreux siècles d'industrie et l'utilisation de bas fourneaux variés, aucune distinction n'est apparue. Par analogie avec le site de Boécourt JU (Eschenlohr et Serneels 1991, 71-83), on pourrait interpréter les morphologies de SGD et SVN comme des variations liées à la dynamique de l'écoulement. Des différences chimiques, en particulier la teneur en Fe, sont cependant nettes au Mormont, contrairement à Boécourt. L'explication est donc trop simple. L'étude basée sur des fragments ramassés en surface atteint ici ses limites. Au Salève, certains amas présentent la même association de scories où les SVN dominent.

Les analyses chimiques ne permettent pas de faire apparaître de sous-groupe géographique à l'intérieur de la région. Pour l'ensemble de la zone, les variations sont du même ordre de grandeur que sur un seul site. La source de minerai est donc unique, c'est-à-dire que l'ensemble des points exploités présentent les mêmes caractères chimiques.

Relations entre le minerai et les scories de réduction

Les analyses chimiques

Les échantillons de minerais argileux provenant des sites archéologiques présentent des rapports assez constants entre les éléments principaux et l'abondance de Al en est la caractéristique la plus marquante. Par contre, ce sont des corps relativement pauvres en Fe ($Fe_2O_3_{tot} < 60\%$).

Minerais archéologiques		
13 éch.	Si:Al	Si:Fe
minimum	1.48	0.12
moyenne	1.89	0.25
maximum	2.57	0.40

Les scories de réduction sont elles aussi riches en Al et pauvres en Fe. Le rapport Si:Al des SGD (2,13) et des SVN (2,16) est stable et proche de celui des minerais (1,89). La gamme de variation est la même (fig. 116). Par rapport aux minerais, les scories ne sont qu'à peine enrichies en Si. Il y a une cohérence globale entre les minerais archéologiques et les scories de réduction. La teneur en fer des SVN est nettement inférieure à celle des minerais alors que chez les plus riches des SGD, elle est du même ordre de grandeur que dans les moins bons minerais.

Par contre, les pisolithes ramassés aux environs de Ferreyres (éch. FER 151 et 171, Annexe 4.1) sont nettement plus siliceux (Si:Al proche de 4:1). Ils n'ont probablement pas été utilisés seuls, comme le laissent supposer les résultats des fouilles.

D'un site à l'autre, il n'y a pas de différences notables entre les minerais (mis à part les roches carbonatées ferrugineuses de Prins-Bois 2). Les moyennes sont donc utilisables (fig. 90).

Pour les scories, il en va de même en ce qui concerne le rapport Si:Al. Seuls 4 échantillons de scories, analysés précédemment (Pelet 1993, p. 147), sortent du lot avec des rapports très bas (1 à 1,5:1). Ils proviennent tous du secteur de La Sarraz (Maillefer, 38 et Saint-Loup, 39). Cette particularité, liée à l'origine géographique des échantillons, indique peut-être une variation locale de la nature du minerai. L'échantillonnage ne couvrant pas suffisamment cette région, cette hypothèse ne peut être confirmée.

Le rapport Si:Fe varie en fonction de la catégorie morphologique, mais pas de l'origine géographique. Les SGD sont plus riches en fer que les SVN.

Les parois sont de natures variées et peu d'échantillons ont été analysés récemment (CAR 3 et 5, TIG 2 et VOU 1,

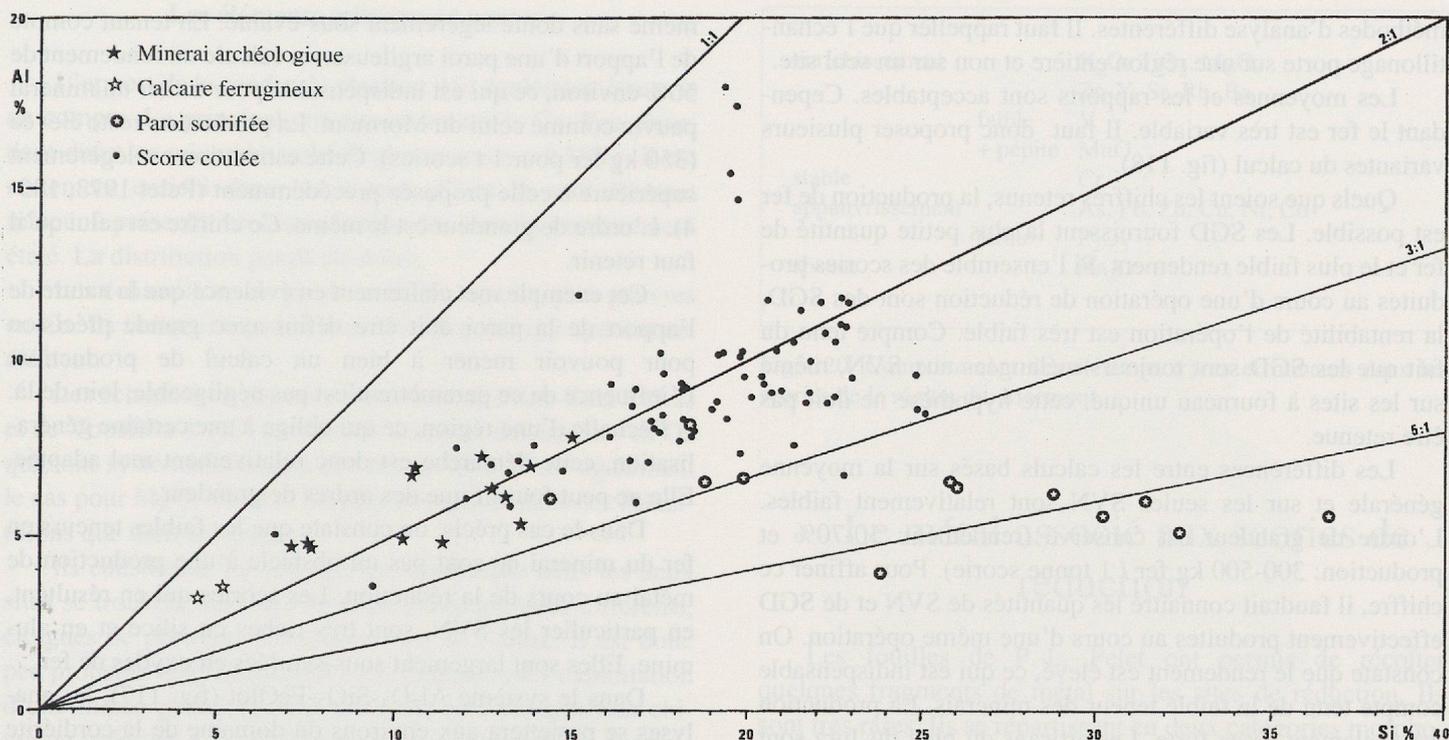


Fig. 116. Rapport Si:Al des échantillons du Mormont. Les analyses de Pelet 1973 sont également reportées.

Annexes 4.4 à 4.8). Plusieurs fragments de paroi scorifiée, prélevés en place ont été analysés (Pelet 1993, p. 147). En tout état de cause, ces matériaux sont toujours plus siliceux que les minerais et une contamination se marquera forcément par un enrichissement relatif en Si. On ne peut guère tirer de conclusion plus précise. Pour cela il faudrait travailler à l'échelle d'un site ou d'un fourneau, ce que l'échantillonnage ne permet pas.

Calcul de production

Un calcul de production peut être effectué sur la base des données analytiques (pp. 17-19), Serneels sous presse a). Les analyses de P.-L. Pelet ne sont pas prises en compte puisque les objets n'ont pas pu être étudiés macroscopiquement. Cela permet aussi d'éviter les problèmes liés à l'utilisation de

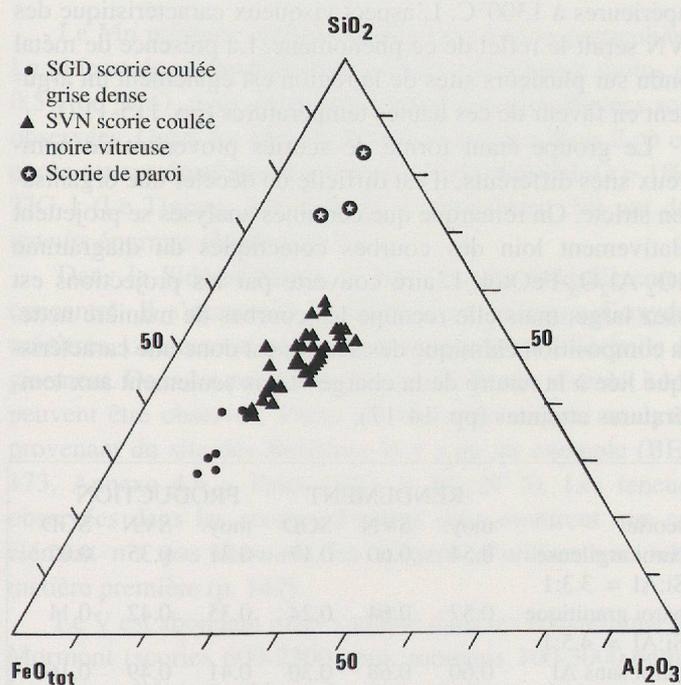


Fig. 117. Composition chimique des scories du Mormont. Les échantillons analysés par P.-L. Pelet ainsi que ceux dont l'identification morphologique est incertaine ne sont pas reportés.

gr/ 100gr	moyenne toutes scories	moyenne SVN archéologiques	moyenne SGD	moyenne minerais
Al:	9.04	9.64	7.02	5.98
Si:	19.01	20.84	14.85	11.25
Fe:	26.73	23.23	36.79	45.14
Moyenne de toutes les scories:				
Al: ->	151 gr.min			= 100 gr.sco
Si: ->	151 gr.min + 2 gr.Si			= 100 gr.sco
Fe: ->	151 gr.min			= 100 gr.sco + 41.5 gr.Fe
rendement:	0.60			production: 0.41
Moyenne des SVN				
Al: ->	161 gr.min			= 100 gr.sco
Si: ->	161 gr.min + 2.7 gr.Si			= 100 gr.sco
Fe: ->	161 gr.min			= 100 gr.sco + 49.4 gr.Fe
rendement:	0.68			production: 0.49
Moyenne des SGD				
Al: ->	117 gr.min			= 100 gr.sco
Si: ->	117 gr.min + 1.7 gr.Si			= 100 gr.sco
Fe: ->	117 gr.min			= 100 gr.sco + 16 gr.Fe
rendement:	0.30			production: 0.16
rendement = Fer produit / Fer contenu dans le minerai				
production = Fer produit / Scorie produite				

Fig. 118. Calcul de production pour les sites de la région du Mormont. Apport de la paroi purement siliceux.

méthodes d'analyse différentes. Il faut rappeler que l'échantillonnage porte sur une région entière et non sur un seul site.

Les moyennes et les rapports sont acceptables. Cependant le fer est très variable. Il faut donc proposer plusieurs variantes du calcul (fig. 118).

Quels que soient les chiffres retenus, la production de fer est possible. Les SGD fournissent la plus petite quantité de fer et le plus faible rendement. Si l'ensemble des scories produites au cours d'une opération de réduction sont des SGD, la rentabilité de l'opération est très faible. Compte tenu du fait que les SGD sont toujours mélangées aux SVN, même sur les sites à fourneau unique, cette hypothèse ne doit pas être retenue.

Les différences entre les calculs basés sur la moyenne générale et sur les seules SVN sont relativement faibles. L'ordre de grandeur est conservé (rendement: 50-70% et production: 300-500 kg fer / 1 tonne scorie). Pour affiner ce chiffre, il faudrait connaître les quantités de SVN et de SGD effectivement produites au cours d'une même opération. On constate que le rendement est élevé, ce qui est indispensable compte tenu de la faible teneur des minerais. La production est également assez forte. Les artisans du pied du Jura sont donc arrivés à tirer parti au mieux d'un minerai apparemment médiocre.

Influence de la nature de la paroi sur le calcul

Les chiffres de la fig. 118 sont issus d'un calcul qui se base sur un apport de la paroi uniquement sous forme de Si. Toutes les parois connues dans la région ont un chimisme plus complexe. En particulier, elles contiennent une certaine proportion d'Al, mais les analyses chimiques sont trop peu nombreuses et non représentatives pour utiliser cette donnée dans le calcul (parois contaminées).

Dans un premier temps, on ne peut aborder cet aspect que d'un point de vue théorique, en utilisant des données chimiques moyennes (fig. 119). En utilisant un rapport Si:Al très élevé de 1:1 (kaolinite pure), il est impossible de résoudre le système. Avec une formation argileuse normale (3,3:1), l'apport en Al de la paroi n'est pas négligeable. Le rendement ainsi que la production diminuent assez nettement. Avec une composition granitique (4,5:1), ce phénomène s'atténue.

Pour des raisons de calcul, on constate que plus l'apport est siliceux, plus la production est élevée. En effet, pour chaque Al apporté par la paroi, c'est autant de minerai que l'on n'utilise pas et donc de fer qui n'est pas apporté au système.

Les analyses ne portent que sur des échantillons de paroi fortement modifiée. La contamination par la charge est toujours forte comme en témoignent les teneurs en fer. Dans ces corps, le rapport Si:Al est extrêmement variable (min. 2,17:1; max. 5,68:1). Ces analyses indiquent toujours une tendance fortement siliceuse.

Ces analyses et les observations de terrain, permettent de considérer l'hypothèse d'une paroi argileuse (3,3:1) comme raisonnable. Le résultat final, basé sur cette hypothèse, est

même sans doute légèrement sous-évalué. En tenant compte de l'apport d'une paroi argileuse, on calcule un rendement de 50% environ, ce qui est indispensable pour traiter un minerai pauvre comme celui du Mormont. La production reste élevée (350 kg fer pour 1 t scories). Cette estimation est légèrement supérieure à celle proposée précédemment (Pelet 1973, 183-4). L'ordre de grandeur est le même. Ce chiffre est celui qu'il faut retenir.

Cet exemple met clairement en évidence que la nature de l'apport de la paroi doit être défini avec grande précision pour pouvoir mener à bien un calcul de production. L'influence de ce paramètre n'est pas négligeable, loin de là. A l'échelle d'une région, ce qui oblige à une certaine généralisation, cette démarche est donc relativement mal adaptée. Elle ne peut fournir que des ordres de grandeur.

Dans le cas précis, on constate que les faibles teneurs en fer du minerai ne sont pas un obstacle à une production de métal au cours de la réduction. Les scories qui en résultent, en particulier les SVN, sont très riches en silice et en alumine. Elles sont largement sous-saturées en oxydes de fer.

Dans le système $Al_2O_3-SiO_2-FeO$ (fig. 117), les analyses se projettent aux environs du domaine de la cordiérite ferrifère. Dans ce secteur, les températures théoriques de fusion sont les plus basses possibles ($< 1100^\circ C$). Dans la vallée thermique entre les domaines de la mullite et de la tridymite, par contre, les températures s'élèvent rapidement et certaines analyses se projettent au-delà de la courbe des $1400^\circ C$.

Les liquides siliceux sont de toutes façons moins fluides que ceux plus riches en fer en raison de la polymérisation des tétraèdres de silice (VDE 1981, 2-7). Il est donc probable que pour obtenir la séparation entre le métal et ce liquide silicaté, il a été nécessaire de travailler à de hautes températures, supérieures à $1300^\circ C$. L'aspect visqueux caractéristique des SVN serait le reflet de ce phénomène. La présence de métal fondu sur plusieurs sites de la région est également un argument en faveur de ces hautes températures (pp. 115-117).

Le groupe étant formé de scories provenant de nombreux sites différents, il est difficile de déceler une organisation stricte. On remarque que certaines analyses se projettent relativement loin des courbes cotectiques du diagramme $SiO_2-Al_2O_3-FeO$. L'aire couverte par les projections est assez large, mais elle recoupe les courbes de manière nette. La composition chimique des scories est donc une caractéristique liée à la nature de la charge et pas seulement aux températures atteintes (pp. 14-17).

scorie	RENDEMENT			PRODUCTION		
	moy.	SVN	SGD	moy.	SVN	SGD
paroi argileuse	0.54	0.60	0.17	0.31	0.35	0.07
Si:Al = 3,3:1						
paroi granitique	0.57	0.64	0.24	0.35	0.42	0.11
Si:Al = 4,5:1						
paroi sans Al	0.60	0.68	0.30	0.41	0.49	0.16

Fig. 119. Influence de la nature de l'apport sur le calcul de production pour les minerais et scories de la région du Mormont. Apport silico-alumineux.

Les éléments mineurs et traces

L'apport de la cendre de charbon doit également être pris en compte. Le principal constituant en est le Ca. Peu abondant dans les minerais archéologiques (moy.: 1,58%), il est nettement enrichi dans les scories. C'est le seul élément mineur à présenter un histogramme des teneurs extrêmement étalé. La distribution paraît aléatoire.

Les échantillons de paroi modifiée sont les plus pauvres en Ca. Ils indiquent que ce n'est pas la paroi qui apporte cet élément.

Les échantillons provenant des sites de Prins-Bois 2 (5.2) et de Voualève 1 (15) présentent toutefois des teneurs en Ca qui sont systématiquement élevées (> 4%). C'est également le cas pour MgO, MnO et Sr, plus abondants dans ces échantillons que dans les autres.

Ils constituent un sous-groupe analytique mais les deux sites se trouvent dans des secteurs géographiques différents, éloignés de plusieurs kilomètres l'un de l'autre. Il est donc peu probable que la raison de cette parenté soit l'exploitation d'une même poche de minerai ayant une composition chimique spéciale. La découverte de blocs de calcaire ferrugineux enrobés de bolus sidérolithique à Prins-Bois 2 pourrait fournir une explication. Des morceaux de calcaire, présents naturellement dans le remplissage sidérolithique, n'auraient pas été scrupuleusement rejetés. Cette explication ne permet pas de comprendre l'enrichissement parallèle des scories en MgO, MnO et Sr, éléments peu abondants dans les calcaires analysés (Annexe 4.1). Ces variations paraissent minimes. Elles peuvent être accidentelles et ne prouvent pas l'utilisation consciente d'un fondant calcaire comme c'est le cas à Montcherand (pp. 146-147).

Le Mn présente également une distribution particulière. La plupart des échantillons de scories contiennent moins de 0,5% de MnO, mais des teneurs nettement plus élevées sont observées. Outre les sites de Voualève et Prins-Bois 2 où cet excès est systématique, 8 sites sont concernés (MnO > 1%). TIG 1 (Le Tignon, 30) et DON 1 (Donchires, 34) ont des teneurs énormes (MnO > 16%).

Dans le Sidérolithique, le Mn est très irrégulièrement concentré. Il s'accumule localement en placages d'oxydes noirâtres. La teneur n'est pas du tout homogène à l'échelle du gisement. Dans les poches du Mormont, de tels niveaux à Mn peuvent être observés. Parmi les blocs de minerai analysés provenant du site des Bellaires, il y a en un exemple (BEL 173, Annexe 4.6 = Pelet 1993, p. 91, N° 5). Les teneurs observées dans les scories d'autres sites montrent que cet élément n'a pas dissuadé les artisans d'utiliser une telle matière première (p. 147).

Le V est abondant mais variable dans les échantillons du Mormont (scories 600-2300 ppm; minerais 100-3000 ppm). Les autres éléments chimiques sont relativement pauvres.

Les teneurs en mineurs et traces des minerais sont nettement différentes de celles des scories. On constate un enrichissement ou un appauvrissement suivant les cas (fig. 120).

enrichissement		K ₂ O, TiO ₂ , MgO, Zr, Y, Sr, Rb, Ba
	faible	V
	+ pépité	MnO
stable		Cr
appauvrissement		As, Pb, Zn, Cu, Ni, Co
	faible	P ₂ O ₅
absent		Na ₂ O

Fig. 120. Comportement des éléments traces et mineurs dans les scories de la région du Mormont.

Le métal associé aux scories de réduction

Les fouilles de P.-L. Pelet ont permis de récolter quelques fragments de métal sur les sites de réduction. Ils sont très rares. Ils se répartissent en deux catégories morphologiques distinctes: des coulures et des morceaux informes (fig. 121). Une véritable étude métallographique reste à faire.

Les coulures sont des pièces très intéressantes (fig. 122-124). Leur forme montre que le point de fusion a été atteint et

site	forme	poids	% C	% P	référence
Bellaires 1	coulure		0.42	0.29	Pelet 1973
			2.26	0.47	Pelet 1973
			2.98	0.61	Pelet 1973
			1.71	0.52	Pelet 1973
	coulure	440			Fig. 123
		390			
		225			
		30			
		115			
Bellaires 2	coulure	50	3.42	1.30	Pelet 1973
		180			
		200			
		100			
		180			
Bellaires 3	coulure	340			Fig. 122
		90			
		70			
Prins-Bois 1	coulure		2.57	1.48	Pelet 1960a
Prins-Bois 2	coulure	420			Fig. 124

Fig. 121. Les déchets métalliques associés aux scories de la région du Mormont.

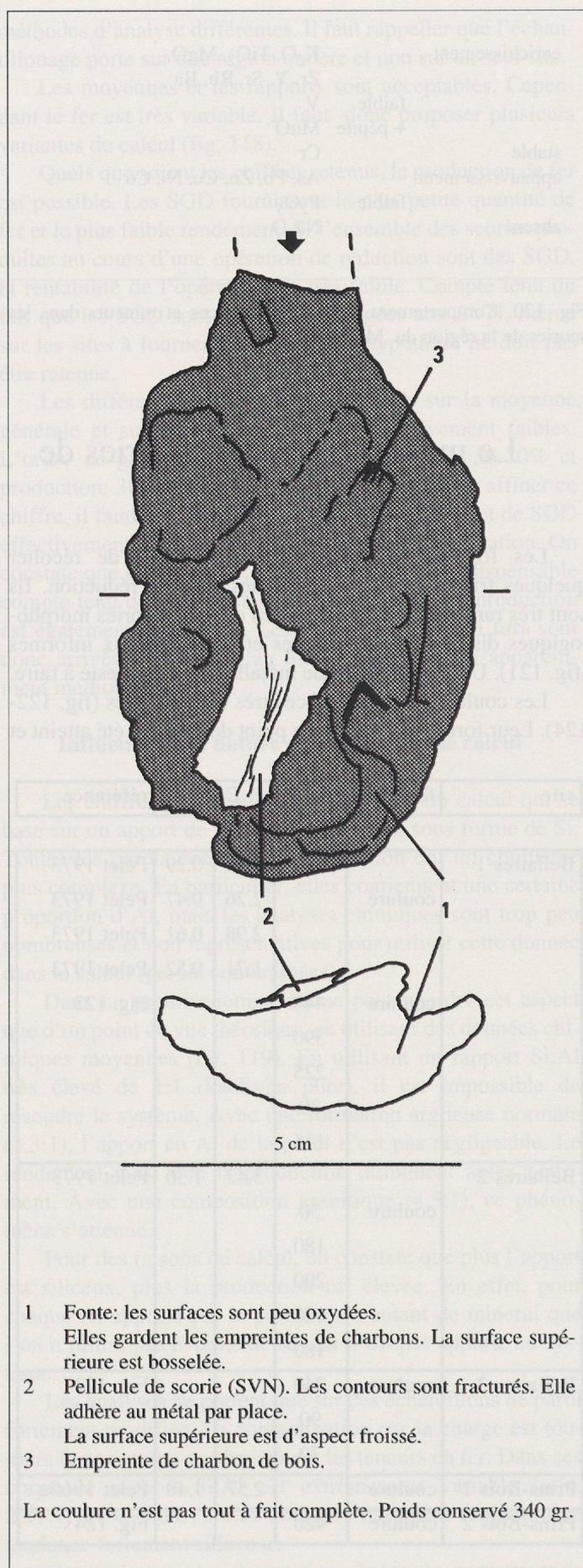


Fig. 122. Coulure de fonte. Bellaires 3 (25.3).

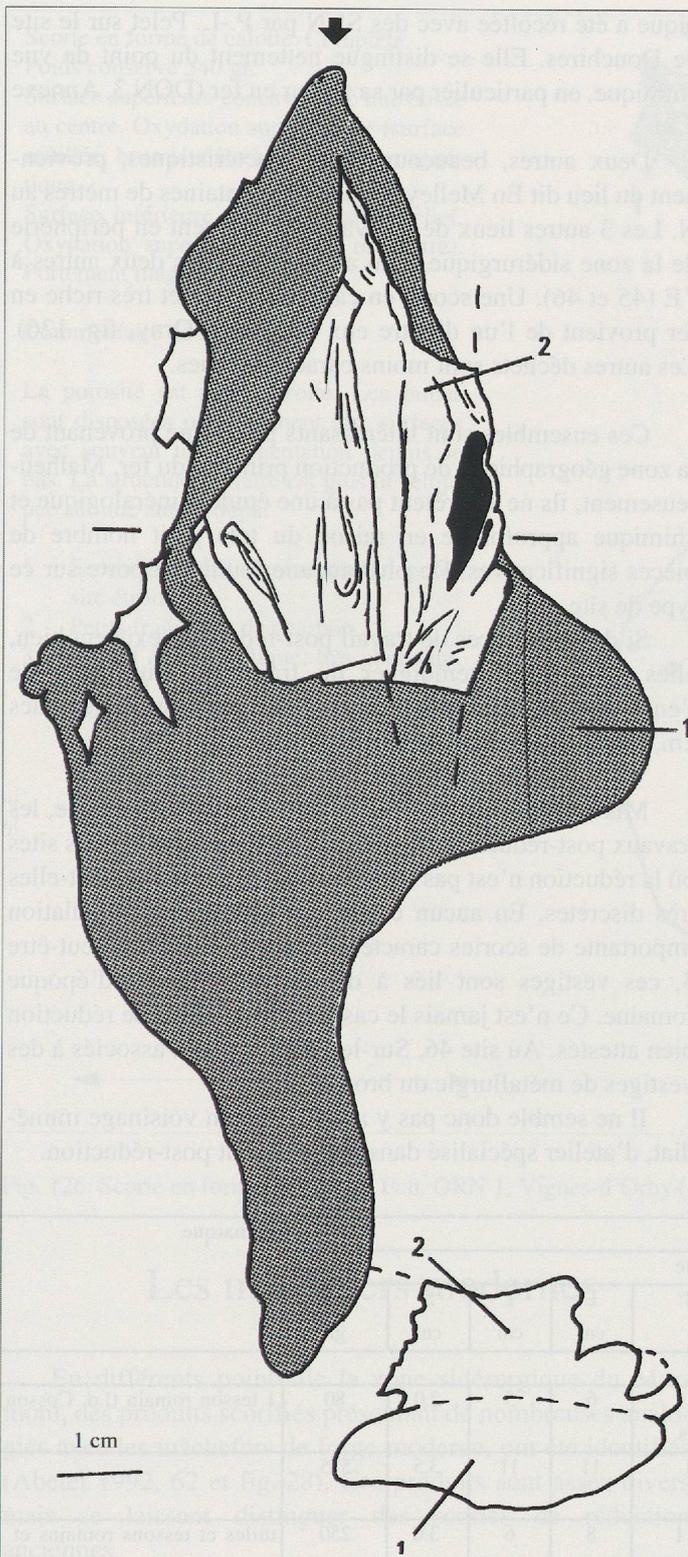
que le métal a été liquide. Le pourcentage de carbone est élevé (Pelet 1960a, 103-10; 1993, pp. 97-98). Il s'agit de morceaux de fonte. De la scorie coulée (SVN) est toujours collée sur les coulures. Ces matériaux sont produits au cours de la réduction. Ils sont présents sur 4 des 5 sites fouillés et ont été trouvés dans les zones de rejet. La raison pour laquelle ces coulures de fonte ont été rejetées par les artisans ne peut être démontrée. Il est probable que ce métal ne pouvant pas être traité de la même manière que le gros de la production, il a été considéré comme un déchet inutilisable.

Les fourneaux produisaient également du métal moins riche en C (1 analyse à 0,42% C). Des pièces non coulées proviennent des 3 sites des Bellaires. Ce sont des agglomérats informes. La texture est hétérogène, souvent vacuolaire, et le métal est associé à une grande quantité de scories.

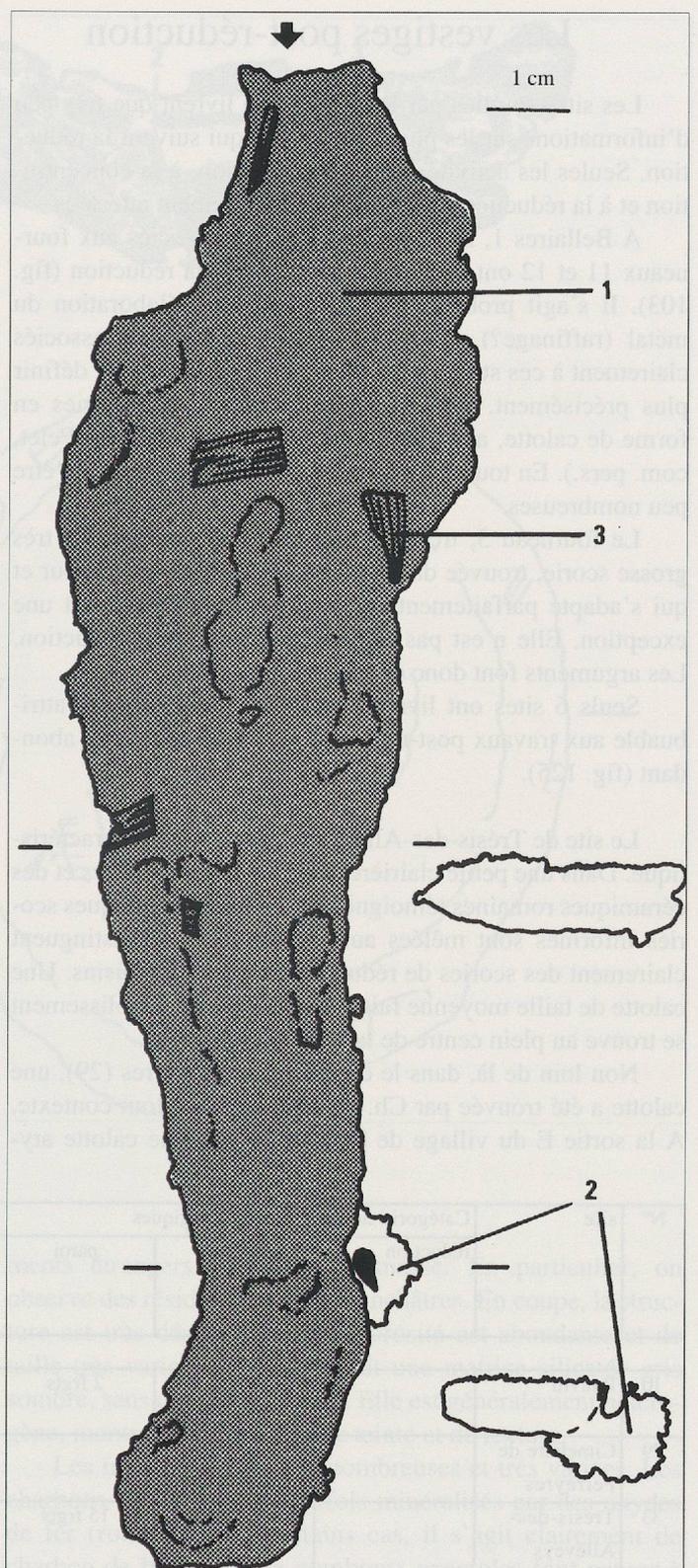
Le métal est fréquent dans les scories sous forme de petites inclusions. Il se présente en nodules globulaires (1-5 cm), en filaments et en petites billes (0,01-1 cm).

Les déchets métalliques confortent l'idée que les artisans de la région ont travaillé à de hautes températures. Ces fourneaux ont produit de la fonte liquide, au moins accidentellement. Ces découvertes ne permettent cependant pas de formuler une hypothèse sur l'aspect physique du produit de la réduction. Aucune pièce moulée n'est présente ce qui semble indiquer que le but de l'opération n'était pas de tirer parti de cette propriété de la fonte. Les pièces plus pauvres en carbone sont peu denses. Le métal n'est pas compact et il est mélangé à de la scorie et des restes de charbon. La texture est spongieuse. Mais, encore une fois, il s'agit de rebuts et non de produits au sens propre.

A ce stade de la recherche, une véritable étude métallographique de ces pièces serait le seul moyen de faire avancer les connaissances.



- 1 Fonte: les surfaces sont faiblement oxydées, régulières, plates.
 2 Scorie coulée SVN: elle s'est refroidie sur la fonte et y adhère. La surface supérieure est d'aspect froissé, noire. La cassure est d'aspect vitreux, très vacuolaire.
 La coulure semble complète. Poids total: 440 gr.



- 1 Fonte: les surfaces sont peu oxydées. La surface supérieure est grumeleuse.
 2 Scorie (SVN): aspect vitreux, noir, vacuolaire.
 3 Charbon consolidé par les oxydes de fer
 La pièce est complète. Poids total: 340 gr.

Fig. 123. Coulure de fonte. Bellaires 1 (25.1).

Fig. 124. Coulure de fonte. Prins-Bois 2 (5.2).

Les vestiges post-réduction

Les sites fouillés par P.-L. Pelet ne livrent que très peu d'informations sur les phases de travail qui suivent la réduction. Seules les activités liées à l'extraction, à la concentration et à la réduction du minerai sont clairement attestées.

A Bellaires 1, les 2 foyers, 15 et 16, associés aux fourneaux 11 et 12 ont une autre fonction que la réduction (fig. 103). Il s'agit probablement d'un travail d'élaboration du métal (raffinage?). Faute de déchets spécifiques associés clairement à ces structures, il n'est pas possible de le définir plus précisément. On ne peut exclure que des scories en forme de calotte, aient été présentes dans les déblais (Pelet, com. pers.). En tout état de cause, elles ne pouvaient qu'être peu nombreuses.

Le fourneau 5, très mal conservé, est ambigu. La très grosse scorie, trouvée dans les déblais au-dessus du four et qui s'adapte parfaitement sur le fond de l'appareil est une exception. Elle n'est pas typique du travail post-réduction. Les arguments font donc défaut.

Seuls 6 sites ont livré du matériel métallurgique attribuable aux travaux post-réduction. Il est toujours peu abondant (fig. 125).

Le site de Trésis-des-Alleveys (33) est le plus caractéristique. Dans une petite clairière, des fragments de tuiles et des céramiques romaines témoignent d'un habitat. Quelques scories informes sont mêlées aux débris. Elles se distinguent clairement des scories de réduction des ateliers voisins. Une calotte de taille moyenne fait partie du lot. Cet établissement se trouve au plein centre de la zone sidérurgique.

Non loin de là, dans le cimetière de Ferreyres (29), une calotte a été trouvée par Ch. Affolter, hors de tout contexte. A la sortie E du village de Ferreyres (34), une calotte aty-

pique a été récoltée avec des SVN par P.-L. Pelet sur le site de Donchires. Elle se distingue nettement du point de vue chimique, en particulier par sa teneur en fer (DON 3, Annexe 4.8).

Deux autres, beaucoup plus caractéristiques, proviennent du lieu dit En Melley, à quelques centaines de mètres au N. Les 3 autres lieux de trouvaille se trouvent en périphérie de la zone sidérurgique, l'un au N (10) et les deux autres à l'E (45 et 46). Une scorie en calotte typique et très riche en fer provient de l'un d'entre eux (Vignes-d'Orny, fig. 126). Les autres déchets sont moins caractéristiques.

Ces ensembles sont intéressants parce que provenant de la zone géographique de production primaire du fer. Malheureusement, ils ne se prêtent pas à une étude minéralogique et chimique approfondie en raison du très petit nombre de pièces significatives. De plus aucune fouille ne porte sur ce type de site.

Si de rares traces de travail post-réduction existent bien, elles ne peuvent témoigner du traitement sur place de l'ensemble de métal brut produit. Dans un rayon de quelques km, plusieurs sites ont livré un matériel important.

Mis à part le cas de Bellaires 1 où un doute subsiste, les travaux post-réduction n'ont laissé de traces que sur des sites où la réduction n'est pas attestée. Encore ces traces sont-elles très discrètes. En aucun cas, on ne trouve d'accumulation importante de scories caractéristiques. Sur 2 sites, peut-être 3, ces vestiges sont liés à des traces d'habitat d'époque romaine. Ce n'est jamais le cas pour les ateliers de réduction bien attestés. Au site 46, Sur-le-Mont, ils sont associés à des vestiges de métallurgie du bronze.

Il ne semble donc pas y avoir, dans un voisinage immédiat, d'atelier spécialisé dans le traitement post-réduction.

N°	site	Catégorie de déchets métallurgiques								Remarque
		réduction	informe	paroi	calotte					
					N°	L cm	l cm	h cm	pois gr	
10	Rauvin		1 frgt	2 frgts	RAU 1 2 frgts	6	5	2.0	80	1 tesson romain (l.d. Cosson)
29	Cimetière de Ferreyres				FCI 1	11	11	3.5	575	
33	Trésis-des-Alleveys		8 frgts	15 frgts	ALV 1 1 frgt plat 3 frgts	8	6	3.0	250	tuiles et tessons romains et monnaie de Commode 1-3e ap. J.-C.
34	Donchires En Melley	XXX			DON 3 MEL 1 MEL 2	8 11 7	8 9 7?	5.0 3.0 2.5	700 410 180	
45	Vignes-d'Orny		XXX	1 frgt	ORN 1 1 frgt plat	10	10	2.5	340 80	
46	Sur-le-Mont		XX							tuiles et tessons romain et déchets de bronze

Fig. 125. Répartition des vestiges liés au travail post-réduction dans la région du Mormont.

Scorie en forme de calotte. Complète.

Poids conservé 340 gr.

Surface supérieure concave avec une bosse au centre. Oxydation superficielle (surface rouillée, brun jaunâtre). Fortement magnétique.

Surface inférieure régulière, faible relief. Oxydation superficielle (brun rougeâtre). Fortement magnétique.

Commentaire de la coupe:

La porosité est assez étroite. Les bulles sont disposées parallèlement aux surfaces avec souvent une alimentation depuis le bas. La structure radiaire est plus développée sur une autre coupe.

- 1 Scorie grise très sombre. Faible porosité étroite.
- 2 Petits fragments de charbon.
- 3 Fer à l'état métallique, très abondant. Dans la partie médiane, il forme des zones compactes sans porosité. En périphérie, le fer est disséminé en filaments et en gouttelettes dans la scorie grise, en particulier autour des pores.

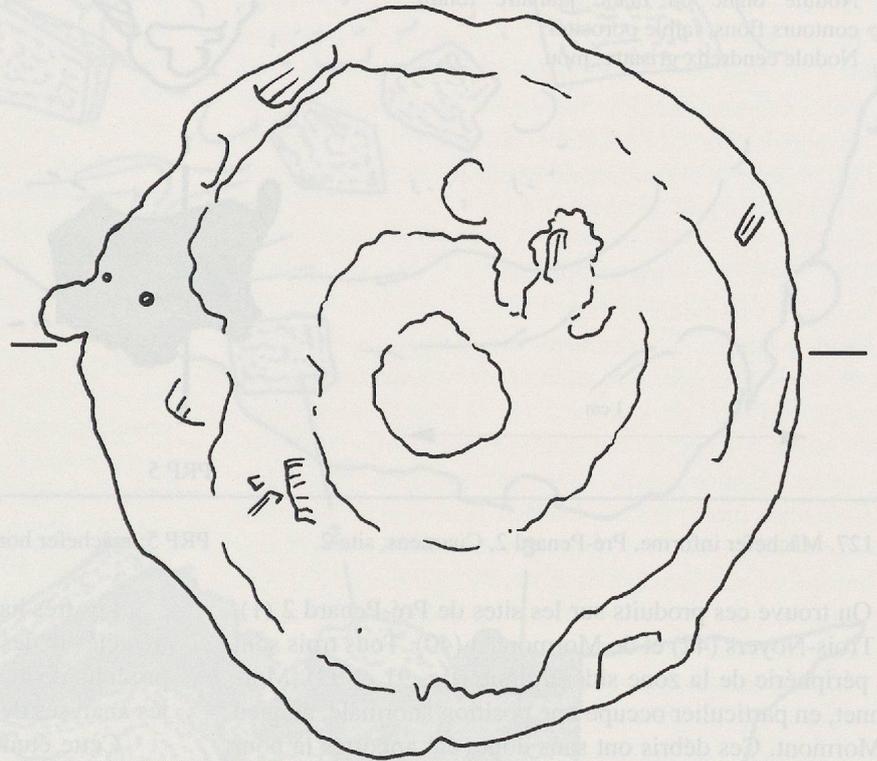
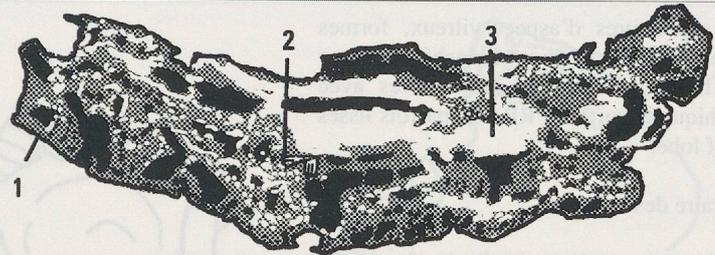


Fig. 126. Scorie en forme de calotte. Ech. ORN 1, Vignes-d'Orny (45).

Les mâchefers modernes

En différents points de la zone sidérurgique du Mormont, des produits scorifiés présentant de nombreuses analogies avec les mâchefers de forge moderne, ont été identifiés (Abetel 1992, 62 et fig. 28). Ces produits sont assez divers mais se laissent distinguer des scories de réduction anciennes.

Certaines pièces sont d'aspect très hétérogène. Typiquement, la densité apparente des fragments est assez faible. Les pièces sont fragiles et peu épaisses. Les formes sont tout à fait quelconques: ce sont des assemblages de lobes globuleux et contournés (fig. 127). Il est impossible de les orienter ou de définir une polarité. Aucune structure de flux n'est visible mais le matériel a subi une fusion au moins partielle. Des empreintes laissées par le combustible sont souvent identifiables sur toutes les faces de la pièce. Les surfaces sont tantôt noires et brillantes, tantôt grises ou couleur lie de vin et mates. Elles sont toujours piquetées d'inclusions et d'élé-

ments étrangers pris dans la masse. En particulier, on observe des résidus cendreux blanchâtres. En coupe, la structure est très désordonnée. La porosité est abondante et de taille très variable. On reconnaît une matrice silicatée gris sombre, sans doute fayalitique. Elle est généralement hétérogène, montrant des nuances de teinte et de texture.

Les inclusions sont très nombreuses et très variées. Les charbons sont fréquents, parfois minéralisés par des oxydes de fer (rouille). Dans certains cas, il s'agit clairement de charbon de bois mais de nombreux exemples font penser à des morceaux de houille brûlée ou même de coke. Ils sont accompagnés de nombreux petits cailloux et de grains de sable siliceux plus ou moins fondus. Le fer métallique est présent en filaments ou en petits nodules.

D'autres pièces sont beaucoup plus homogènes. Elles sont plus lourdes et fréquemment magnétiques. Leur forme n'est pas mieux définie. En coupe, on observe une matrice gris sombre fayalitique assez homogène, mais les inclusions restent fréquentes (grains silicatés, charbon de bois, houille, fer métallique).

Surfaces supérieures d'aspect vitreux, formes lobées, nombreuses inclusions blanchâtres.
Surfaces inférieures localement oxydées avec relief déchiqueté (surtout PRP 10), parfois lisses avec relief lobé.

Commentaire des coupes:

- 1 Matrice gris sombre cristallisée (fayalite?). Porosité faible.
- 2 Charbon de bois (fibreuse).
- 3 Nodule blanc ou blanc jaunâtre fondu, contours flous, faible porosité.
- 4 Nodule cendreuse grisâtre, mou.

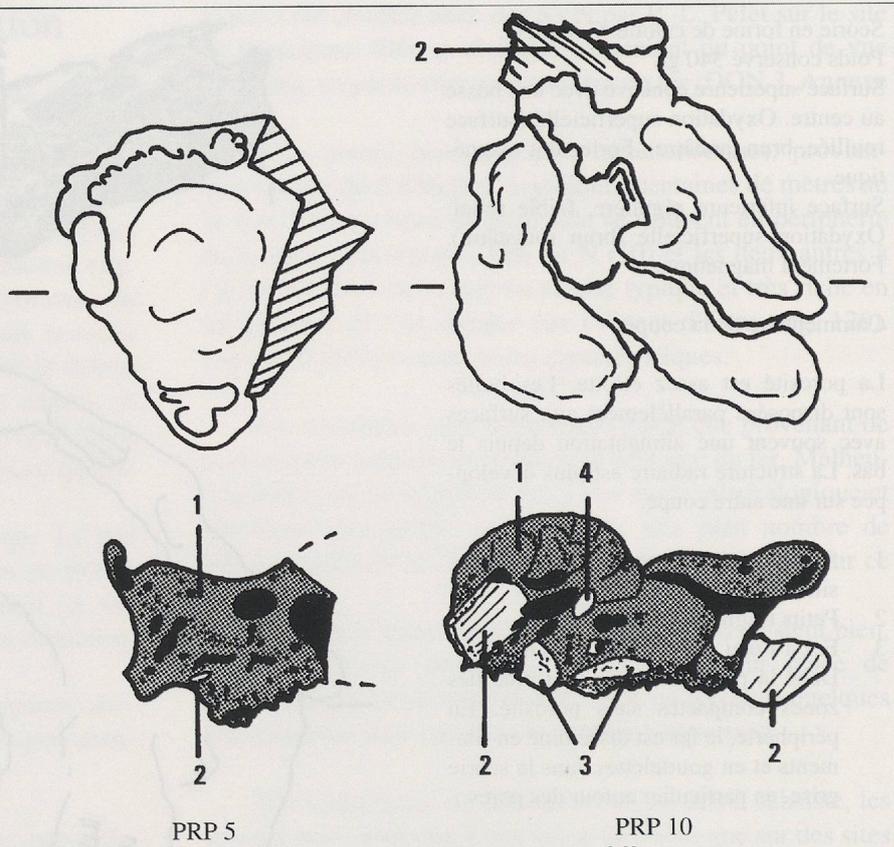


Fig. 127. Mâchefer informe. Pré-Penard 2, Cuarnens, site 2.

PRP 5: mâchefer homogène. PRP 10: mâchefer hétérogène.

On trouve ces produits sur les sites de Pré-Penard 2 (1), des Trois-Noyers (42) et de Mormonnet (40). Tous trois sont à la périphérie de la zone sidérurgique (fig. 91 et 92). Mormonnet, en particulier occupe une position anormale, au pied du Mormont. Ces débris ont sans doute été apportés là pour affermir le sol ou combler l'ornière d'un chemin. A Rogenex (26), du mâchefer est mélangé à des SVN peu caractéristiques. Ce site est assez mal attesté. Il résulte probablement aussi d'un apport moderne.

Sur le territoire de la commune de Cossonay, un peu au S de la zone étudiée, 5 pièces de scories ont été récoltées en 1986 dans des conditions imprécises. La localisation de la trouvaille est incertaine. Trois d'entre elles présentent une forme de calotte très irrégulière. Mis à part cette forme générale spécifique, leur aspect extérieur et leur structure interne sont comparables à ceux des mâchefers informes (fig. 128). Dans plusieurs cas, des morceaux de houille sont clairement identifiables, dans d'autres on a affaire à du charbon de bois.

Les échantillons de Pré-Penard 2 et de Cossonay (PRP 1-5 et COS 1-5, Annexe 4.3) ont des compositions chimiques extrêmement déroutantes. Ils ne forment pas de groupe cohérent. Les variations, sur un site et entre les deux sites, sont énormes. Ceci est à mettre en relation avec l'hétérogénéité du matériel analysé. Toutefois, on les distingue sans peine des autres produits scorifiés de la région. Le spectre des éléments mineurs et traces n'a rien de commun (par exemple le Cu pour PRP, le Sr pour COS et V pour les deux sites).

Les très hautes teneurs en fer ainsi que les rapports Si:Al très élevés des échantillons de PRP interdisent d'y voir des produits de la réduction du Sidérolithique. A l'inverse, dans les analyses de Cossonay le fer est trop bas.

Cette étude sommaire montre que ces produits peuvent être différenciés des scories anciennes. La présence de morceaux de charbon de terre est un autre argument de poids. S'il est probable que ces résidus aient quelque chose à voir avec la métallurgie du fer, il est certain que ce sont les résidus d'une technologie moderne.

Les mâchefers informes présentent des analogies certaines avec les résidus qui se forment au fond du foyer de forge moderne. Pour les mâchefers en forme de calotte, ce n'est pas le cas. Les faibles teneurs en fer pourraient même indiquer des produits d'origine autre que métallurgique. Ces matériaux ne peuvent guère être datés plus précisément. Ils proviennent peut-être de l'activité des forges des villages voisins.

Ce genre de «pollution» n'est pas toujours facile à détecter. En particulier, les compositions chimiques seules ne fournissent pas une information suffisante. Il faut également pouvoir étudier morphologiquement les pièces et les comparer à une large collection de référence. Dans nos premières publications, essentiellement fondées sur l'étude des spectres d'éléments traces, les produits scorifiés de Pré-Penard et Cossonay ont été interprétés comme formant un groupe analytique distinct, ce qui est exact. Par contre, ils étaient mis sur le même pied que les scories de réduction anciennes des sites voisins, ce qui était une erreur (Abetel et Serneels 1987 et 1988).

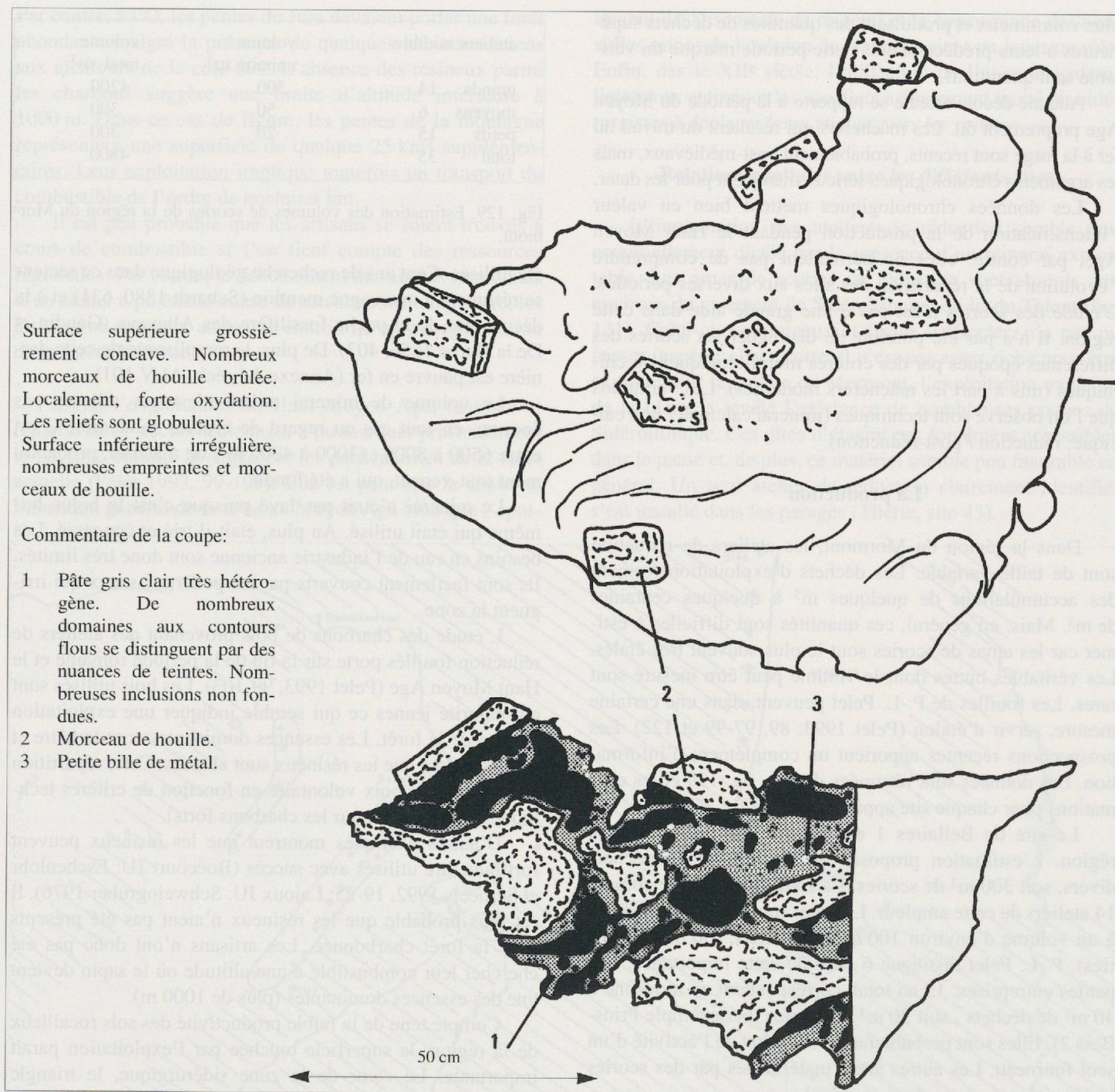


Fig. 128. Mâchefer en forme de calotte. Ech. COS 1, Cossonay (VD).

L'ancienne industrie du fer dans la région du Mormont

Datation des sites métallurgiques

Les fouilles archéologiques fournissent des données chronologiques relativement abondantes mais très inégalement réparties.

A ce jour, aucun vestige ne peut être rattaché à la période de Hallstatt. Par contre, à la fin de l'âge du Fer, l'exploitation sidérurgique a déjà débuté. Le fourneau le plus ancien de

Bellaires 1 date de cette époque. Sur ce site, les débuts semblent modestes; ailleurs, aucune information n'est disponible. L'exploitation préromaine existe, mais son ampleur est inconnue.

A l'époque romaine, plusieurs ateliers fonctionnent (Bellaires 1, 2 et 3, Prins-Bois 1 et probablement Rosset 1). On ne perçoit pas de changement à l'intérieur de cette large tranche de temps. Il est impossible de quantifier la production à cette période. Plusieurs forges romaines existent mais leurs activités semblent limitées aux besoins locaux.

Avec le Haut Moyen Age, l'industrie s'intensifie. La majorité des fourneaux sont datés de cette période. Ils sont

plus volumineux et produisent des quantités de déchets supérieures à leurs prédécesseurs. Cette période marque un véritable saut quantitatif.

Aucune découverte ne se rapporte à la période du Moyen Age proprement dit. Les mâchefers qui résultent du travail du fer à la forge sont récents, probablement post-médiévaux, mais les arguments chronologiques sérieux manquent pour les dater.

Les données chronologiques mettent bien en valeur l'intensification de la production pendant le Haut Moyen Age, par contre, elles ne permettent pas de comprendre l'évolution de la répartition des sites aux diverses périodes. L'étude des scories n'est pas d'une grande aide dans cette région. Il n'a pas été possible de distinguer les scories des différentes époques par des critères morphologiques ou chimiques (mis à part les mâchefers modernes). Les variations que l'on observe sont techniques (minerai calcique / non calcique; réduction / post-réduction).

La production

Dans la région du Mormont, les ateliers de réduction sont de taille variable. Les déchets d'exploitation forment des accumulations de quelques m³ à quelques centaines de m³. Mais, en général, ces quantités sont difficiles à estimer car les amas de scories sont le plus souvent très étalés. Les véritables buttes dont le volume peut être mesuré sont rares. Les fouilles de P.-L. Pelet peuvent, dans une certaine mesure, servir d'étalon (Pelet 1993, 89, 97-99 et 122). Les prospections récentes apportent un complément d'information. Les données sont résumées dans la fig. 129 et les estimations pour chaque site apparaissent à la fig. 92.

Le site de Bellaires 1 est un des gros ateliers de la région. L'estimation proposée est de 600 m³ de déchets divers, soit 300 m³ de scories. La zone sidérurgique compte 14 ateliers de cette ampleur. Les sites moyens correspondent à un volume d'environ 100 m³ de déchets, (50 m³ de scories). P.-L. Pelet distingue 6 sites de cette importance. Les petites entreprises, 15 au total, correspondent en moyenne à 40 m³ de déchets, soit 20 m³ de scories (par exemple Prins-Bois 2). Elles sont probablement le résultat de l'activité d'un seul fourneau. Les autres sites, matérialisés par des scories isolées, n'entrent pas dans ce calcul.

L'ordre de grandeur de la production totale est de 5000 m³ environ de scories pour l'ensemble de la région. La moitié de ce volume, au moins, est attribuable à la production du Haut Moyen Age.

1 m³ de scories (SVN) pèse environ 1 t (Pelet 1993, p. 97: 1 m³ scories = 980 kg, expérience confirmée récemment). Donc, d'après les calculs basés sur les compositions chimiques des scories et des minerais (fig. 119), la production totale de fer est de 1500-2000 t.

L'approvisionnement en minerai a sans doute été un facteur limitant la production de la zone sidérurgique. Aujourd'hui, le minerai qui a été utilisé anciennement est introuvable. Les pisolithes du Sidérolithique de la colline du Mormont ne semblent pas pouvoir faire l'affaire. Seuls les bolus très ferrugineux du pied du Jura à l'O de La Sarraz, ont

ateliers nombre		volume unitaire m ³	volume total m ³
grands	14	300	4200
moyens	6	50	300
petits	15	20	300
total	35		4800

Fig. 129. Estimation des volumes de scories de la région du Mormont.

été utilisés. Cent ans de recherche géologique dans ce secteur se résument à une vague mention (Schardt 1880, 631) et à la découverte de la poche fossilifère des Alleveys (Gaudin et De la Harpe 1856, 403). De plus, le remplissage de cette dernière est pauvre en fer (Annexe 4.1, éch. ALV 101).

Le volume de minerai utilisé n'est par ailleurs pas énorme, en tout cas au regard de critères modernes. C'est entre 6500 à 8000 t (3000 à 4000 m³) de matériel, probablement tout-venant, qui a été fondu.

Le minerai n'était pas lavé puisque c'est le bolus lui-même qui était utilisé. Au plus, était-il trié et concassé. Les besoins en eau de l'industrie ancienne sont donc très limités. Ils sont facilement couverts par les petits ruisseaux qui irriguent la zone.

L'étude des charbons de bois provenant des ateliers de réduction fouillés porte sur la fin de la période romaine et le Haut Moyen Age (Pelet 1993, 99-103). Les bois utilisés sont en majorité jeunes ce qui semble indiquer une exploitation intense de la forêt. Les essences dominantes sont le hêtre et le chêne alors que les résineux sont absents. Cette répartition peut trahir un choix volontaire en fonction de critères techniques (préférence pour les charbons forts).

D'autres exemples montrent que les résineux peuvent fort bien être utilisés avec succès (Boécourt JU: Eschenlohr et Serneels 1992, 19-25; Lajoux JU: Schweingruber 1976). Il est plus probable que les résineux n'aient pas été présents dans la forêt charbonnée. Les artisans n'ont donc pas été chercher leur combustible à une altitude où le sapin devient une des essences dominantes (plus de 1000 m).

Compte tenu de la faible productivité des sols rocailleux de la région, la superficie touchée par l'exploitation paraît importante. Le cœur de la zone sidérurgique, le triangle Moiry - Les Bellaires - La Sarraz, correspond à une superficie d'environ 500 ha. Au N, se trouve l'obstacle difficilement franchissable des gorges du Nozon. Au S, la plaine de la Venoge était probablement déjà défrichée à l'époque romaine.

Volume des scories	5000 m ³
Poids des scories	5000 t
Poids du charbon (x 4)	20000 t
Poids du bois (x 5)	100000 t
Volume du bois (x 0.7)	70000 m ³
Superficie de la forêt coupée (150 m ³ /ha)	500 ha = 5 km ²

Fig. 130. Estimation de la consommation de bois pour la réduction dans la région du Mormont.

Par contre, à l'O, les pentes du Jura devaient porter une forêt abondante malgré la présence de quelques habitats anciens aux alentours de la cote 800. L'absence des résineux parmi les charbons suggère une limite d'altitude inférieure à 1000 m. Dans ce cas de figure, les pentes de la montagne représentent une superficie de quelque 25 km² supplémentaires. Leur exploitation implique toutefois un transport du combustible de l'ordre de quelques km.

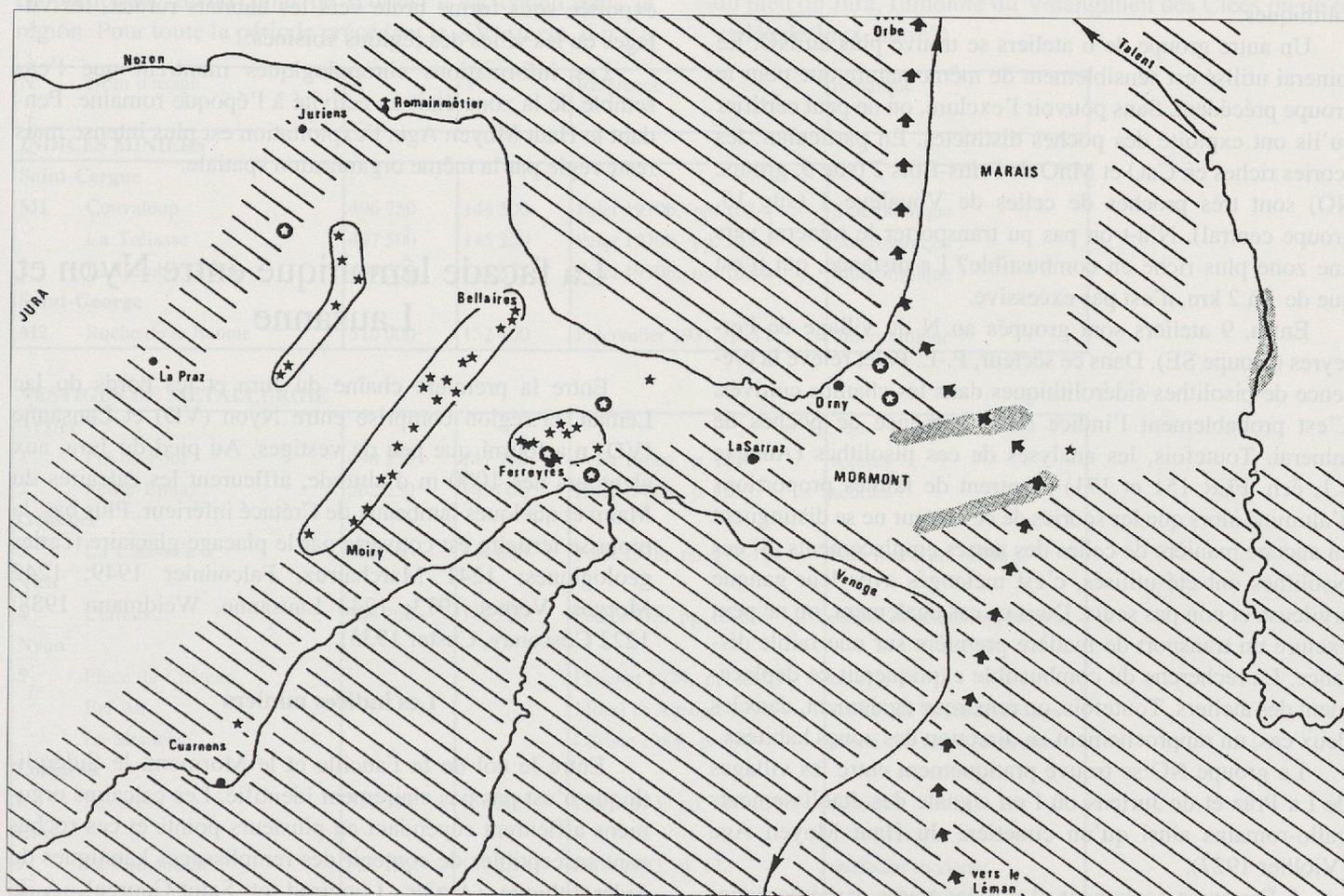
Il est peu probable que les artisans se soient trouvés à court de combustible si l'on tient compte des ressources régionales. Par contre, le déboisement des abords immédiats d'un atelier a pu être la cause de son abandon temporaire, les artisans ne revenant au même endroit qu'après régénération de la forêt (20-50 ans).

Enfin, l'exploitation du Haut Moyen Age, massive et répartie sur 3 siècles seulement, a pu marquer profondément le paysage comme le suggèrent les particularités de la forêt actuelle (Pelet 1993, 99-103). Elle est peut-être la cause de l'abandon général de la zone au Moyen Age bien que l'épui-

sement des gisements de minerai et la concurrence des nouvelles mines de la région de Vallorbe aient pu jouer un rôle. Enfin, dès le XII^e siècle, l'utilisation de l'énergie hydraulique pour actionner les soufflets a également incité les sidérurgistes à déplacer leurs ateliers vers les rivières.

Relations spatiales entre les différents sites

L'implantation des ateliers de réduction semble être essentiellement dictée par la présence d'un minerai exploitable. Les amas de scories de réduction sont absents aux environs du gisement de Sidérolithique du lit du Talent (fig. 131). Celui-ci, volumineux et facile à détecter, n'a pas pu passer inaperçu. Par contre, il n'est pas assez riche pour être exploité. Sur la colline du Mormont, l'exploitation moderne de la pierre a révélé l'existence de nombreuses poches de Sidérolithique. Ces gîtes n'étaient pas forcément accessibles dans le passé et, de plus, ce matériel semble peu favorable en général. Un seul atelier de réduction clairement identifié, s'est installé dans les parages (Tilérie, site 43).



- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Régions sans traces d'occupation ancienne |  | Zone d'affleurements actuels de Sidérolithique |
|  | Régions avec traces d'occupation ancienne (établissements romains et cimetières du Haut Moyen Age) | * | Ateliers de réduction du minerai de fer |
|  | Route romaine | ⊙ | Ateliers de métallurgie post-réduction |

Fig. 131. Schéma de l'organisation de la zone sidérurgique du Mormont. Echelle 1:100000.

Plus à l'O de La Sarraz, le Sidérolithique a existé mais il n'a pas pu être observé en place. L'analyse des blocs récoltés lors des fouilles montre clairement qu'il fut utilisé. Chimiquement, il est assez différent des autres dépôts de la région, en particulier avec une teneur en fer globale plus élevée malgré la faible quantité de pisolithes contenus. C'est dans ce secteur du pied du Jura que se trouvent la plupart des ateliers de réduction. Ces sites ne sont pas répartis de manière aléatoire. Ils sont regroupés en trois zones d'importance inégale. Ils entretiennent des relations différentes avec les gîtes comme avec les habitats anciens.

Le groupe le plus important, formé de 20 amas de scories, est réparti sur une bande de 300 m de large, entre le village de Moiry et les gorges du Nozon (Les Bellaires). Cette disposition régulière n'est pas le fruit du hasard. Sur le terrain, on observe un petit escarpement calcaire qui rompt la pente par place, il s'agit d'une faille de faible rejet vertical. Cet accident tectonique était sans doute localement rempli de minerai. A la Bossena (site 21), il a permis d'atteindre des boyaux karstiques comblés par des matériaux argileux sidérolithiques.

Un autre groupe de 6 ateliers se trouve plus au NO. Le minerai utilisé est sensiblement de même nature que pour le groupe précédent. Sans pouvoir l'exclure, on ne peut certifier qu'ils ont exploité des poches distinctes. En particulier, les scories riches en CaO et MnO de Prins-Bois 2 (site 5, groupe NO) sont très proches de celles de Voualève 1 (site 15, groupe central). N'a-t-on pas pu transporter le minerai vers une zone plus riche en combustible? La distance, qui n'est que de 1 à 2 km, n'est pas excessive.

Enfin, 9 ateliers sont groupés au N du village de Ferreyres (groupe SE). Dans ce secteur, P.-L. Pelet relève la présence de pisolithes sidérolithiques dans les champs cultivés. C'est probablement l'indice de la présence de poches de minerai. Toutefois, les analyses de ces pisolithes (Annexe 4.1, éch. FER 151 et 171) montrent de faibles proportions d'alumine alors que les scories de ce secteur ne se distinguent en aucune manière de celles des autres emplacements. Si ces pisolithes ont été utilisés, c'est mélangés avec leur gangue argileuse et non pas seuls. Dans ce cas également, on ne peut exclure un transport de matière première sur une faible distance. La recherche du combustible expliquerait ce déplacement des ateliers. Toutefois, on remarque également, dans les deux cas, un rapprochement en direction des zones habitées.

Le groupe NO se trouve pratiquement entre les villages de La Praz et de Juriens où l'on signale des établissements gallo-romains ainsi qu'un cimetière du Haut Moyen Age (Viollier 1927).

A Ferreyres également, il y a des traces archéologiques d'occupation ancienne (Viollier 1927, Pichard et Andrès-Colombo 1987). C'est aussi dans cette zone que les témoignages de travail post-réduction sont les plus nombreux (cimetière de Ferreyres 29, Trésis-des-Alleveys 33, Donchires et En Melley 34).

Dans les environs de Cuarnens, les données sont trop imprécises pour proposer une interprétation des quelques sites qui se trouvent sur la rive gauche de la Venoge (scories

isolées, aucune analyse). Dans ce secteur, les terrains quaternaires recouvrent le substrat calcaire. Il est peu probable que du minerai puisse affleurer. Sur l'autre rive, par contre, on n'a clairement affaire qu'à des déchets modernes. Il n'y a pas de relation évidente entre les sites métallurgiques et les habitats ruraux anciens (Felka et Loi Zedda 1982).

Dans le secteur d'Orny, il n'y a aucun amas de scories de réduction caractéristique. On trouve surtout des témoignages du travail post-réduction en connexion avec les habitats romains.

Le cœur de la zone sidérurgique est donc situé le long de la faille minéralisée (alignement Moiry-Les Bellaires). Deux groupes d'ateliers de réduction, moins importants, sont proches de zones habitées (Ferreyres et clairière de Juriens). Quelques ateliers sont excentrés, probablement en relation avec de petites poches de minerai (Tilérie et Saint-Loup).

Les habitats situés à proximité de la zone de métallurgie primaire livrent des traces de travail post-réduction (Ferreyres, clairière de Juriens, Orny). Celles-ci restent rares et dispersées. Elles indiquent qu'une petite partie de la production a pu être traitée sur place. La plus grande part a donc été exportée sous forme brute vers les habitats ruraux, les villages ou les villes des régions voisines.

Les informations chronologiques montrent que l'ensemble de la zone était en activité à l'époque romaine. Pendant le Haut Moyen Age, l'exploitation est plus intense mais reste régie par la même organisation spatiale.

La façade lémanique entre Nyon et Lausanne

Entre la première chaîne du Jura et les bords du lac Léman, la région comprise entre Nyon (VD) et Lausanne (VD) n'a fourni que peu de vestiges. Au pied du Jura, aux alentours des 1000 m d'altitude, affleurent les calcaires du Malm et quelques lambeaux de Crétacé inférieur. Plus bas, la molasse tertiaire est couverte par le placage glaciaire (cartes géologiques: 1241 Marchairuz, Falconnier 1949; 1242 Morges, Vernet 1973; 1243 Lausanne, Weidmann 1988; 1222 Cossonay, Custer 1935).

Les indices miniers

Entre le col de la Faucille et le Mormont, le Sidérolithique n'est pas clairement identifié. Les calcaires urgoniens affleurent cependant en plusieurs points et ces roches sont susceptibles de contenir des remplissages karstiques du Sidérolithique (Arzier, Longirod et Saint-George). A la Roche de la Baume, près de Saint-George, dans des remplissages de fissures, on note la présence de concrétions ferrugineuses (Falconnier 1931, 17).

Les calcaires roux du Valanginien supérieur pointent également de manière discontinue sous la couverture morainique. Le faciès enrichi en fer de la Limonite du Valanginien n'est pas connu dans ce secteur (p. 41). Quelques concrétions ferrugineuses peuvent être présentes (Lagotala 1920, 13-14).

Si aucun minerai potentiel n'est identifié, on ne peut affirmer qu'il n'y en a pas (fig. 132 et 133). Une concession minière du XVI^e siècle, obtenue par un sidérurgiste de Clarens-sur-Vich, laisse entendre que des mines de fer furent exploitées dans l'arrière-pays de Nyon (Pelet 1978, 83-86). D'autres documents du XIX^e siècle attestent l'existence d'un gisement à l'O de Saint-Cergue (Pelet 1970b, 103-104). La description du minerai reste très floue. Il est probable que l'on ait affaire à une poche de Sidérolithique puisqu'il est fait allusion à des grès ferrugineux et à des pisolithes.

Les traces de métallurgie extractive (réduction)

Les toponymes révélateurs, Ferrière ou Faverge, évoquent des activités sidérurgiques (réduction ou post-réduction). On en relève une dizaine dans la région (Pelet 1978, 16). Quelques-uns désignent des usines médiévales, connues par ailleurs. Les autres sont délicats à interpréter.

A ce jour, aucun vestige convaincant lié à la réduction, en particulier aucun amas de scories, n'est connu dans la région. Pour toute la période précédant le XV^e siècle, il n'y a

donc aucun argument matériel en faveur de l'existence d'une industrie extractive.

Le haut fourneau de Genolier (Pelet 1978, 171-184) et l'atelier réduction médiéval de Clarens-sur-Vich (Pelet 1978, 83-86), dans l'arrière-pays de Nyon, sont probablement en relation avec le gisement des environs de Saint-Cergue. Aucune source ne permet cependant de l'affirmer.

Dans ce secteur, une exploitation plus ancienne est également envisageable. Elle devrait être recherchée aux environs immédiats du gîte. Selon des actes du XVII^e siècle, il pourrait y avoir des amas de scories sur la commune d'Arzier, aux lieux dits Pré-du-Four et Petite Ennaz (Pelet 1960a, 101).

A Berolle, lieu dit En Mion et à Longirod, lieu dit Les Faverges, les évidences sont insuffisantes (Pelet 1993, 115 et 122).

L'entreprise de Romainmôtier, mentionnée dans des archives du XVI^e siècle, fut probablement équipée d'un fourneau de réduction primitif travaillant selon la méthode directe (Pelet 1978, 155-6). L'origine et la nature du minerai traité par cet atelier ne peuvent être précisées (Sidérolithique du pied du Jura, Limonite du Valanginien des Clées ou de la vallée de Joux, autre?).

N°	Nom d'usage	X	Y	Référence	remarque
----	-------------	---	---	-----------	----------

INDICES MINIERS

Saint-Cergue					
M1	Couvaloup	496 750	144 500	Pelet 1970b, pp. 103-4	Sidérolithique ?
	La Trélasse	497 500	145 250	Pelet 1970b, pp. 103-4	Sidérolithique ?
	La Combe Grasse	499 500	145 875	Pelet 1970b, pp. 103-4	Sidérolithique ?
Saint-George					
M2	Roche de la Baume	510 000	152 400	Falconnier 1931, p. 17	Sidérolithique ?

VESTIGES DE METALLURGIE

Arzier					
1	Pré du Four	498 250	147 750	Pelet 1960a, p. 101	scories ?
2	Petite Ennaz	502 250	149 000	Pelet 1960a, p. 101	scories ?
Genolier					
3	La Caisserie	506 500	144 000	Pelet 1978, pp. 171-184	haut fourneau, XVI ^e s.
Vich					
4	Clarens	508 700	141 250	Pelet 1978, pp. 83-86	atelier de réduction, XV ^e s.
Nyon					
5	Place du Château			Pelichet 1974, pp. 22-23	scories
	Bel-Air			Morel et Amstad 1990	scories de fer et de bronze
	La Morache			Christe 1983, p. 290	scories de fer et de bronze
Longirod					
6	Faverges	510 500	150 500	Pelet 1993, pp. 119-120	scories ?
Etoy					
7	La Romanèche	522 250	149 250	Pelet 1993, p. 122	mâchefer moderne
Berolle					
8	En Mion	515 900	156 200	Pelet 1993, p. 115	scories ?
Montricher					
9	Chatel / Arrufens	517 100	163 500	Pelet 1993, pp. 16, 62-64	scories
Lausanne					
10	Vidy - Mosaïque				scories et forge
	Vidy, Chavannes 26			Paunier et al. 1987, p. 36	scories et métallurgie Pb

Fig. 132. Liste des indices miniers et des mentions de scories de la région comprise entre Nyon, Lausanne et le Mormont (fig. 133).

Les traces de métallurgie de transformation (post-réduction)

Les autres entreprises métallurgiques dont témoignent les documents historiques, à partir du XV^e siècle, ne semblent être que des ateliers de travail post-réduction, des forges villageoises en général (Pelet 1978, carte).

Plusieurs sites archéologiques ont livré des scories, en

particulier les deux agglomérations romaines principales de la région, Nyon et Vidy. Les vestiges ne témoignent que de travaux post-réduction: forge et éventuellement raffinage du fer (fig. 132 et 133). Un dépouillement systématique de la documentation permettrait certainement d'allonger la liste des trouvailles qui ne se veut pas exhaustive.

Les traces de métallurgie apparaissent toujours dans des contextes d'habitat.

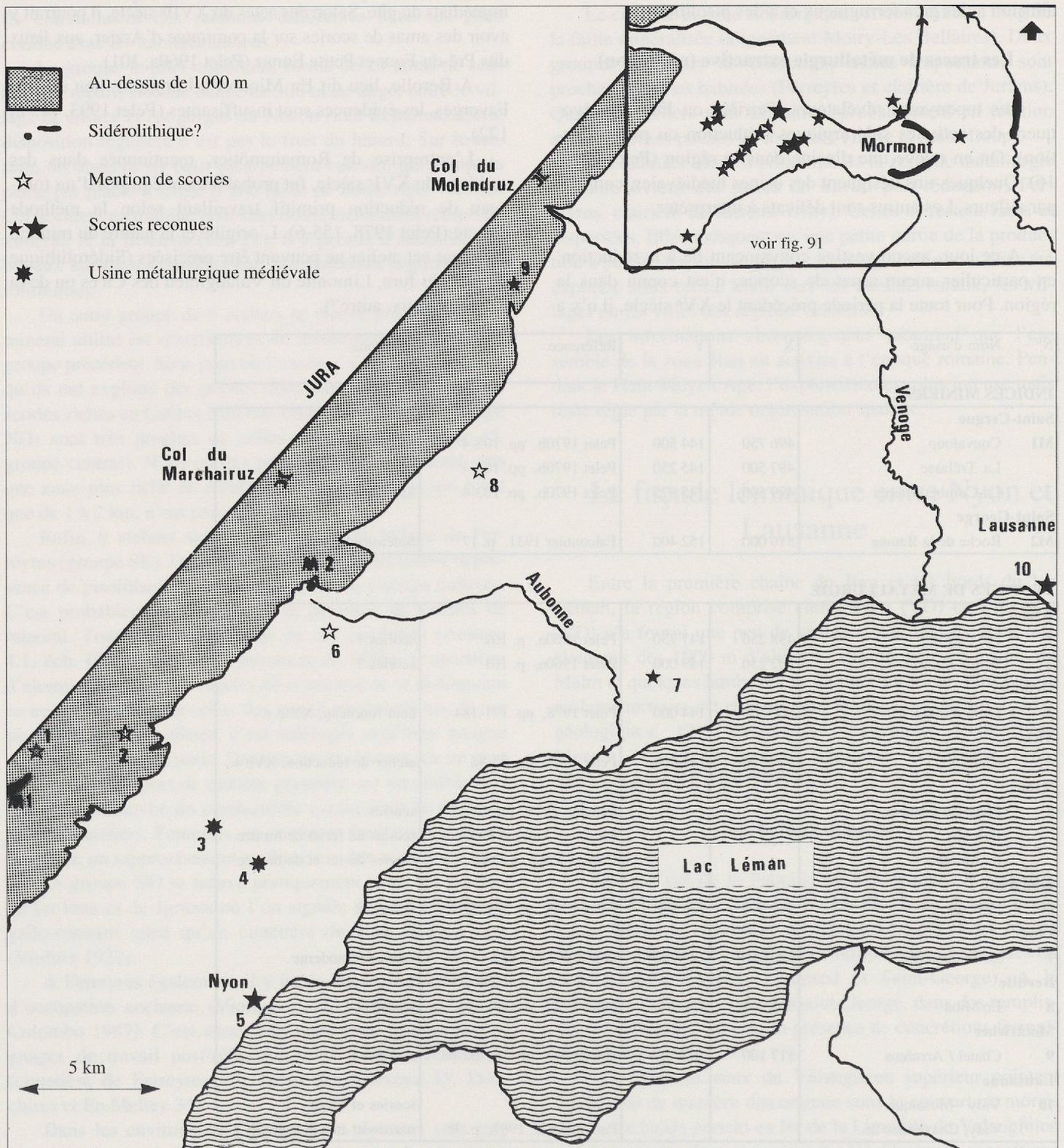


Fig. 133. Carte des indices miniers et des mentions de scories de la région comprise entre Nyon, Lausanne et le Mormont (fig. 133). 1:200000.

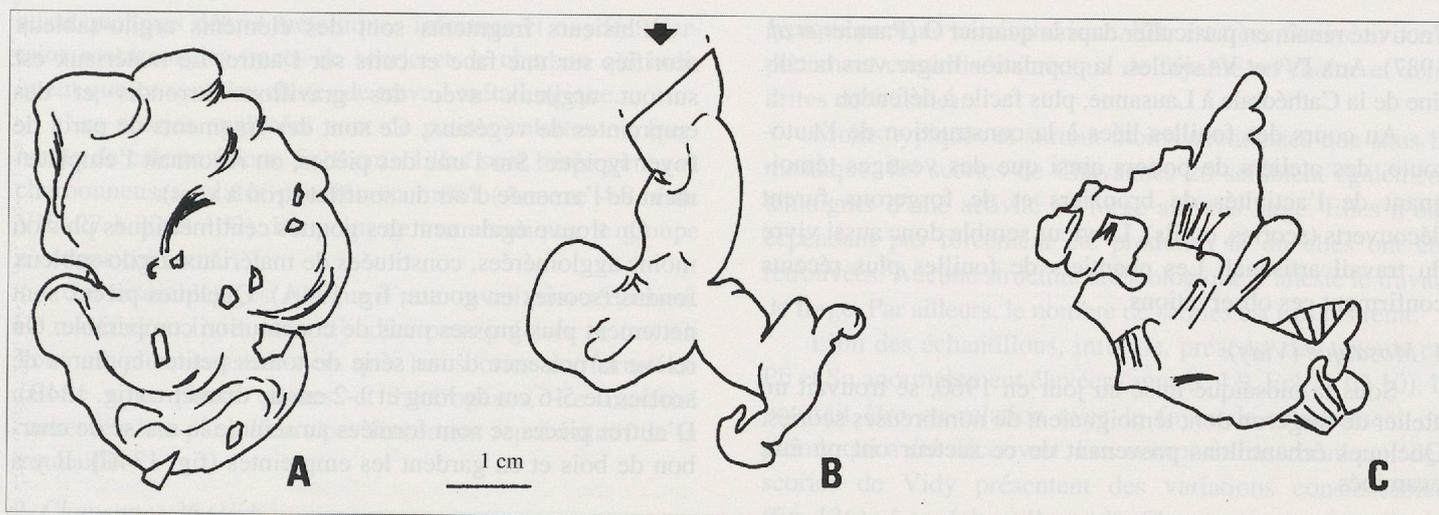


Fig. 134. Matériaux scorifiés divers provenant de la forge située sous la mosaïque de Vidy - Lausanne VD.
 A: Scorie en goutte argilo-sableuse. SAS. B: Petite coulure SGD. C: Petite scorie non coulée. SGD.

Nyon VD

Fig. 132 et 133, N° 5.

Colonia Julia Equestris / Nyon fut fondée en 46/44 av. J.-C. La ville romaine, prend forme autour d'un centre monumental dès le milieu du I^{er} siècle ap. J.-C. Malgré son rôle politique de colonie, elle ne connaîtra pas un développement aussi important que la ville d'Avenches. Les invasions alamanes semblent avoir touché la cité et les traces d'occupation postérieures ne sont que sporadiques. Les pierres des monuments seront récupérées, entre autres pour fortifier le castrum de Genève (SSPA 1989, Bridel 1982).

Des vestiges métallurgiques ont pu être reconnus en plusieurs points. Des scories proviennent du remplissage de l'égoût collecteur principal (place du Château; Pelichet 1974, 22-3). Les fouilles de Bel-Air ont également livré des scories de fer associées à des débris de métallurgie du bronze et des foyers (Morel et Amstad 1990). A l'extérieur de la ville ancienne, au lieu dit La Morache, les fouilles ont mis au jour plusieurs bâtiments interprétés comme faisant partie d'une zone artisanale. Des scories de bronze et de fer y ont été retrouvées (Christe 1983, 290). Ces vestiges n'ont pas été réétudiés dans le cadre de ce travail, mais les mentions tirées de la bibliographie permettent de penser que l'on a affaire uniquement à une métallurgie de transformation.

Etoy VD

Fig. 132 et 133, N° 7.

Deux échantillons de matériaux scorifiés proviennent de la villa romaine de La Romanèche à Etoy (ramassage de surface). Ce sont des matériaux relativement pauvres en fer. L'aspect extérieur et les analyses chimiques permettent de les identifier probablement comme des mâchefers de forge moderne (Annexe 4.9, éch. ETO 1 et 2). L'activité métallurgique ancienne n'est donc pas clairement démontrée dans cette villa.

Châtel sur Montricher VD

Fig. 132 et 133, N° 9.

Au-dessus du village de Montricher, se trouve un promontoire offrant des facilités défensives naturelles (Pelet

1993, 16 et 62-64). L'extrémité du plateau a été occupée à l'âge du Bronze puis à la fin de l'Empire romain (IV^e-V^e siècles ap. J.-C.).

A l'intérieur de l'enceinte, les couches archéologiques sont très détériorées. Des scories étaient éparpillées sur tout le site sans relation avec des structures particulières. Les quantités restent très faibles (estimation maximum 3 m³). Il s'agit bien de scories métallurgiques mais les pièces conservées ne sont guère caractéristiques. Il n'y a pas de calotte entière, peut-être des fragments. Quelques pièces présentent des structures de flux peu nettes. Il n'y a pas de données chimiques suffisantes. Vraisemblablement, il n'y eut, à cet endroit, qu'une simple forge. Divers outils en fer pourraient en témoigner. La réduction n'est pas clairement attestée mais ne peut pas être exclue.

La présence de minerai de fer n'est pas certaine aux alentours. Des calcaires roux du Valanginien sont signalés au bas de la Combe de la Verrière (alt. 980 m; Atlas géologique Suisse, 1222) et plus haut, sous le refuge antique (alt. 1200; Nolthenius 1920, carte). La Limonite n'est pas décrite comme telle, mais son existence n'est pas exclue quoique l'on se trouve à la limite de l'extension géographique de ce faciès (p. 41). Le Sidérolithique n'est pas connu dans le secteur mais des pisolithes auraient été ramassés sur le site (P.-L. Pelet, com. pers.). Des environs de Montricher, proviendraient également deux autres scories, probablement des calottes qui n'ont pas pu être réétudiées (Pelet 1993, 121).

Vidy - Lausanne VD

Fig. 132 et 133, N° 10.

Le vicus de Lousonna s'est installé au bord du lac Léman, dans un secteur probablement inoccupé précédemment mais certainement fréquenté comme l'attestent les nombreuses nécropoles protohistoriques de la région lausannoise (Kaenel 1977 et 1990, 314-324). Fondé à la fin du I^{er} siècle av. J.-C., l'établissement connaît une période de prospérité de plus de deux siècles. C'est un vicus à vocation commerciale et artisanale, lieu de transbordement des marchandises qui transitent par le lac. Après les invasions de 259-260,

l'activité renaît, en particulier dans le quartier O (Paunier *et al.* 1987). Aux IV^e et V^e siècles, la population migre vers la colline de la Cathédrale à Lausanne, plus facile à défendre.

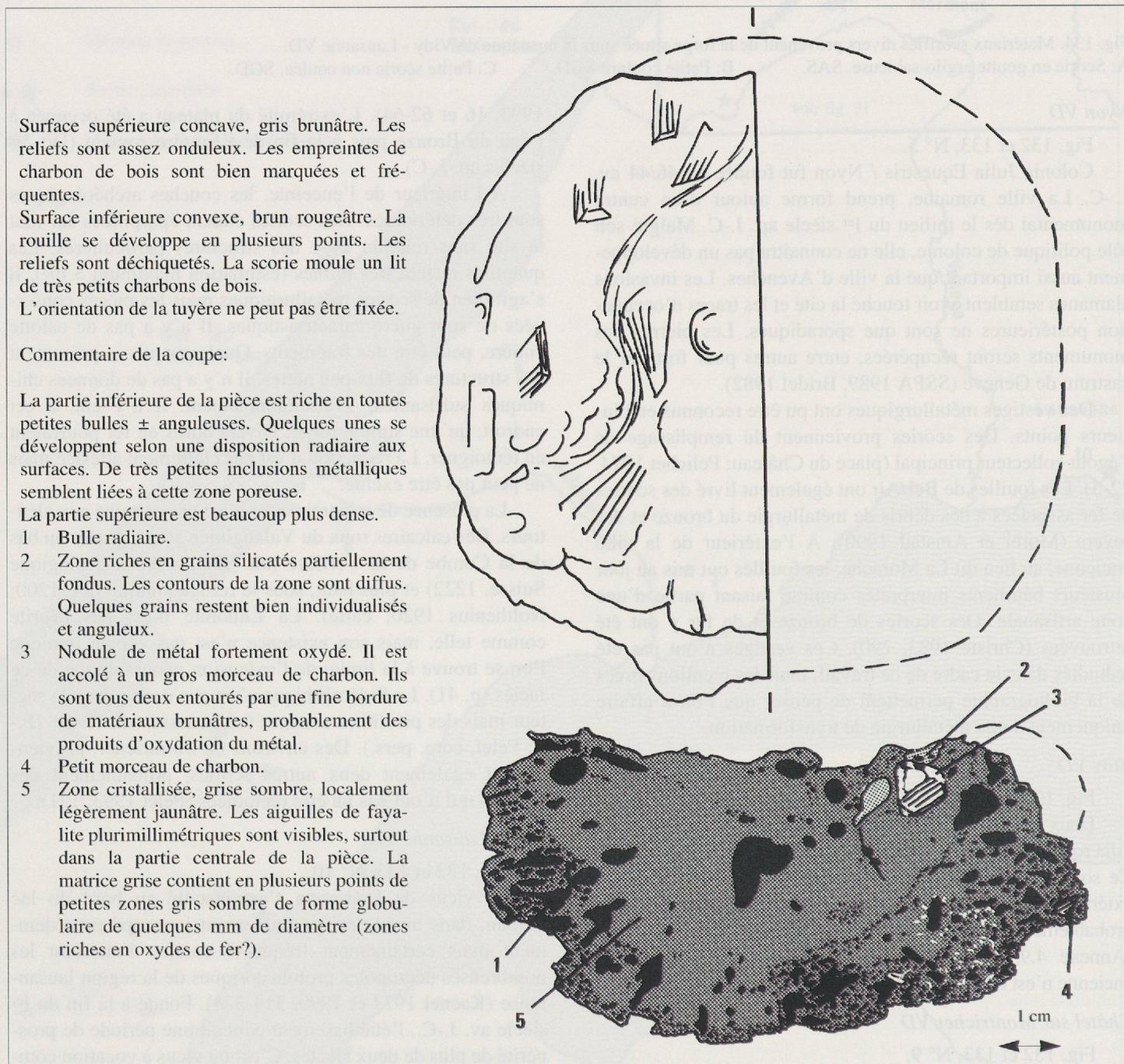
Au cours des fouilles liées à la construction de l'auto-route, des ateliers de potiers ainsi que des vestiges témoignant de l'activités de bronziers et de forgerons furent découverts (scories, outils). Le vicus semble donc aussi vivre du travail artisanal. Les chantiers de fouilles plus récents confirment ces observations.

1 Mosaïque (Vidy):

Sous la mosaïque mise au jour en 1960, se trouvait un atelier de forgeron dont témoignaient de nombreuses scories. Quelques échantillons provenant de ce secteur ont pu être examinés.

Plusieurs fragments sont des éléments argilo-sableux scorifiés sur une face et cuits sur l'autre. Le matériaux est surtout argileux avec des gravillons arrondis et des empreintes de végétaux. Ce sont des fragments de paroi de foyer typique. Sur l'une des pièces, on reconnaît l'emplacement de l'amenée d'air du soufflet (trou à vent).

On trouve également des gouttes centimétriques plus ou moins agglomérées, constituées de matériaux argilo-sableux fondus (scories en goutte; fig. 134A). Quelques pièces sont nettement plus grosses mais de constitution comparable. On relève la présence d'une série de toutes petites coulures de scories de 5-6 cm de long et 1-2 cm de diamètre (fig. 134B). D'autres pièces se sont formées au sein de la masse de charbon de bois et en gardent les empreintes (fig. 134C). Il y a



Surface supérieure concave, gris brunâtre. Les reliefs sont assez onduleux. Les empreintes de charbon de bois sont bien marquées et fréquentes.

Surface inférieure convexe, brun rougeâtre. La rouille se développe en plusieurs points. Les reliefs sont déchiquetés. La scorie moule un lit de très petits charbons de bois.

L'orientation de la tuyère ne peut pas être fixée.

Commentaire de la coupe:

La partie inférieure de la pièce est riche en toutes petites bulles ± anguleuses. Quelques unes se développent selon une disposition radiaire aux surfaces. De très petites inclusions métalliques semblent liées à cette zone poreuse.

La partie supérieure est beaucoup plus dense.

- 1 Bulle radiaire.
- 2 Zone riches en grains silicatés partiellement fondus. Les contours de la zone sont diffus. Quelques grains restent bien individualisés et anguleux.
- 3 Nodule de métal fortement oxydé. Il est accolé à un gros morceau de charbon. Ils sont tous deux entourés par une fine bordure de matériaux brunâtres, probablement des produits d'oxydation du métal.
- 4 Petit morceau de charbon.
- 5 Zone cristallisée, grise sombre, localement légèrement jaunâtre. Les aiguilles de fayalite plurimillimétriques sont visibles, surtout dans la partie centrale de la pièce. La matrice grise contient en plusieurs points de petites zones gris sombre de forme globulaire de quelques mm de diamètre (zones riches en oxydes de fer?).

Fig. 135. Scorie en forme de calotte. Ech. VID 3 (Lousonna-Vidy, route de Chavannes 26).

aussi quelques débris métalliques informes et oxydés. Certains montrent des traces de scorie et de charbon qui indiquent que ce sont des chutes de travail métallurgique.

Les scories analysées sont de petites calottes ou fragments de calotte (diam. 5-10 cm). Elles sont hétérogènes et charbonneuses, plutôt pauvres en métal (Annexe 4.9, éch. VID 27 à 30 et 102). Du point de vue chimique, le groupe n'est pas cohérent.

Cet assemblage est typique d'un travail post-réduction. Le matériel ne livre guère d'indice pour préciser ce travail. Tout au plus, constate-t-on que les scories en forme de calotte sont plutôt petites et hétérogènes. Le matériel conservé n'est par ailleurs pas forcément représentatif de la trouvaille.

2 Chavannes 26 (Vidy)

Au cours de la fouille, en 1983-84, route de Chavannes 26, deux bâtiments d'habitation ont été mis en évidence. Un petit foyer, avec des traces de travail du plomb a été fouillé dans la cour du bâtiment ouest et des scories métallurgiques ont été trouvées (Paunier *et al.* 1987, 39).

Le matériel comporte des fragments de parois, des scories informes et quelques fragments de scories en forme de calotte (Annexe 4.9, éch. VID 1 à 12). L'une d'entre elles est complète (éch. VID 3, fig. 135). Elle présente une forme

typique presque hémisphérique. Elle est très massive et complètement cristallisée (cristaux de fayalite en chaîne et dendrites de wüstite).

Moins typiques et surtout moins abondantes que sous la mosaïque, les scories de Chavannes 26 semblent également témoigner d'une activité de forge au sens large. Elles n'ont cependant pas forcément été produites là où elles ont été retrouvées. Aucune structure archéologique n'atteste le travail de forge. Par ailleurs, le nombre de scories est très restreint.

L'un des échantillons, informe, présente des teneurs en Pb et Sn anormalement élevées (annexe 4.9, Ech. VID 10). Il pourrait être en relation avec le foyer de retraitement du plomb qui a été découvert. Les compositions chimiques des scories de Vidy présentent des variations considérables (fig. 136). Les échantillons de Chavannes et ceux de la mosaïque ne se distinguent pas du point de vue chimique. Leur nombre est trop restreint pour trouver une cohérence. Les analyses sont beaucoup plus proches des autres scories en forme de calotte étudiées (Annexes 6.1 à 7.2) que des scories de réduction (Annexes 3.1 à 5.8). Les éléments de paroi, reconnaissables macroscopiquement sont plutôt riches en SiO_2 et Al_2O_3 et pauvres en FeO_{tot} . Le rapport Si:Al varie de 4,6:1 à 6,4:1. Il est donc toujours plus élevé que dans les scories de réduction.

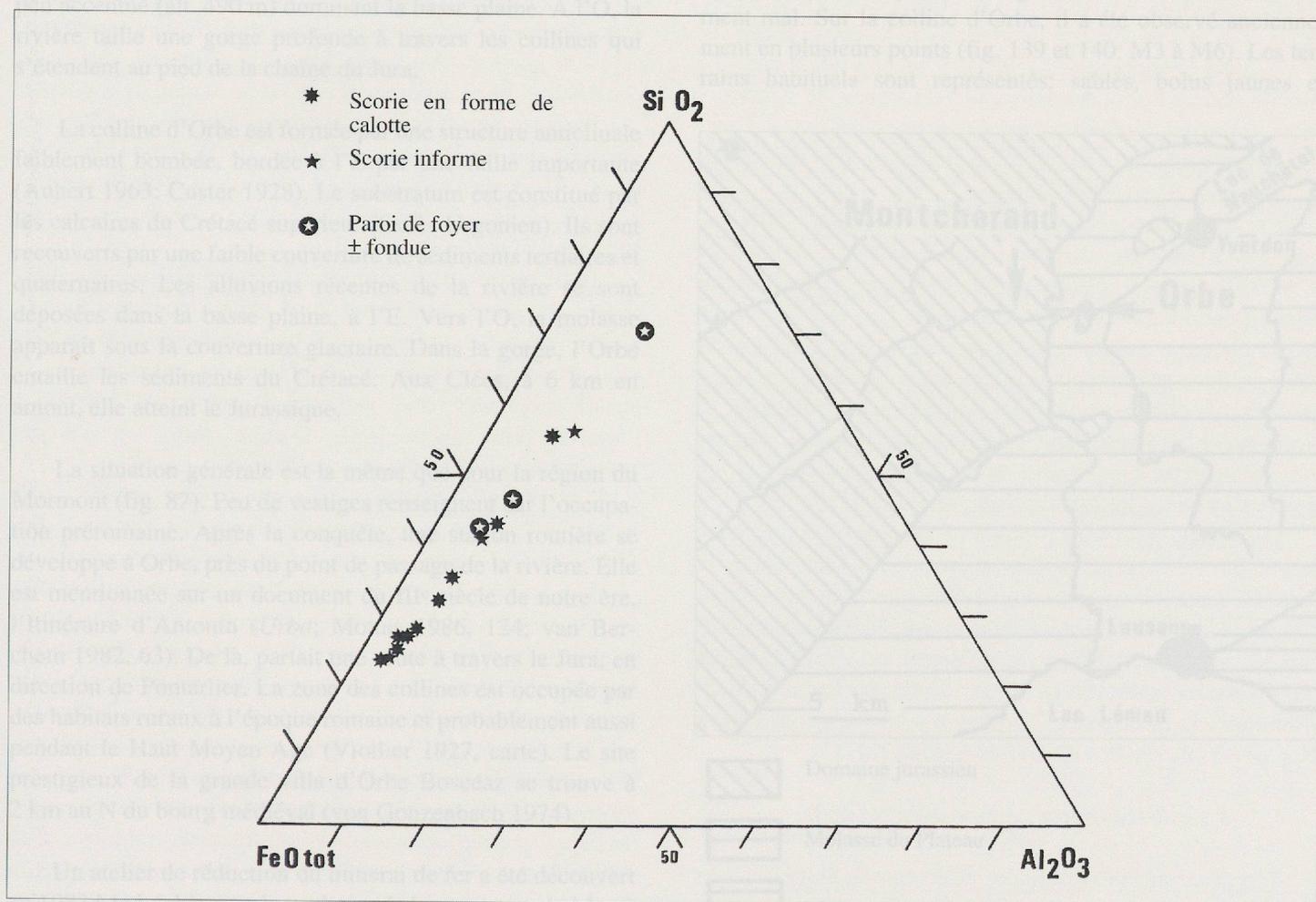


Fig. 136. Compositions chimiques des matériaux scorifiés de Vidy VD.

Les teneurs en CaO des scories sont parfois très élevées (influence du charbon de bois?). Les éléments traces varient beaucoup. Le V et le Cr, caractéristiques du Sidérolithique et abondants dans les scories de réduction du Mormont, sont très bas. Le Co et le Ni, qui passent dans le métal lors de la réduction sont eux élevés. L'échantillon VID 5, avec de fortes teneurs en Ni et Cr, semble sortir du lot. Il est aussi relativement riche en Cu mais pas assez pour être interprété comme une scorie résultant de cette autre métallurgie. Des anomalies de ce type sont aussi relevées dans les analyses d'Yverdon et d'Avenches (Annexes 6.1 et 6.2).

Par elles-mêmes, les données chimiques ne permettent pas de formuler des hypothèses plus précises (type de travail, origine de la matière première).

3 Autres trouvailles faites à Vidy

Une fosse contenant des résidus métallurgiques a été identifiée au S du forum (fosse 2, secteur 3; Kaenel *et al.* 1980, 94). Le matériel étudié n'est guère significatif. Il comporte des résidus de travail du bronze et du fer, probablement post-réduction.

D'autres trouvailles de scories dispersées sont mentionnées dans la partie O du vicus (Kaenel *et al.* 1980, 142).

Enfin, les travaux récents sur la propriété Sagrave, tou-

jours dans la zone O du vicus, ont également permis de découvrir des éléments scorifiés (May-Castella et Berti 1992, com. pers.). L'étude de ce matériel devrait se poursuivre.

Les ateliers de réduction du Mormont et les forges de Vidy

Dans l'arrière-pays de Nyon, une industrie extractive médiévale est très probable. Elle a éventuellement pu être précédée par une exploitation antique. Ailleurs, la réduction du minerai n'est pas attestée. Les ressources naturelles ne semblent d'ailleurs pas présentes.

Le travail du métal est connu dans les établissements urbains romains. A Vidy, en particulier, l'activité des forges semble plus développée qu'ailleurs. Ce vicus commercial et artisanal a pu jouer un rôle dans la distribution des objets finis en fer. Il est tentant d'associer cette activité de transformation avec le district de production primaire des environs du Mormont. Il n'y a malheureusement pour cela aucun argument matériel, en particulier chimique. A l'époque romaine, Vidy est en relation avec les régions voisines. Les biens et les matériaux, même pesants, circulent facilement. Le métal en usage n'est pas forcément produit dans la région la plus proche.

