

<b>Zeitschrift:</b>	Cahiers d'archéologie romande
<b>Herausgeber:</b>	Bibliothèque Historique Vaudoise
<b>Band:</b>	88 (2001)
<b>Artikel:</b>	Recherches archéologiques sur le district sidérurgique du Jura central suisse
<b>Autor:</b>	Eschenlohr, Ludwig
<b>Kapitel:</b>	2: Les matières premières
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-836114">https://doi.org/10.5169/seals-836114</a>

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 23.02.2026

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

## 2 LES MATIÈRES PREMIÈRES

L'importance d'un district sidérurgique à travers les siècles dépend d'une part de la quantité et de la qualité des matières premières disponibles et d'autre part de la volonté et de la capacité économique des propriétaires régaliens ou, aux époques modernes, des propriétaires fonciers de faire fructifier ces ressources. La situation actuelle de la sidérurgie dans l'Arc jurassien illustre bien cet état de fait: il existe toujours un minerai de qualité acceptable, mais il est présent en quantité insuffisante – du moins en termes d'économie moderne: c'est la raison pour laquelle, depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale, le minerai sidérolithique n'a plus été exploité dans l'Arc jurassien<sup>1</sup>.

Aux époques historiques, le district jurassien dispose d'une quantité suffisante de matières premières, tant le minerai que le bois ou son dérivé, le charbon de bois. Ce n'est qu'après l'avènement du haut fourneau, à partir du 16<sup>e</sup> siècle, que l'épuisement des matières premières devient un sujet de discussion. L'approvisionnement en charbon restera un problème constant pour l'industrie moderne, tandis que l'épuisement des réserves de minerai ne deviendra d'actualité qu'au cours du 19<sup>e</sup> siècle (Quiquerez 1865). Notons encore que l'absence de traces relatives à la réduction du minerai de fer à l'époque romaine dans le district jurassien s'inscrit probablement dans la même logique économique: durant cette période, la production de fer à travers l'Europe s'est essentiellement déroulée dans quelques grands centres (Serneels et Mangin 1996) – ce qui n'a probablement pas empêché une production locale de très faible ampleur<sup>2</sup>.

### 2.1 Le minerai

A la différence d'autres régions productrices en Europe (p. ex. la Lorraine, Leroy 1997), la question de la sorte de minerai utilisé ne semble pas s'être posée dans le district sidérurgique du *Jura central suisse*. Cette constatation avait déjà été faite par A. Quiquerez (1866a, p. 5): «*Le Jura bernois renferme bien encore d'autres mines de fer, comme celle qu'on rencontre dans l'oolithe inférieure, mais nous ne nous occuperons pas de ces sortes de minerai, parce que tous les emplacements d'anciennes forges, sans aucune exception, n'offrent que du minerai en grain, sans nul vestige de mine en roche*».

Toutes les sources écrites, ainsi que les vestiges de terrain connus montrent que, de tout temps, le minerai pisolithique est le seul à avoir été exploité dans le district<sup>3</sup>. Le cas précité de la Lorraine prouve toutefois que de telles évidences peuvent être trompeuses, voire fausses (Leroy 1997, p. 16).

Lors de la prospection, les affleurements de l'oolithe ferrugineuse localisés dans les plissements du Jura ainsi que les autres types de minerais potentiels d'Ajoie ont fait l'objet d'une attention particulière (Rosenthal, Eschenlohr et al. 1994). Les observations de terrain ont été confrontées aux résultats des analyses chimiques de minerai et de scories, afin de déceler notamment d'éventuelles exploitations de l'oolithe ferrugineuse avant l'avènement du haut fourneau.

Il a en outre été possible de mettre en évidence plusieurs ferriers à proximité immédiate d'un affleurement de minerai oolithique: ceux-ci toutefois n'ont assurément fonctionné qu'avec du minerai pisolithique (*Rebévelier, Les Effondras 1*, n° 63; *Develier, Fer à Cheval*, n° 450). Il est donc quasi certain qu'aucun site connu jusqu'à ce jour n'a été alimenté exclusivement avec du minerai oolithique. Les analyses suggèrent dans un seul cas l'emploi conjoint de minerai pisolithique et oolithique (*Montsevelier, Le Greierlet*, n° 501).

Etant donné qu'un seul et unique type de minerai a été utilisé lors de l'opération de réduction selon la méthode directe dans un bas fourneau, la présentation des différentes sortes de minerai rencontrées sur le terrain se limite à un bref aperçu. En outre, le mauvais état de conservation des vestiges miniers ne permet plus de faire avancer l'état des connaissances dans ce domaine<sup>4</sup>. Les analyses chimiques de *minerai archéologique* ont par conséquent été effectuées afin d'être en mesure de comparer ce dernier avec les scories provenant des mêmes sites (chap. 5.3)<sup>5</sup>.

L'Ajoie semble faire exception en ce qui concerne l'exploitation d'un seul type de minerai. Toutefois, en l'absence de toute trace de réduction dans cette région du Jura, il est hasardeux d'affirmer que le minerai ajoulot a été exploité durant les périodes médiévales ou antérieurement.

La présence sporadique d'un «Sidérolithique atypique» n'a pas facilité notre approche (par exemple vers l'hôpital de Porrentruy): ce minerai présente plusieurs caractéristiques macroscopiques qui le rapprochent du Sidérolithique typique de la vallée de Delémont, mais se distingue clairement sur le plan analytique. Il en va de même pour le «Pseudosidérolithique» fréquemment rencontré en Ajoie.

#### 2.1.1 Contexte géologique

Dans le cadre de cette étude archéologique, les considérations d'ordre géologique exposées ici découlent soit de compilations bibliographiques, soit de données de terrain vérifiées en collaboration avec un géologue. Les données analytiques ont per-

<sup>1</sup> L'exploitation du minerai oolithique à Herznach constitue l'exception (Fehlmann et Rickenbach 1962).

<sup>2</sup> Comme le fait très justement remarquer P.-L. Pelet : «*Il y a partout une production villageoise, montagnarde ou forestière, cela correspond à nos "petites et moyennes entreprises" qui comptent plus dans la vie de tous les jours, que l'industrie lourde, impériale ou capitaliste.*» (communication écrite).

<sup>3</sup> On fait ici abstraction de l'exploitation de l'oolithe ferrugineuse en tant que complément de charge plus riche en CaO, dont l'emploi dans les hauts fourneaux au 19<sup>e</sup> siècle est attesté par A. Quiquerez

<sup>4</sup> Pourtant, une étude détaillée de quelques minières potentiellement «archéologiques», situées à proximité d'un ferrier, relèverait d'un grand intérêt, comme l'a démontré l'étude d'une minière localisée non loin du site de Boécourt, Les Boulies.

<sup>5</sup> Nous entendons par *minerai archéologique* du minerai qui provient d'un ferrier et dont l'utilisation dans une opération de réduction est assurée.

mis de caractériser sommairement les différents types de minéraux archéologiques ou potentiels rencontrés dans le terrain (chap. 2.1.2). Ces dernières susciteront peut-être ultérieurement une étude plus détaillée sur les différents faciès régionaux du Sidérolithique jurassien, ainsi que sur d'autres minéraux encore peu connus.

### 2.1.1.1 Sidérolithique

Un récent état de la question a été présenté par V. Serneels (1993, p. 36-40)<sup>6</sup>.

*«Le mineraï sidérolithique est une formation de l'Eocène. Elle correspond au remaniement, sur place ou dans un karst, d'une croûte latéritique (altération d'une surface continentale en climat tropical). Elle comporte des terrains de nature variable dont des minéraux de fer composés de pisolithes (concrétion subsphérique, diamètre de 2mm à 10cm, à structure concentrique) ferrugineuses mêlées à des argiles riches en fer (bolus). Les teneurs en fer varient en fonction de l'abondance des pisolithes (pisolithes lavées: 40% de Fe). Ces terrains sont bien développés tout au long de la chaîne du Jura et il [en] existe quelques affleurements métamorphiques dans les Alpes.»* (GSAF 1997, p. 72).

Le Sidérolithique a fait l'objet d'une étude fondamentale par E. Fleury en 1909, suivie d'une synthèse par E. Baumberger en 1923. Depuis lors, seuls des aspects particuliers ou régionaux concernant ce mineraï ont été traités. La dernière étude en date est celle de M. Hamel dans la région de Vicques-Courcelon (travail de diplôme à l'Université de Lausanne en 1998). Cet auteur conclut son étude de la manière suivante (p. 107): «Pour faire le tour des problèmes concernant la sédimentation du Sidérolithique ainsi que de sa création par l'érosion des sédiments du Crétacé, il faudrait aborder le Sidérolithique à l'échelle du Jura entier. Avec le seul exemple de la vallée de Delémont, qui est un piège exceptionnel, on peut se faire une fausse idée sur l'importance des constituants du Sidérolithique (comparaison de l'épaisseur du bolus rouge avec le bolus jaune) et de son importance ailleurs que dans la vallée de Delémont.» Cette observation se vérifie déjà pleinement au sein du district jurassien, si l'on compare le mineraï provenant de la vallée de Delémont et celui issu des autres régions, notamment le Grand-Val.

Notre examen du Sidérolithique s'est concentré sur les alentours des ferriers, avec l'objectif de rechercher un lien spatial éventuel entre le lieu d'extraction et le lieu de transformation du mineraï (chap. 7.4). Quelques traces de travaux miniers ont également été localisées dans les zones minières les plus importantes. Une attribution chronologique de ces vestiges est généralement impossible, à l'exception des travaux modernes des deux derniers siècles ayant fait l'objet d'une cartographie précise.

### 2.1.1.2 Oolithe ferrugineuse du Dogger

*«Oolites ferrugineuses du Dogger: formations du Jurassique moyen (Callovien, Aalénien, Toarcien), correspondant à des sédiments marins de faible profondeur composés essentiellement d'oolithes (concrétion sphérique, diamètre de 0.5 à 2mm, à structure concentrique centrée sur un débris) dans une matrice argileuse ou calcaire. Les teneurs varient de 20 à 30% de Fe et le phosphore est souvent présent (env. 0.5% de P). Ces couches sont bien développées dans la partie orientale du Jura suisse (Fricktal, AG). Dans les Alpes, elles forment des gîtes d'importance moyenne.»* (GSAF 1997, p.72).

Quiquerez mentionne que le mineraï oolithique a été utilisé comme adjuvant dans le haut fourneau de Charmoille à partir de 1516 (1866a, p. 86).

A la différence du Sidérolithique, la position stratigraphique de l'oolithe ferrugineuse dans le contexte géomorphologique du Jura est toujours évidente – du moins d'un point de vue théorique. Il n'a pas été difficile de localiser quelques affleurements connus dans la littérature ou déduits à partir de la configuration géologique.

Au stade actuel des connaissances, l'utilisation de ce type de mineraï étant exclue pour la quasi-totalité des sites du district étudié, la collecte de nouvelles données dans quelques secteurs précis mèrimerait d'être entreprise pour vérifier cette affirmation.

### 2.1.1.3 Les minéraux potentiels de l'Ajoie

Les prospections liées ou non aux travaux autoroutiers ont permis de mettre en évidence, en plusieurs endroits d'Ajoie, des concrétions naturelles dont les teneurs en oxydes de fer sont suffisantes pour qualifier cette matière première de mineraï potentiel (chap. 2.1.2).

Tout donne à penser qu'il s'agirait de concrétions plio-quaternaires: l'aspect macroscopique, les analyses chimiques, ainsi que les conditions de trouvaille dans le terrain<sup>7</sup>.

Ce type de mineraï se distingue bien à l'œil nu des pisolithes «classiques» provenant du Sidérolithique. Les concrétions se présentent plutôt sous forme de tablettes. En l'absence d'investigations plus poussées, il n'est pas certain que l'on puisse les associer au type de mineraï décrit par F. Hofmann dans le Jura schaffhousois (1991, p.66-7)<sup>8</sup>.

P. Rosenthal a collaboré à la recherche d'affleurements de mineraï autre que le Sidérolithique<sup>9</sup>. Il a rapproché les concré-

<sup>6</sup> N'étant pas géologue de formation, nous nous sommes limité dans ce chapitre à reporter les observations de terrain faites dans le contexte des vestiges étudiés et nous inspire des points de vue échangés sur cette question avec différents géologues : Patrick Rosenthal et Vincent Serneels, ainsi que les géologues engagés à la Section d'archéologie du canton de Jura : Denis Aubry, Luc Braillard et Michel Guélat.

<sup>7</sup> On peut toutefois se demander si au Plio-Pleistocene, les conditions climatiques ont pu se montrer propices, à un moment donné, à la formation de telles concrétions riches en oxydes de fer. L'aviso des géologues consultés n'est pas unanime à ce sujet.

<sup>8</sup> F. Hoffmann parle de «Pseudobohnerz» (1991, p. 61).

<sup>9</sup> P. Rosenthal est géologue minier et chercheur à l'Université de Franche-Comté à Besançon. Nos études communes ont donné lieu à une communication à l'occasion du colloque transfrontalier d'Arc-et-Senans en 1993 (Rosenthal et al. 1994).

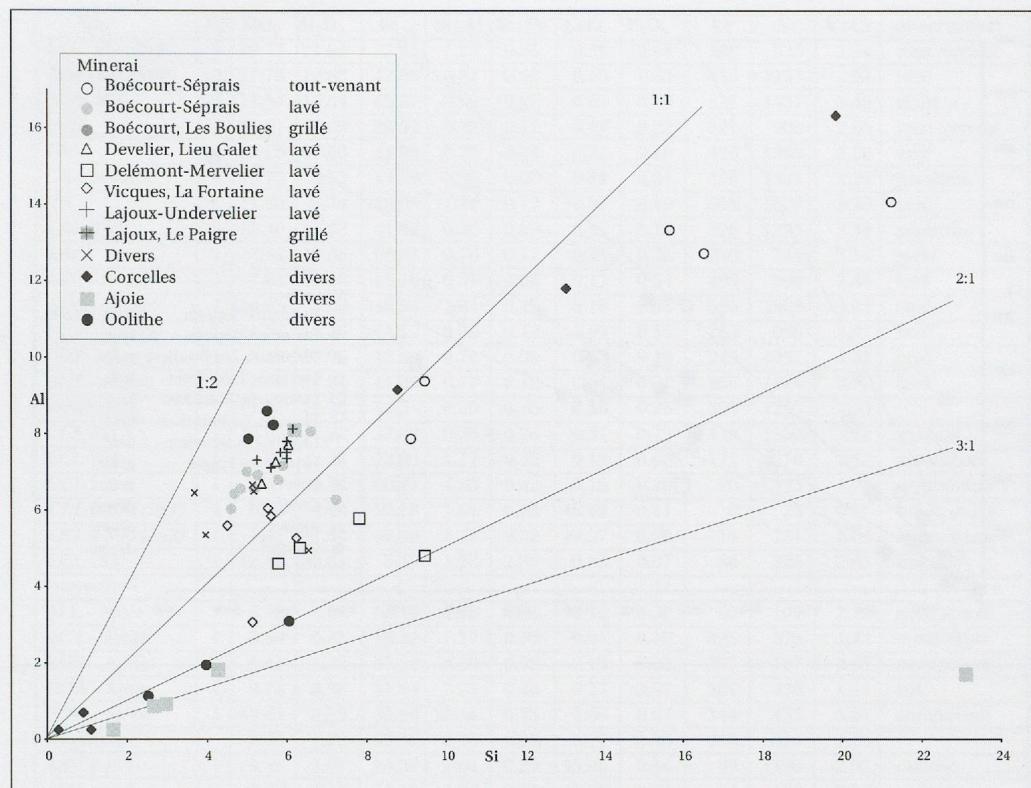


Fig. 8.  
Compositions chimiques des différents types de minerai jurassien

tions riches en oxydes de fer, trouvées à plusieurs reprises en Ajoie, des formations de minerai pisolithique plio-pléistocène, telles qu'il les a décrites en Franche-Comté (Rosenthal 1990, p. 38).

### 2.1.2 Analyses chimiques

Une grande partie du minerai sidérolithique lavé et/ ou grillé est caractérisé par un rapport Si: Al situé entre 1:1 et 1:2 (fig. 8). Pour le minerai de Corcelles (Grand-Val), ce rapport se situe entre 1:1 et 2:1. Il en va de même pour les échantillons qui proviennent de Delémont, de Mervelier et partiellement de Vicques, ainsi que pour le minerai tout-venant de la région de Séprais. Le minerai oolithique analysé montre un rapport de 2:1. Les échantillons ajoutots, enfin, contiennent tous pour 4 parts de Si environ 1 part de Al, avec un rapport exceptionnel de 13:1 dans un échantillon de Porrentruy, Rouges Terres.

Le rapport Al:Si permet donc de distinguer certaines zones minières, telles que le Grand-Val, la partie orientale de la vallée de Delémont (Delémont y compris) et l'Ajoie. Beaucoup d'échantillons de minerai sidérolithique ne se différencient toutefois pas sous cet aspect-là.

Les éléments traces de vanadium et de chrome caractérisent également le minerai sidérolithique. Les valeurs de vanadium de la majorité des échantillons se situent entre 900 et 1600 ppm (moyenne: 1250), la limite supérieure étant plus diffuse. Seules deux valeurs extrêmes sont à relever: les maxima de plus de 2600 ppm qui proviennent de Vicques (étude Hamel); les deux minima, de Vicques (205 ppm) et de Séprais (290 ppm). Le constat est analogue pour le chrome, avec des valeurs oscillant entre 200 et

550 ppm (moyenne: 400). Les mêmes échantillons que ceux du vanadium ont des valeurs extrêmes, auxquels s'ajoute un échantillon de Séprais dont la valeur est élevée. Le rapport V:Cr se tient presque toujours entre 2:1 et 4:1, avec un maximum de 6:1 pour un échantillon archéologique de Lajoux. Le minerai tout-venant de Séprais connaît un rapport entre 1,5:1 et 2:1.

- Les autres minerais ne se distinguent pas toujours dans leur rapport Cr:V, mais plutôt par des teneurs nettement plus faibles: pour le vanadium, seule une valeur de Corcelles dépasse la barre de 600 ppm; il en va de même pour le chrome (400 ppm). A l'exception de 3 échantillons ajoutots, les minerais de Corcelles, l'oolithe et 2 autres échantillons d'Ajoie se situent en dessous de 200 ppm de chrome. (voir également fig. 10).

Le taux moyen de  $\text{FeO}_{\text{tot}}$  du minerai lavé ou grillé de la vallée de Delémont est de 45% environ; il varie fortement dans le Grand-Val (entre 10 et 60%, sans tenir compte d'un bolus pauvre hors contexte archéologique); les teneurs les plus élevées se rencontrent étonnamment en Ajoie, avec une moyenne supérieure à 50%, à l'exception de l'échantillon de Porrentruy.

Les valeurs en CaO sont en général assez faibles, à l'exception attendue du minerai oolithique et des bolus trouvés en grande quantité sur le site de Corcelles, *La Creuse* (n° 300).

#### 2.1.2.1 Sidérolithique

Les résultats des analyses du Sidérolithique sont détaillés dans le contexte archéologique des sites présentés par région, et comparés avec les scories provenant du même contexte (chap. 5.3).

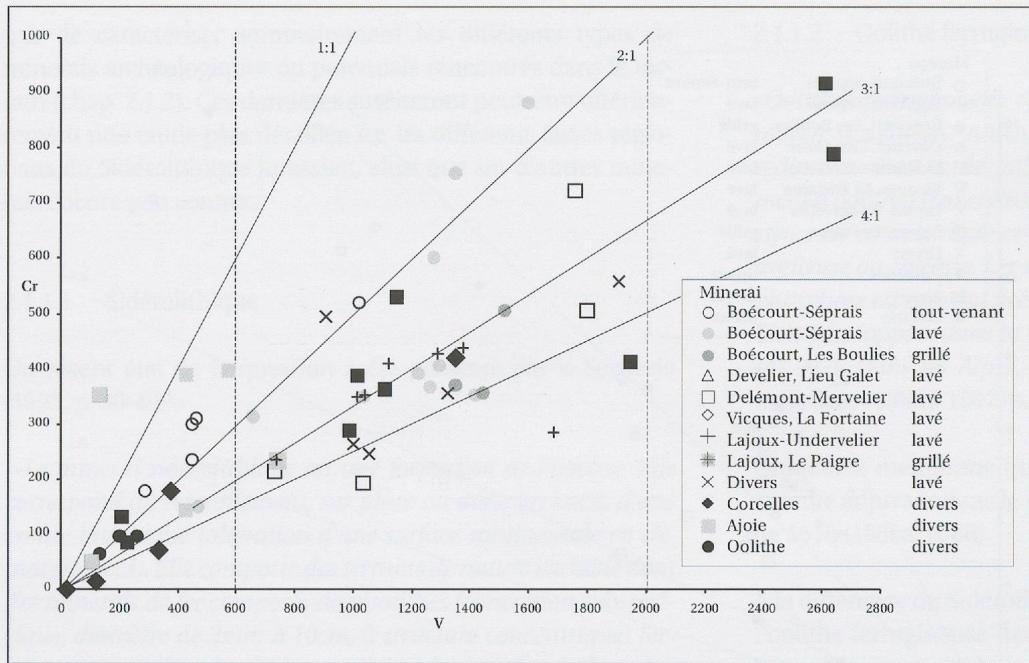


Fig. 9.

Rapport V : Cr des échantillons de minerai du Jura. Les pointillés délimitent la plage des valeurs habituelles du sidérolithique jurassien lavé ou grillé provenant du bassin minier de Delémont et de ses abords.

### 2.1.2.2 Oolithe ferrugineuse du Dogger

Plusieurs affleurements de l'Oolithe ferrugineuse se trouvent à proximité d'un ferrier. A l'exception d'un cas, l'utilisation de ce type de minerai dans les bas fourneaux n'a pu être mise en évidence. Dans tous les cas, au contraire, du minerai sidérolithique mêlé aux scories a été récolté dans les amas de rejet. Le fait que l'Oolithe n'a pas été choisie comme matière première peut s'expliquer par sa très faible teneur en FeO, habituelle dans ce type de minerai. Il n'en demeure pas moins que, dans d'autres régions, l'Oolithe a été malgré tout utilisée. La question reste donc encore ouverte et elle nécessiterait d'être approfondie par une étude analytique et comparative de ce minerai dans d'autres régions productives.

Le corpus analysé est constitué de matières premières provenant d'un contexte archéologique bien défini (on parle alors de minerai archéologique), d'échantillons prélevés à proximité de sites étudiés et, enfin, d'échantillons sans rapport aucun avec un contexte archéologique.

### 2.1.2.3 Autres minerais potentiels

C'est uniquement en Ajoie que des échantillons de minerais autres que le Sidérolithique et l'Oolithe ferrugineuse ont été prélevés. Ceux-ci n'ont pas été mis en relation pour l'instant avec des sites de production du fer. Rappelons en effet, qu'à ce jour, aucune installation de ce type n'a encore été trouvée dans cette partie du Jura.

Ce constat n'est pas sans équivoque: le minerai que l'on rencontre en Ajoie comporte les teneurs les plus élevées en oxydes de fer de toute la zone étudiée. En l'absence d'autres informations, aucune hypothèse n'est encore clairement formulée.

Il se pourrait que la non-exploitation du minerai ajoulot réside dans le fait que cette région manque de gisements de grande envergure. Les quelques mentions dont on dispose pour l'époque historique rapportent que des entreprises françaises ont procédé à des essais d'exploitation en Ajoie, lesquels se sont déroulés sans grand succès: cette information pourrait corroborer notre hypothèse (DHBS V, 1930, p. 520).

### 2.1.3 Vestiges archéologiques

*«A ces premières et constantes difficultés dans la recherche des dépôts de mine [frais d'extraction, de lavage et de transport], il faut ajouter la puissance plus ou moins grande des dépôts postérieurs, soit du tertiaire et du diluvium, puis les avalanches de brèches qui ont glissé sur le flanc des montagnes, et ont encore augmenté en beaucoup de lieux la masse des terrains de recouvrement.»* (Quiquerez 1866a, p. 3).

Comme l'avait justement remarqué A. Quiquerez, le repérage des vestiges miniers n'est pas aisément: les traces d'anciens travaux ont souvent disparu ou ont été masquées par des traces d'activités plus récentes, lesquelles ont également été remaniées (enlèvement des haldes d'argile stérile, nivellement des dépressions de puits, etc.). Le mauvais état de conservation inhérent aux vestiges creusés dans un substrat meuble contribue en outre à leur disparition. A ce problème spécifique s'ajoute la difficulté d'attribution chronologique propre à ce type de vestiges.

#### 2.1.3.1 Vallée de Delémont

Cette entité géographique contient certainement la plus grande concentration de vestiges miniers existants en Suisse sur une aussi petite surface (218 km<sup>2</sup>). Ce bassin minier ne renferme pas la matière première de façon homogène. Le minerai affleure en

Site	Nb	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>tot</sub>	Si : Al	Si : Fe	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr	V	V : Cr	observation
BOE-BO ; SEP	5	30.77	21.67	23.43	1.23	0.86	0.36	0.18	308	535	1.74	tout-venant
<i>BOE-BO ; SEP</i>	10	11.78	12.83	42.66	0.81	0.13	0.15	0.33	456	1157	2.53	lavé
<i>BOE-BO</i>	3	11.54	15.54	45.37	0.66	0.12	0.04	0.30	411	1437	3.49	grillé
DEV	1	15.61	15.05	38.52	0.92	0.19	0.49	0.22	341	903	2.65	tout-venant
DEV	3	12.25	13.63	41.98	0.79	0.14	0.21	0.20	426	1089	2.56	lavé
DEL et MER	4	15.72	9.53	43.28	0.00	0.00	0.18	0.21	408	1331	3.26	pisolithe
VIC	5	11.58	9.74	46.05	1.11	0.12	0.08	0.16	508	1678	3.30	lavé
<i>LAJ-UND</i>	6	12.40	14.02	41.62	0.00	0.00	0.15	0.19	376	1255	3.34	pisolithe
<i>LAJ</i>	1	13.23	15.36	56.67	0.76	0.11	0.11	0.26	236	741	3.14	grillé
ASU - divers	1	7.91	12.18	48.19	0.57	0.08	0.17	0.54	495	909	1.84	lavé
<i>MNB - divers</i>	1	14.05	9.29	45.30	1.34	0.15	0.18	0.33	559	1909	3.42	lavé
MTB - divers	1	11.06	12.26	44.12	0.80	0.12	0.09	0.15	262	999	3.81	lavé
<i>SBZ - divers</i>	1	8.46	10.06	46.40	0.74	0.09	0.12	0.45	245	1057	4.31	lavé
<i>SCT - divers</i>	1	11.00	12.54	44.09	0.77	0.12	0.04	0.21	356	1324	3.72	lavé
<i>moyenne<sup>1</sup></i>		11.80	12.30	45.5	0.70	0.10	0.13	0.28	395	1240	3.23	
CCL 151	1	18.85	17.27	33.89	0.96	0.26	0.37	0.15	419	1350	3.22	agrégat
CCL 152	1	27.87	22.27	23.85	1.11	0.55	0.15	0.08	177	376	2.12	pisolithes
CCL 161	1	2.33	0.44	60.21	4.68	0.02	0.16	0.20	70	333	4.76	agglomérat
<i>CCL # 300 (251)</i>	1	0.56	0.49	10.18	1.01	0.03	45.99	0.11	0	23	0	bolus jaune
<i>CCL # 300 (252)</i>	1	1.91	1.34	45.40	1.26	0.02	13.27	0.20	14	121	8.64	bolus rouge
CCL 153	1	42.42	30.81	8.45	1.22	2.35	0.33	0.07	86	226	2.63	bolus
<i>moyenne<sup>2</sup></i>		—	—	—	—	—	—	1.11	—	—	—	
ALL – Ajoie	1	5.72	1.65	56.19	3.06	0.05	0.16	0.30	50	109	2.18	concrétion
BCT – Ajoie	1	3.49	0.43	59.32	7.17	0.03	0.04	0.10	395	579	1.47	concrétion
BUR – Ajoie	1	6.41	1.79	55.90	3.16	0.05	0.19	0.22	351	137	0.39	concrétion
COR – Ajoie	1	9.14	3.53	51.94	2.29	0.08	0.27	0.57	387	430	1.11	sol
POR – Ajoie	1	49.43	3.25	30.90	13.44	0.75	0.06	0.07	144	433	3.01	concrétion
<i>moyenne<sup>3</sup></i>		6.20	1.90	55.80	3.90	0.05	0.17	0.30	296	314	1.29	
ASU # 101	1	8.46	3.67	13.53	2.04	0.29	35.68	0.16	96	199	2.07	oolithe
ASU # 102	1	5.37	2.13	11.16	2.23	0.22	40.55	0.24	64	132	2.06	oolithe
RBV # 101	1	12.91	5.84	16.72	1.95	0.36	25.10	0.62	96	265	2.76	oolithe
<i>moyenne</i>		8.90	3.90	13.80	2.07	0.29	33.80	0.34	85	199	2.30	
Total éch.	57											

Fig. 10.  
Synthèse des données analytiques des différents types de mineraux. Les minéraux archéologiques sont indiqués en gras et en italique. <sup>1</sup> : les moyennes sont calculées sans les minéraux tout-venants; <sup>2</sup> : Compte tenu des fortes variations, le calcul des moyennes n'est pas significatif; la moyenne du rapport Si:Al exclut la valeur élevée de CCL 161. <sup>3</sup> : les moyennes pour l'Ajoie excluent l'échantillon de Porrentruy.

effet aussi à de nombreux endroits sur tout son pourtour, dans les zones de rupture – dues au plissement du massif jurassien – entre le fond de la Vallée et le pied des montagnes. Une importante

couche, aujourd'hui totalement épuisée, était également localisée à forte profondeur au fond de la Vallée, mais uniquement dans le secteur le plus large, entre Delémont et Courroux.

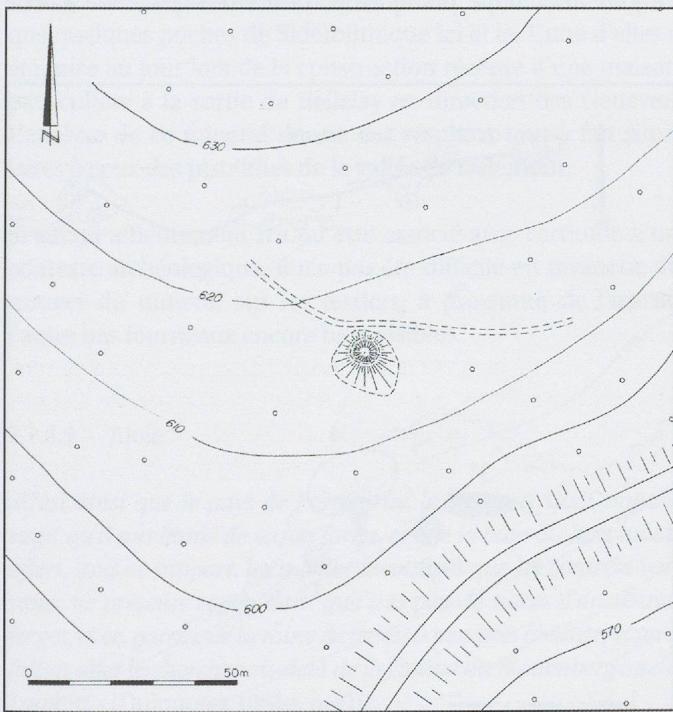


Fig. 11.  
Plan topographique d'un puits d'essai entre Séprais et Montavon. Coordonnées du centre du puits: 584'217 / 246'759. Pour l'explication des symboles, voir légende à la fin du volume.

Les traces des vestiges miniers pourraient être recensées à l'aide des cartes minières, ainsi que des listes dressées par A. Quiquerez (1864), reprises par E. Baumberger (1923) et complétées par W. Steiner (1945). F. Rais et nous-même avons dépouillé sur microfilms les plans conservés aux Archives de l'Etat de Berne, dans le but de découvrir les traces les plus anciennes possibles d'activité minière<sup>10</sup>. En outre, nous avons pu disposer de quelques plans originaux dressés par Quiquerez (fonds J.-L. Fleury). Dans le contexte actuel, il n'est malheureusement plus possible de vérifier dans le détail, sur le terrain, les observations effectuées par le passé. Plusieurs obstacles en effet empêchent cette entreprise: les plus importants à nos yeux sont dus à la configuration géologique (effondrement rapide des mines abandonnées), au remblayage des entrées de puits (pour des raisons de sécurité) et au nivellement des terrains proches d'anciens travaux miniers (remise en culture, zone à construire, récupération des matériaux stériles). Pour ces raisons, il a donc fallu renoncer à effectuer un recensement. Indiquons à titre d'exemple qu'A. Quiquerez a fait creuser, entre 1854 et 1864, plus de 350 puits d'essai sans résultat convaincant, dans le but de déterminer les gîtes de matière première économiquement intéressants pour une éventuelle exploitation (Quiquerez 1864, p. 33). Si l'on ajoute à cela tous les travaux entrepris lors des deux derniers siècles, ainsi que ceux datant de la période des princes-évêques (15<sup>e</sup> au 18<sup>e</sup> siècle), il est aisément d'imager à quelle masse documentaire l'on se trouve confronté.

<sup>10</sup> Aucun plan comportant des travaux miniers ne concerne une période antérieure à l'avènement du haut fourneau dans le district. Ce constat avait déjà été fait par A. Quiquerez (cf. chap. 2.1.5).

Malgré ces constations, il s'avère utile de dresser ici un bilan sommaire des traces encore visibles dans le terrain et qui pourraient avoir un lien avec une exploitation minière ancienne.

Un schéma de l'exploitation minière dans le contexte géologique d'une partie de la vallée de Delémont a été publié dans l'étude du site des Boulies (Eschenlohr et Serneels 1991, p. 39, fig. 21). Le secteur de Boécourt-Séprais-Montavon étudié à cette occasion renferme encore les vestiges miniers les plus évidents de tout le district, lesquels sont supposés appartenir à différentes époques. L'ensemble le plus intéressant concernant les périodes antérieures à l'exploitation massive de minerai pour les hauts fourneaux est certainement un plateau calcaire d'une superficie de 25'000 m<sup>2</sup>, truffé d'un grand nombre de minières dont l'une a fait l'objet d'un sondage. Cette cavité karstique verticale a été remplie sur près de 2m de profondeur avec du bolus stérile. Il serait souhaitable de documenter ce genre de site, devenu actuellement très rare, à l'image des travaux effectués dans le Jura schaffhouseois par C. Birchmeier (1986, fig. 9).

A titre d'exemple, la topographie d'un probable puits d'essai, certainement creusé à l'époque d'A. Quiquerez, a été relevée avant sa destruction (aménagement d'une carrière) entre Séprais et Montavon, à proximité de l'ancien Moulin de Séprais.

Outre cet exemple, des travaux miniers ont été repérés à proximité d'un ferrier à *Govelier*, *La Charbonnière*, n° 112 (fig. 12). Ils reflètent bien la situation topographique dans laquelle ces vestiges ont été majoritairement observés. Les poches de Sidérolithique sont en effet localisées à la transition d'une pente forte et d'une pente plus douce, vers le fond des vallons. Néanmoins,

dans la Vallée de Delémont, il est souvent difficile d'établir un lien spatial direct entre l'endroit où l'on a extrait le minerai et un site sidérurgique proche.

Enfin, les environs de Lucelle constituent une situation bien à part: c'est en effet le seul endroit de tout le district où une exploitation minière en galerie creusée dans la roche a été mis en évidence. Ajoutons aussi que l'ensemble minier de *Pleine, Ziegelkopf* («tête en tuile») quoique apparemment d'une époque assez récente, mériterait une étude plus approfondie.

### 2.1.3.2 Grand-Val

Aucun lien direct n'a pu être établi entre les ferriers et les affleurements de minerai, probablement à cause de la grande instabilité du terrain qui caractérise tout le flanc sud de cette vallée. Comme dans les autres régions, toute trace de travaux miniers anciens a disparu, probablement en raison des exploitations assez importantes d'époque plus récente qui ont marqué toute cette zone. Au 19<sup>e</sup> siècle, ce secteur minier a fourni la matière première au haut fourneau voisin de Saint-Joseph/Gänsbrunnen.

En amont du plus grand complexe sidérurgique jurassien de *Corcelles, La Creuse-Les Envers* (chap.5.2), E. Baumberger a distingué deux zones minières (op. cit. 70, ainsi que pl. 3, zones 18 et 19). Toutefois, les observations de terrain montrent que cet auteur s'est vraisemblablement trompé dans la localisation de la zone 18, à moins qu'il n'ait pas repéré de vestiges entre la zone n° 18 et la zone n° 19: à cet endroit, on aperçoit en effet encore à ce jour une coupe pratiquée à travers une ancienne galerie

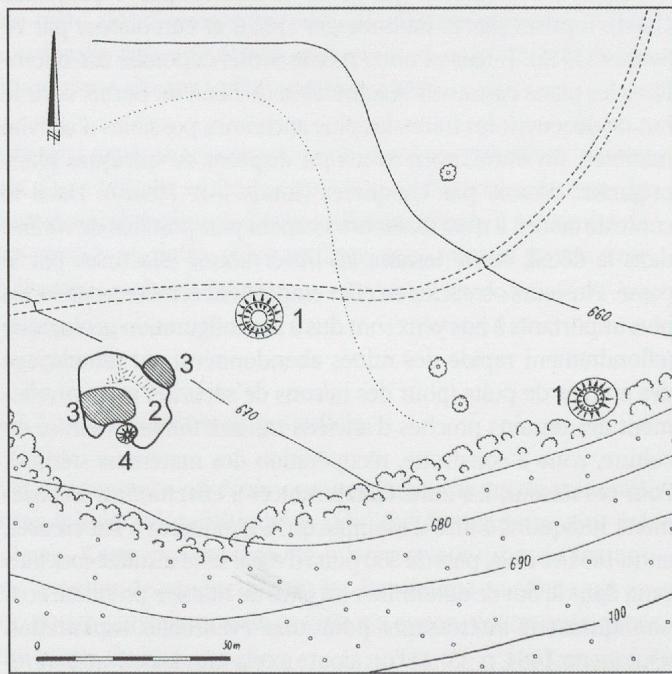


Fig. 12.  
*Govelier, La Charbonnière*. Plan topographique de deux minières (1) à proximité d'un ferrier (2) réaménagé en place(s) à charbon (3). Coordonnées du centre du fourneau (4): 581'176 / 241'259

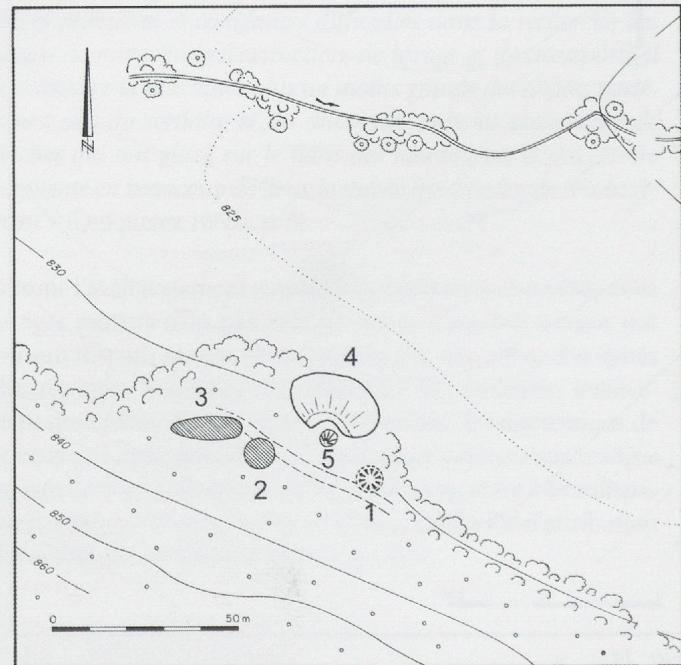


Fig. 13.  
*Monible, Côte de l'Envers*. Plan topographique d'une minière (1), d'une place à charbon (2), ainsi que d'une aire de stockage (?) de charbon (3) à proximité d'un ferrier (4). Coordonnées du centre du fourneau (5): 581'240 / 236'550.

effondrée dans un talus de glissement. On dispose donc d'affleurements encore bien visibles à un kilomètre environ en amont du grand complexe sidérurgique. Malgré une topographie quelque peu bouleversée, il apparaît que tous ces vestiges sont localisés à la rupture entre une pente forte et une pente plus douce, comme d'habitude.

Notons encore que, dans le fond du vallon, sur le versant nord, on distingue encore aujourd'hui les restes d'un lavoir moderne aménagé pour le lavage du minerai.

#### 2.1.3.3 Petit-Val

Ce vallon montre bien dans quel contexte topographique apparaissent les affleurements du Sidérolithique. Dans deux cas au moins, un lien évident entre une minière et un ferrier a pu être établi. Le ferrier de *Monible, Côte de l'Envers* (fig. 13) illustre cet état de fait de façon exemplaire.

A *Monible, Sous ce Mont*, une minière assez profonde n'a été repérée qu'après le relevé topographique. Elle a laissé des traces évidentes, car des pisolithes sont encore accumulés sur le burrelet qui s'étend autour de la dépression.

#### 2.1.3.4 Franches-Montagnes

La partie orientale des Franches-Montagnes se différencie des autres régions par un nombre réduit d'affleurements et par le fait qu'aucun véritable affleurement de minerai à proximité d'un ferrier n'a pu être mis en évidence. Il ne subsiste en effet que quelques poches de Sidérolithique ici et là. L'une d'elles a été mise au jour lors de la construction récente d'une maison particulière à la sortie de Bellelay en direction des Genevez. L'analyse de ce minerai donne des résultats tout à fait similaires à ceux des pisolithes de la vallée de Delémont.

Si aucun affleurement n'a pu être associé avec certitude à un contexte archéologique, il n'a pas été difficile en revanche de trouver du minerai sur les ferriers, à proximité de l'un ou l'autre bas fourneaux encore bien visibles.

#### 2.1.3.5 Ajoie

*«C'est ainsi que le pays de Porrentruy, le bassin d'Ajoie, nonobstant qu'il soit bordé de vastes forêts, et que la base du Jura lui ait offert, sous ce rapport, les mêmes avantages que les contrées voisines, ne présente cepen-dant que très peu de traces d'anciennes forges, et ce, parce que la mine de fer est à peu près absente, et qu'il fallait aller la chercher au-delà de la chaîne du Blauenberg ou du Lomont.»* (Quiquerez 1866a, p. VII).

Malgré l'opinion d'A. Quiquerez et même si l'Ajoie n'a pas (encore) livré de sites sidérurgiques appartenant à la phase productive de la chaîne opératoire, plusieurs affleurements de minerai ont été repérés. L'un d'eux, situé dans le talus de la nouvelle route d'accès à l'hôpital de Porrentruy, est constitué

d'une couche couleur lie-de-vin. Ce minerai très particulier est pratiquement dépourvu de composante argileuse et contient un taux assez faible en oxydes de fer ( $\pm 30\%$ ). Cet affleurement suscite toutefois un intérêt particulier du fait qu'il se situe juste en amont du lieu-dit *Les Rouges Terres* actuellement localisé en zone à bâtir: lors des travaux de chantier, il a été possible de repérer à cet endroit des pisolithes pris dans des couches orangeâtres, à savoir vraisemblablement un Sidérolithique un peu moins riche en fer.

A *Bure, Les Condemines*, une quantité assez importante de ce minerai typique pour l'Ajoie, éventuellement d'âge plio-pléistocène, a été ramassée à la surface d'un champ labouré. La même situation se rencontre à *Boncourt, Les Rouges Terres*, où un autre échantillon de ce même type de minerai, mêlé aux colluvions superficielles des champs labourés, a été prélevé.

#### 2.1.3.6 Clos-du-Doubs

Aucune trace d'affleurement de minerai pisolithique n'est connu dans cette région jusqu'à ce jour. Il n'y a qu'à *Montenol, Es Minera*, qu'un affleurement de minerai oolithique a été signalé: il aurait été exploité, semble-t-il, à une époque récente. Sur place, on trouve encore des plaques de calcaire oolithique, mais les preuves de cette activité ont disparu.

#### 2.1.3.7 Val Terbi

Globalement, ce secteur représente la prolongation occidentale du bassin de Delémont. Tout à l'est, le contexte géologique subit toutefois des modifications et présente des similitudes avec celui du Jura bâlois et soleurois. Le petit vallon de *Montsevelier, Le Greierlet* en est la meilleure preuve; il comporte de nombreuses traces, non documentées à ce jour, de vestiges miniers en lien avec l'exploitation de l'oolithe ferrugineuse. Ce type de vestiges n'est pas connu dans les autres parties du district jurassien, mais il est tout à fait similaire à ce que l'on peut voir, par exemple, dans le vallon de *Langenbruck, Dürstel* (BL).

Le Sidérolithique «classique» est visible dans un très bel affleurement situé dans un virage de la route reliant Mervelier et Vermes, au lieu-dit *La Mocherde*. Le fait que seuls quelques épandages de scories sont connus à proximité ne permet pas encore d'affirmer s'il s'agit d'un affleurement exploité dans le passé.

#### 2.1.4 Données archivistiques et bibliographiques

Ces quelques données concernent exclusivement des localités où l'on ne dispose plus de vestiges visibles dans le terrain, ou des endroits où l'exploitation minière n'est pour l'instant attestée que par des documents d'archives. C'est ainsi que l'on apprend, dans une bulle du pape Alexandre III de 1179, que ce dernier confirme le droit d'un quart des mines d'*Eschart*, «*quartam ferrofodinis de Escert*», qui appartenait à l'église de Moutier-Grandval. Aucune trace de ces exploitations n'est repérable dans le terrain. On lit aussi qu'en 1225, Frédéric II,

comte de Ferrette, octroie notamment le droit à l'abbaye de Lucelle d'exploiter les minerais, sans que l'on sache à quel type de fourneau ils sont destinés (AAEB, B240, fasc. 69 et Trouillat I, 504, No 336)<sup>11</sup>.

Outre ces deux références, nous ne disposons pas d'indications concernant la période de l'ancienne industrie du fer. A. Quiquerez, malgré de longues recherches dans les archives, n'a apparemment pas trouvé davantage d'indices. Etant donné que notre travail n'avait pas pour objectif de retracer l'histoire de l'industrie sidérurgique moderne, nous nous contenterons de signaler ici, à titre d'exemple, deux autres mentions concernant l'Ajoie dans les sources écrites.

En effet, à Chevenez, des mines sont mentionnées dans les archives datant de 1693 (AAEB, B2288, 97). Enfin, dans le dictionnaire historique, on trouve sous Rocourt l'indication que des mines de fer ont été exploitées à cet endroit et que l'évêque Sigismond de Reinach autorisa en 1741 le duc de Randan à tirer du minerai sur les territoires de Chevenez, Rocourt et Grandfontaine à l'usage de ses forges de Bourguignon et de Flormont. En raison des difficultés rencontrées avec les habitants de ces localités, il semble toutefois que ces exploitations aient été rapidement abandonnées.

### 2.1.5 Etat de la question

Le minerai de fer du district jurassien mériterait de faire l'objet d'une étude plus approfondie dans plusieurs régions. A défaut d'études géologiques spécifiques – assez rares dans ce domaine jusqu'à maintenant –, seule l'étude détaillée du contexte archéologique d'un nombre suffisant de sites sidérurgiques permettrait de remédier à cet état de fait.

En attendant, cette première approche a permis de mieux caractériser le minerai sidérolithique des parties occidentale et orientale de la vallée de Delémont. Elle a aussi démontré les différences évidentes que ce même minerai présente dans le Grand-Val, et a mis en évidence l'existence d'un minerai ignoré jusqu'alors en Ajoie. Sur cette base, l'existence de travaux miniers appartenant aux principales phases – historiques ou antérieures – de la sidérurgie jurassienne n'est plus remise en question.

Si l'on en croit le témoignage d'A. Quiquerez, de nombreuses traces d'anciens travaux miniers étaient encore visibles à son époque au fond de galeries qui ne s'étaient pas encore effondrées ou qui venaient d'être réouvertes. Malheureusement, ses attributions chronologiques (essentiellement à l'Age du Fer et à l'époque romaine, comme pour les ferriers) ne peuvent généralement être retenues: «*Les actes ne nous indiquent les mines de fer de la vallée de Delémont qu'au commencement du 16<sup>e</sup> siècle; mais si les documents écrits viennent si tard à l'aide de nos recherches, ce n'est pas, comme on l'a déjà dit, que dès les*

*temps bien antérieurs on n'ait point connu et employé les mines de fer, puisque nous avons signalé des forges et des minières romaines dans cette vallée.*» (Quiquerez 1855, p. 30).

En conclusion, dans l'état des connaissances actuelles, tout lien chronologique entre une zone minière et un atelier de production antérieur à la période du haut fourneau fait encore défaut.

## 2.2 Le bois et le charbon de bois

«*Les places à charbon sont près des fourneaux, ceux-ci sont trop petits pour l'emploi du bois et le charbon fait en meule existe constamment tout à l'entour des emplacements, dans les scories et dans tous les débris.*» (Quiquerez 1866a, p. 9).

L'examen des alentours de tous les ferriers connus jusqu'à ce jour (environ 320) permet de confirmer l'association fréquente entre un site sidérurgique et une place à charbon, témoin d'une ancienne meule. C'est la raison pour laquelle il a semblé primordial d'essayer de mieux saisir le rôle et l'importance du charbon dans le contexte des sites sidérurgiques.

L'analyse anthracologique a porté sur 4963 fragments de charbon provenant de 99 ferriers. Ces données ont été complétées par les résultats de Boécourt, *Les Bouilles* (1385 fragments) et ceux de Lajoux, *Le Grand Pré*, site fouillé par M. Joos en 1972-3 (329 fragments). Afin de ne pas fausser les résultats des échantillons issus de simples sondages, ceux qui proviennent de sites fouillés, comme à Boécourt, où la part du *hêtre* et du *sapin* est écrasante, ont été proportionnellement adaptés (voir ci-dessous, vallée de Delémont, Boécourt et environs). Le nombre total des fragments pris en considération est de 5482.

### 2.2.1 Données historiques et bibliographiques

Dans ses différents ouvrages, A. Quiquerez parle de plusieurs aspects relatifs au charbon de bois. Ses mentions ne concernent toutefois que des données statistiques dans le contexte de l'industrie sidérurgique moderne<sup>12</sup>.

P.-L. Pelet livre, dans le troisième volume de *Fer, charbon, acier dans le pays de Vaud*, plusieurs études historiques et bibliographiques. En ce qui concerne la nôtre, la liste des charbons de bois utilisés pour la réduction des minerais de fer est du plus haut intérêt (1983, p. 259-264). Une comparaison entre ces données et celles obtenues dans le district jurassien est présentée ci-dessous dans les conclusions (chap. 2.4).

Des études régionales sur la composition des essences et l'importance de celles-ci en fonction de l'altitude des sites dont elles proviennent sont encore rares à ce jour, et portent souvent sur un contexte géographique très différent<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Vue l'époque et le fait de sa mention, il s'agit d'un précurseur du premier haut fourneau de Lucelle, très probablement d'une ferrière. Nous partageons cet avis avec P.-L. Pelet.

<sup>12</sup> En particulier dans *Notice historique et statistique sur les mines, les forêts et les forges de l'ancien Evêché de Bâle* il détaille les poids des charbons, le prix des bois et des charbons, ainsi que la consommation.

<sup>13</sup> A titre d'exemple, on peut citer les travaux effectués dans les Pyrénées : J.-P. Mettialle (réd.), *Protoindustries et histoire des forêts*, 1992.

## 2.2.2 Analyses anthracologiques

### 2.2.2.1 Données par région

L'échantillonnage du charbon de bois en vue d'une étude anthracologique a été effectué en procédant par des sondages dans l'amas de scories (cf. chap. 1.1.3.3). Aucune analyse anthracologique n'est disponible pour l'Ajoie, le vallon de Saint-Imier, la vallée de Tavannes et le Val Terbi: les prélèvements de charbon se regroupent donc dans les secteurs centraux du district – Franches-Montagnes, Petit-Val et vallée de Delémont –; quelques données provenant du Clos-du-Doubs, du Grand-Val et du Chaluet les complètent.

### 2.2.2.2 Clos-du-Doubs

Les cinq ferriers du Clos-du-Doubs ont livré 243 fragments de carbons, ce qui correspond à 4,4% du corpus étudié. Malgré l'altitude peu élevée des sites – tous localisés en dessous de 800 m – et un nombre suffisant de fragments par ferrier, la quantité d'essences par site est relativement modeste: 3,8.

Le *hêtre* est présent dans des proportions qui sont valables pour l'ensemble du district; le taux de l'*érable*, par contre, est faible. Le *sapin* (9,8%)<sup>14</sup> occupe une place importante, au point de dépasser le *hêtre* dans un cas. La présence du *noisetier* (7,8%) est également remarquable. Toutefois, étant donné le faible nombre de sites étudiés, ces observations revêtent encore un caractère provisoire et demanderaient des compléments d'analyse sur d'autres sites.

#### Clos-du-Doubs

- Liste des sites :
- a) MML401 (455)
  - b) ASU 413 (655)
  - c) MML405 (700)
  - d) STU 402 (770)
  - e) MML403 (790)

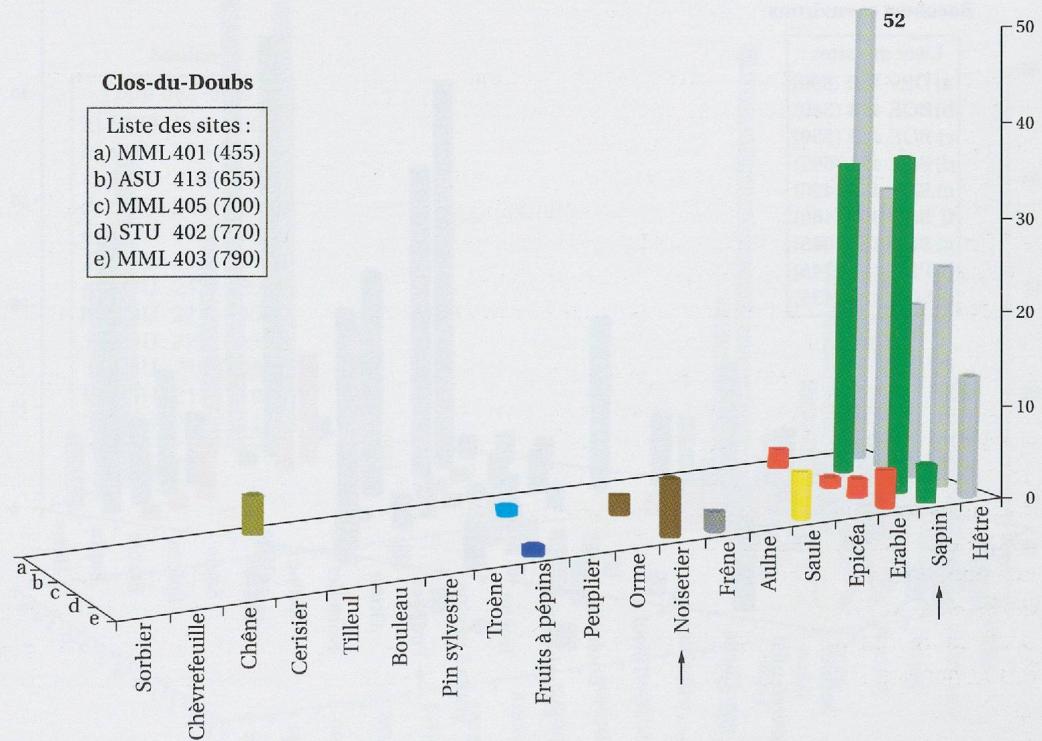


Fig. 14.

Essences d'arbres déterminées dans les cinq ferriers du Clos-du-Doubs (3 à Montmelon, 1 à Saint-Ursanne et 1 à Asuel; pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites (classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant), sont groupés en fonction de l'altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 49 fragments.

<sup>14</sup> Les pourcentages sont calculés par rapport à la somme totale des fragments de l'essence concernée dans l'ensemble du district.

<sup>15</sup> Eschenlohr et Serneels 1991, p. 22.

### 2.2.2.3 Vallée de Delémont

Deux ensembles d'échantillons anthracologiques ont été distingués: le premier englobe la région des Lavoirs de Boécourt et s'étend jusqu'au ferrier du *Fer à Cheval à Develier*, complété par quelques données du côté de Bourrignon, Pleigne et Soyhières (9 ferriers échantillonés); le second comprend le vallon d'Undervelier et Soulce, y compris quelques données provenant du versant sud de Bassecourt et Courfaivre (26 ferriers).

#### Boécourt et environs

En préambule il convient de préciser qu'une astuce a été utilisée afin de pouvoir intégrer les données anthracologiques de *Boécourt, Les Boulies*<sup>15</sup>. En effet, la part des essences de hêtre et de sapin sur ce site est tellement importante qu'elle aurait rendu impossible une étude comparative dans cette zone, voire dans l'ensemble du district. C'est pourquoi, seuls 10%, à savoir 89 pièces de *hêtre* et 43 de *sapin*, ont été retenus dans le décompte. En revanche, dans l'interprétation des résultats, les chiffres réels ont été pris en considération.

Cette zone a livré, avec près de 600 fragments de charbon analysés, environ 11% du corpus étudié. Quatre espèces méritent une attention particulière: le chêne dont la totalité des pièces analysées se trouve ici; l'*aulne*, représenté dans 4 échantillons sur 5 (80%); le *peuplier* (41%) et le *noisetier* (21,4%). Pour le *chêne* et l'*aulne*, leur présence s'explique par l'altitude moyenne des sites, entre 400 et 700 m d'altitude, à l'exception de Bourrignon (805 m) et de Pleigne (745 m).

Ni l'une, ni l'autre espèce ne se rencontrent dans le Jura au-dessus de 600 m<sup>16</sup>. En outre, l'*aulne* semble être caractéristique de la région des Lavoirs, où l'on constate encore aujourd'hui la présence de nombreuses zones humides, lieux de prédilection de cet arbre; sa forte représentation ne constitue donc pas une surprise. Apparemment, elle va de pair avec la présence un peu moins prononcée du *peuplier* et celle très constante du *noisetier*. Le *hêtre* n'est pas toujours aussi prédominant que dans d'autres régions et cède souvent la place au *sapin* et à l'*aulne*: dans près de la moitié des cas, il est soit absent, soit moins fréquent qu'une des deux autres espèces.

Relevons encore qu'au niveau des proportions, l'orme et surtout le frêne sont plutôt sous-représentés, tandis que les arbres à *fruits à pépins* sont bien présents (19%), même s'il ne s'agit que de deux cas.

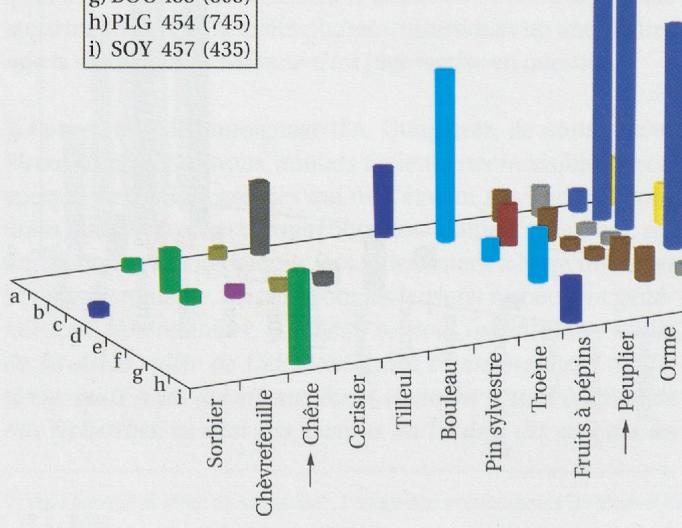
### *Undervelier et environs*

Sur les 14 sites d'Undervelier et environs, les 631 fragments analysés représentent 11,5% du corpus étudié. Les ferriers s'étalent entre 690 m et 980 m d'altitude.

L'*érable* (18,4%) est bien représenté, de même que le saule (29%), l'*orme* (28%), le *frêne* (17,4%), le *noisetier* (15,5%) et les arbres à *fruits à pépins* (20%); en revanche, le *sapin* (6%) n'est que faiblement présent, ainsi que l'*épicéa* (5,9%), le *peuplier* (6,8%) et l'*aulne* (7,0%). Le *hêtre* est représenté dans les mêmes proportions que dans l'ensemble du district, avec une tendance à la baisse dans les ferriers situés davantage en altitude<sup>17</sup>.

### *Boécourt et environs*

Liste des sites :	
a)	DEV 450 (690)
b)	BOE 418 (540)
c)	BOE 419 (550)
d)	BOE 451 (665)
e)	BAS 455 (490)
f)	BAS 464 (480)
g)	BOU 453 (805)
h)	PLG 454 (745)
i)	SOY 457 (435)



<sup>16</sup> Moor 1952, p. 181-187.

<sup>17</sup> Dans le paysage végétal du Jura, le *hêtre* pousse toutefois jusqu'entre 1300 et 1600 m (Moor op. cit et communication orale de P.-L. Pelet pour le Jura vaudois).

Si l'on rencontre l'*érable* et le *saule* assez uniformément à travers les étages altimétriques – avec toutefois une légère tendance à la hausse pour le premier, plus en altitude –, on constate que l'*orme* et les arbres à *fruits à pépins* se concentrent dans la zone médiane, sur les flancs situés entre 750 et 850 m d'altitude. Le même constat a lieu pour le *noisetier*, qui reste majoritairement en dessous de 800 m. Une légère augmentation du *frêne* semble se dessiner en altitude, mais seuls 2 sites suggèrent cette tendance qu'il faudrait confirmer.

Enfin, le taux relativement élevé de *pin sylvestre* (24%) – espèce faiblement représentée dans l'ensemble du district – sur le ferrier le plus haut de cette commune (environ 1000 m d'altitude) est frappant, mais il s'agit d'un cas trop isolé pour que l'on puisse tirer d'autres enseignements. L'autre cas particulier est le site de Courfaivre, Derrière le Château (945 m), où l'on relève la forte présence de l'*aulne*, ce qui est étonnant vu l'altitude du site et sa situation géographique (flanc sud de la vallée de Delémont).

### *La commune de Soulce*

Les échantillons provenant de Soulce sont au nombre de 501, ce qui constitue 9% du corpus étudié. À la différence de l'ensemble d'Undervelier, la présence du *sapin* est nettement plus importante (16%) et ceci au détriment de l'*érable* (10%) et du *saule* (13%) qui sont toutefois proportionnellement bien présents.

L'*orme* (20%) et le *noisetier* (15,5%) donnent une image analogue, également dans leur répartition en fonction de l'altitude. Le taux élevé du *troène* (29%) est à souligner, même s'il est

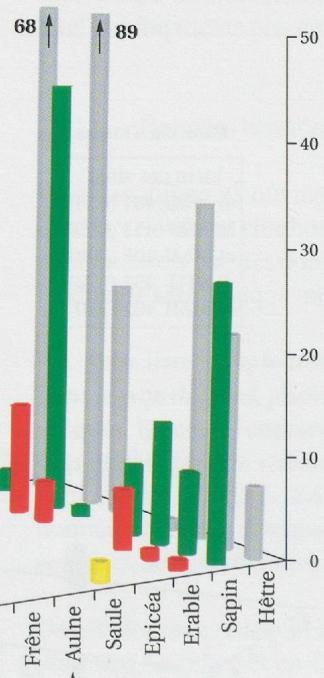


Fig. 15.

Essences d'arbres déterminées sur 9 ferriers de Boécourt (BOE), Bassecourt (BAS), Develier (DEV), Bourrignon (BOU), Pleigne (PLG) et Soyhières (SOY) (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 51 fragments (sans Boécourt, Les Boulies).

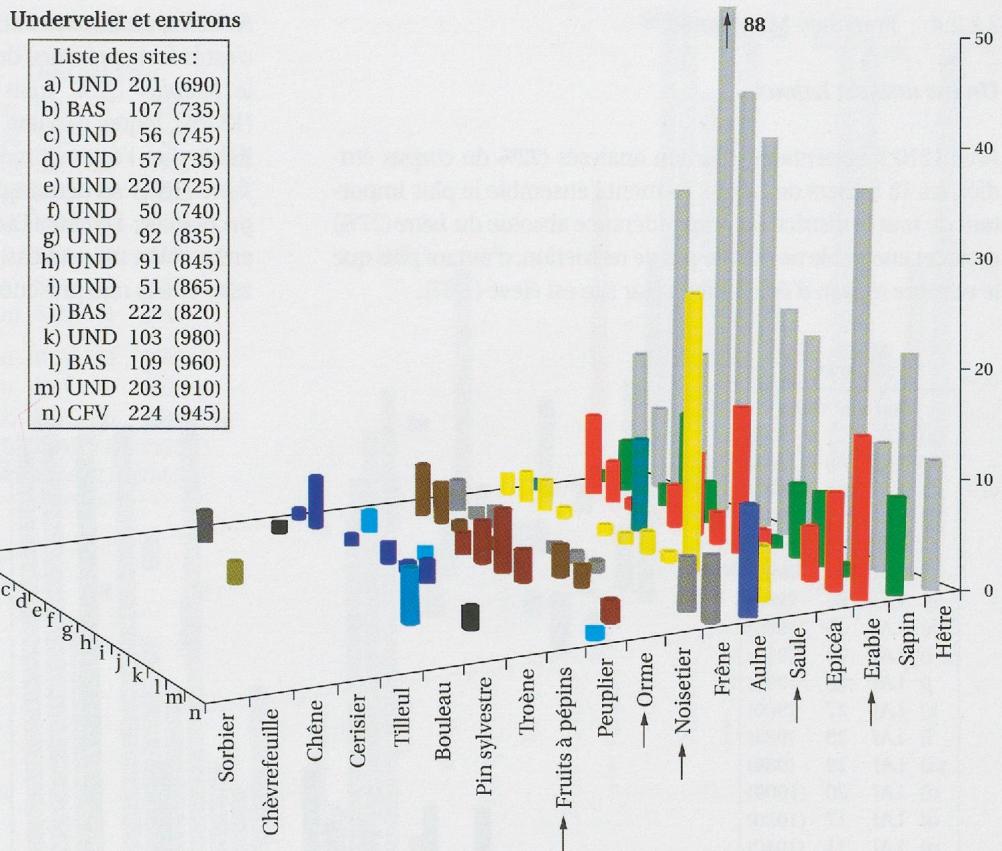


Fig. 16.  
Essences d'arbres déterminées sur 10 ferriers d'Undervelier, 3 de Bassecourt et 1 de Courfaivre (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites, classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant, sont groupés en fonction de leur altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 41 fragments

difficile de l'interpréter. Si la présence des arbres à fruits à pépins est assez discrète, la présence bien marquée de l'épicéa sur les ferriers les plus hauts et une certaine reprise du saule dans le même contexte sont par contre frappantes. La domination du hêtre se fait nettement plus discrète: dans un tiers des

cas, cette espèce n'est pas prépondérante et l'écart avec les autres espèces importantes est moins prononcé. Sur ce point, on constate une analogie avec les données de Boécourt et environs, bien que les sites respectifs ne se situent pas du tout dans les mêmes étages altimétriques.

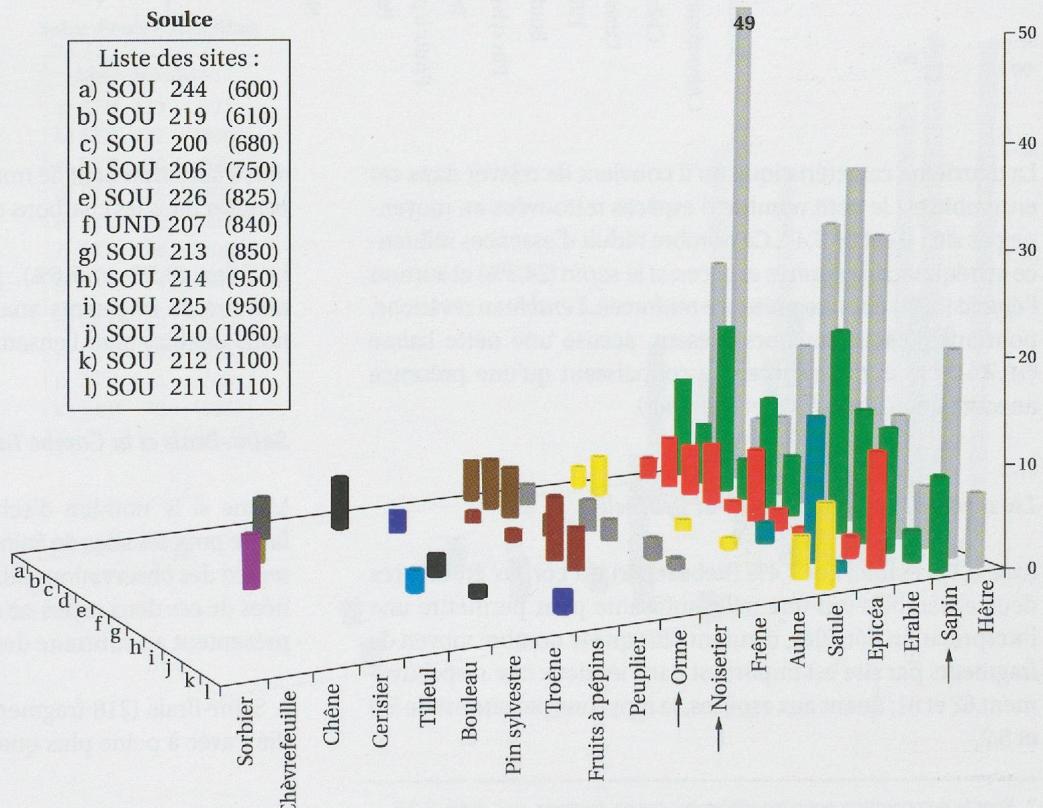
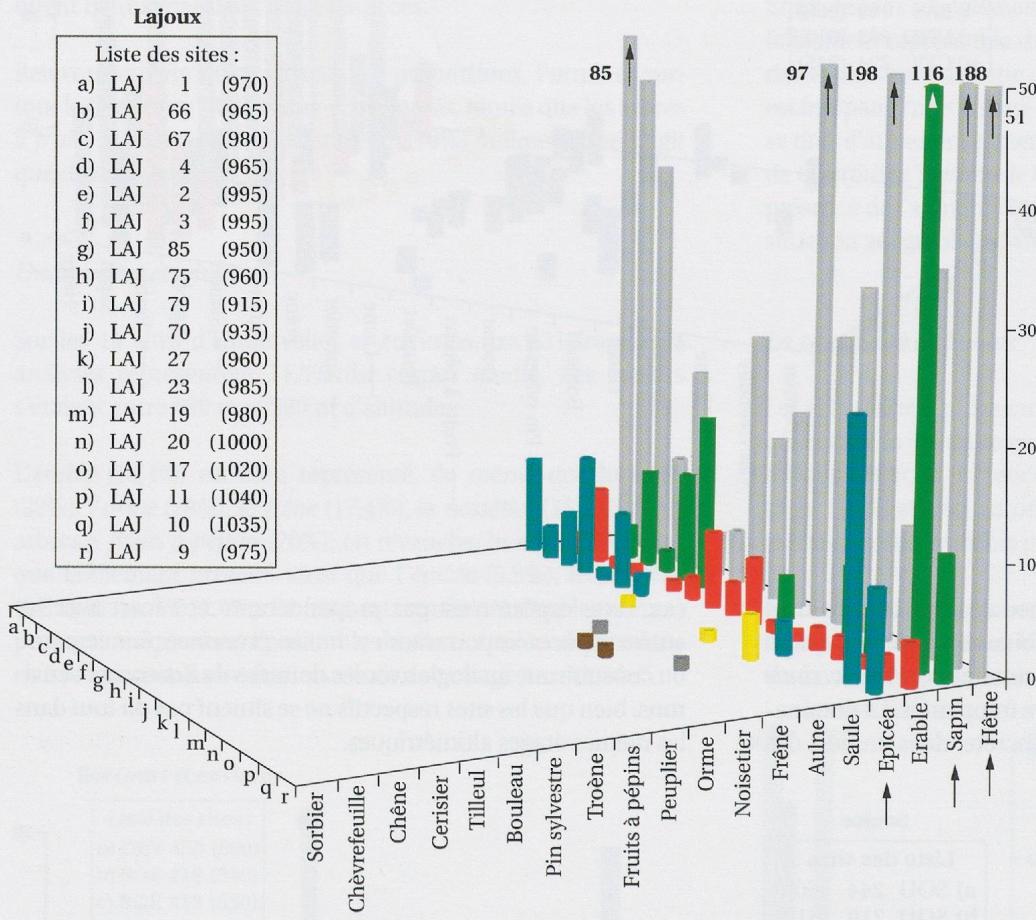


Fig. 17.  
Essences d'arbres déterminées sur onze ferriers de Soulce et un d'Undervelier (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites (classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant) sont groupés en fonction de leur altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 42 fragments.

## 2.2.2.4 Franches-Montagnes

### Un cas unique: Lajoux

Avec 1210 fragments de charbon analysés (22% du corpus étudié), les 18 ferriers de Lajoux forment l'ensemble le plus important de tout le district. La prépondérance absolue du *hêtre* (27%) dans cet ensemble ne souffre pas de restriction, d'autant plus que le nombre moyen d'échantillons par site est élevé ( $\pm 67$ ).



A Saulcy, où les sites s'échelonnent entre 700 et 950 m d'altitude, c'est la forte présence du *frêne* (30%) qui se remarque, suivie par le *peuplier* (22%, mais seulement sur 2 sites) et par l'*érable* (13,2%), lequel dépasse le sapin en nombre et en proportion. A Rebévelier, l'écart altimétrique est plus serré (de 890 à 1060 m). Le *frêne* (18%) se démarque à nouveau, quoique de façon moins prononcée; l'*érable* (13,9%) est mieux représenté que le *sapin*; enfin, dans un seul cas, on relève un fort taux de *troène* (21%), associé à la rare présence du *chèvrefeuille* (80%). Notons qu'il est

Fig. 18.  
Essences d'arbres déterminées sur dix-huit ferriers de Lajoux (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites sont classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant. Compte tenu des faibles différences, ils n'ont pas été groupés en fonction de l'altitude. Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 67 fragments.

La deuxième caractéristique qu'il convient de relever dans cet ensemble est le petit nombre d'espèces retrouvées en moyenne par site: il est de 3,4<sup>18</sup>. Ce nombre réduit d'essences influence la fréquence des autres espèces: si le *sapin* (24,3%) et surtout l'*épicéa* (39%) ont une présence renforcée, l'*érable* en revanche, pourtant presque toujours présent, accuse une nette baisse (10,7%). Les autres espèces ne connaissent qu'une présence anecdotique (*saule*, *frêne* et *noisetier*).

### Les alentours proches: Saulcy et Rebévelier

Avec 9,1% (Saulcy) et 7,4% (Rebévelier) du corpus étudié, ces deux ensembles ont une taille suffisante pour permettre une interprétation détaillée, d'autant plus que le nombre moyen de fragments par site est important dans les deux cas: respectivement 62 et 81; quant aux espèces, la moyenne par site est de 5,0 et 5,2.

tout à fait surprenant de trouver des arbres à *fruits à pépins* et du *peuplier* dans les charbons d'un site localisé à 1050 m d'altitude !

Le *hêtre* (9,5% et 7,6%), prédominant du point de vue du nombre de fragments analysés, n'outrappe pas les proportions valables pour l'ensemble du district.

### Saint-Brais et la Combe Tabeillon

Même si le nombre d'échantillons est proportionnellement faible pour les sites de Saint-Brais et de la Combe Tabeillon, au regard des observations faites dans les autres secteurs, les données de ces deux zones ne sont nullement dénuées d'intérêt et présentent au contraire des données tout à fait significatives.

A Saint-Brais (218 fragments équivalant à 4% du corpus étudié), avec à peine plus que 30 charbons par ferrier, le nombre

<sup>18</sup> Pour la comparaison entre les différentes zones étudiées, voir chap. 2.2.3.

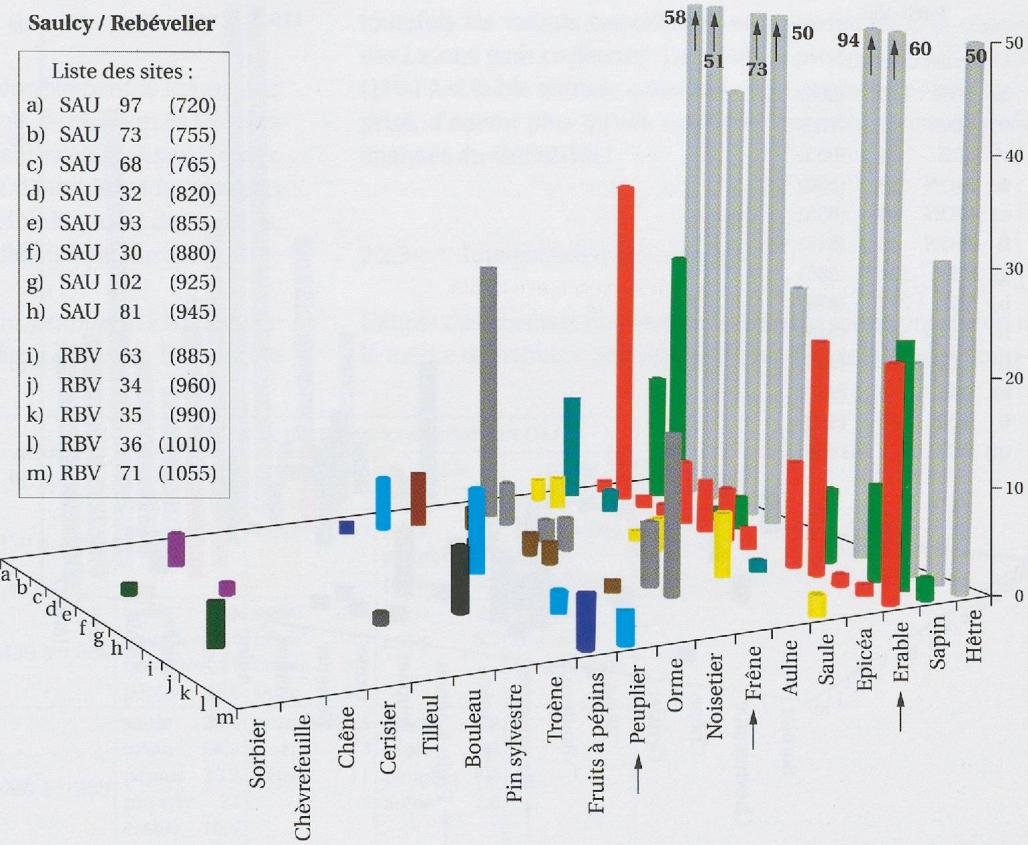


Fig. 19.

Essences d'arbres déterminées sur huit ferriers de Saulcy et cinq ferriers de Rebévelier (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites (classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant) sont groupés en fonction de l'altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 62 fragments à Saulcy, environ 81 fragments à Rebévelier.

d'échantillons par site est certainement le plus faible de l'ensemble des prélèvements: il est en effet difficile d'obtenir une quantité suffisante d'échantillons dans le contexte de petits sondages. Malgré ces restrictions, les espèces présentent une bonne variété: 4,1 essences différentes par ferrier. Sur cette base, il convient de souligner la présence assez discrète du *hêtre*, lequel

cède le pas au *sapin* (7,5%) ainsi que l'*épicéa* (11,2%). Dans la Combe Tabéillon (267 fragments, 4,9%) la variété des espèces est encore plus prononcée: on retrouve 5,3 essences différentes par ferrier. Là encore, le *hêtre*, le *sapin* et l'*érable* sont bien présents; à relever que l'*orme* (15%) et le *noisetier* (13,6%) reviennent en force, probablement à cause de l'altitude moyenne plus basse

### Saint-Brais / Tabéillon

Liste des sites :

- a) STB 123 (775)
- b) STB 122 (860)
- c) STB 90 (870)
- d) STB 128 (880)
- e) STB 125 (885)
- f) STB 126 (900)
- g) STB 77 (900)
- h) GLO 58 (635)
- i) GLO 29 (695)
- j) STB 115 (700)
- k) SAU 72 (735)

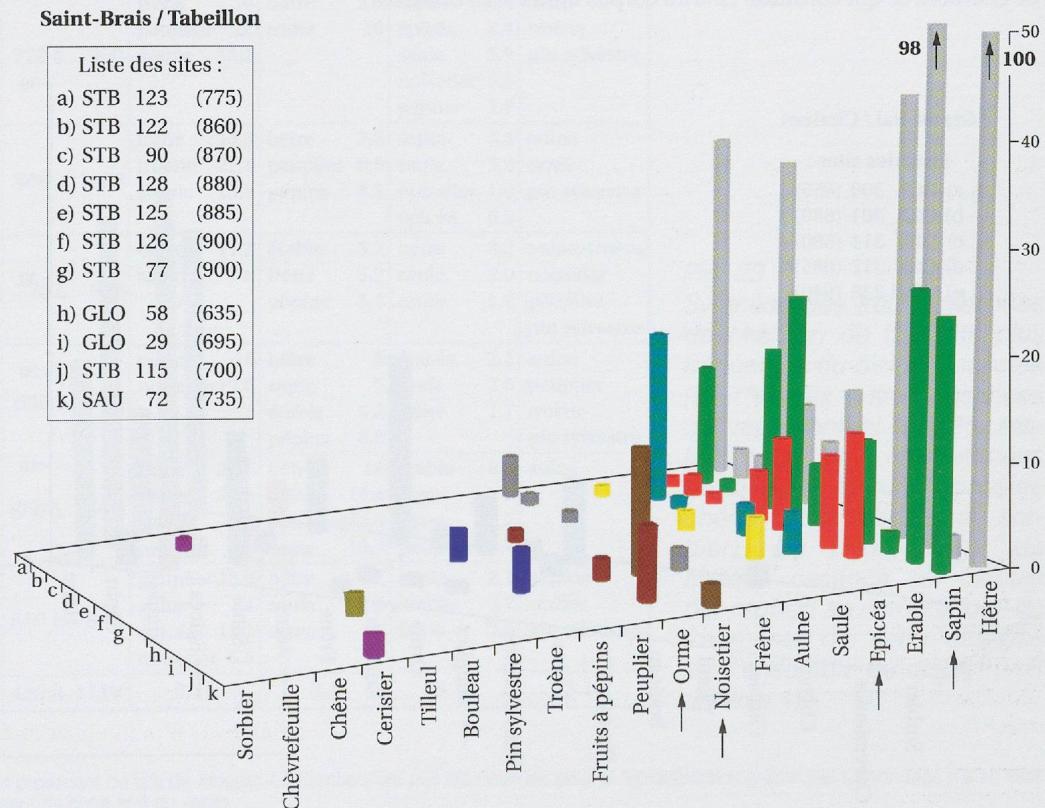


Fig. 20.

Essences d'arbres déterminées sur sept ferriers de Saint-Brais et quatre ferriers situés dans la Combe Tabéillon (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites (classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant) sont groupés en fonction de l'altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 31 fragments à Saint-Brais, environ 74 fragments à la Combe Tabéillon.

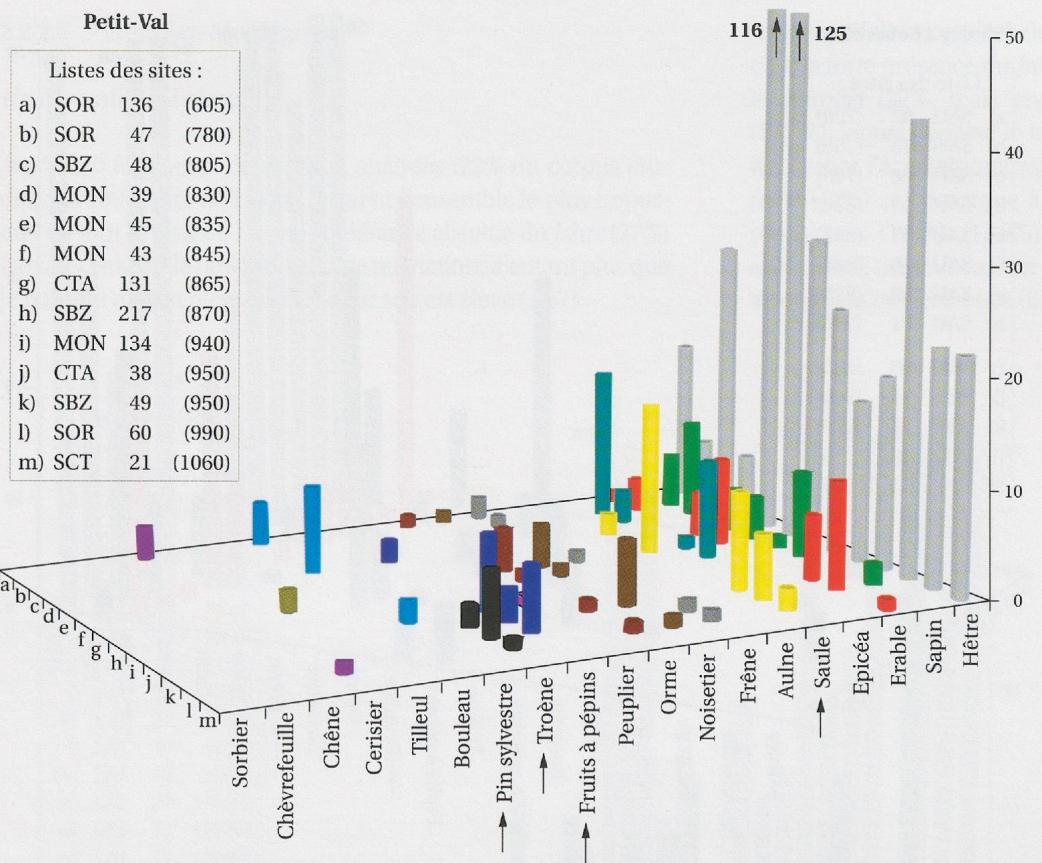


Fig. 21.

Essences d'arbres déterminées sur treize ferriers du Petit-Val (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites (classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant) sont groupés en fonction de l'altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 52 fragments.

des sites. Signalons enfin la présence respective du *tilleul* (12,5%) et du *cerisier* (13,3%) dans deux cas isolés.

#### 2.2.2.5 Petit-Val

Le groupe d'échantillons du Petit-Val comporte 671 fragments de charbon, ce qui constitue 12% du corpus étudié. Les essences

sont très variées (5,1 espèces par ferrier): le *hêtre*, l'*épicéa*, l'*orme* et le *noisetier* sont normalement représentés. L'*érable* et surtout le *sapin* se font en revanche très discrets. Le *saule* (22%) est remarquablement présent, jusqu'à 1000 m d'altitude. Ce constat est encore davantage valable pour les arbres à *fruits à pépins* (31%), le *troène* (32%) et surtout le *pin sylvestre* (67%).

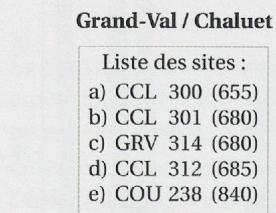


Fig. 22.

Essences d'arbres déterminées sur quatre ferriers du Grand-Val et un du Chaluet (pour le détail des chiffres par site, voir le catalogue). Les sites (classés dans l'encadré de l'arrière vers l'avant) sont groupés en fonction de l'altitude, indiquée entre ( ). Les flèches indiquent les essences qui se distinguent par une forte présence. Nombre moyen d'échantillons par site : environ 49 fragments.

### 2.2.2.6 Grand-Val et Chaluet

Le corpus relatif à cette région est sensiblement le même que celui du Clos-du-Doubs: 245 fragments de charbon (4,5%). Les restrictions évoquées auparavant restent valables, à savoir que le faible nombre de sites ne permet pas d'interpréter les résultats avec certitude<sup>19</sup>. A relever encore une fois la variété des espèces, malgré la petite quantité de sites étudiés: 5,8 par ferrier.

Le fort impact de l'*aulne* (14%) et du *peuplier* (19%) découle globalement du seul site de *Corcelles, La Creuse*. Il confirme

toutefois les valeurs importantes enregistrées dans la région des Lavoirs (voir ci-dessus). La présence prononcée de l'*épicéa* (11%) à si faible altitude constitue en revanche une réelle surprise, d'autant plus qu'elle concerne trois des quatre ferriers analysés du Grand-Val !

### 2.2.3 Interprétation des résultats

L'étude des résultats de l'analyse anthracologique par région a le mérite de nuancer une vision d'ensemble totalement domi-

Région	Secteur	Nb	%	Altitude	Présence des essences de charbon (%)					
					forte	moyenne	faible	nulle		
Clos-du-Doubs		243	4.4	450 à 790	sapin 9.8 noisetier 7.8	hêtre 4.2 saule 3.3	érable 2.2 frêne 1.7 peuplier 1.7 pépins 1.7	épicéa aulne, orme troène pin sylvestre		
Vallée de Delémont	Boécourt-Develier	596	10.9	430 à 800	aulne 79 peuplier 41 noisetier 21 pépins 18.6	sapin 13.2 hêtre 7.3 érable 8.7 saule 8.5	frêne 5.2 orme 6.7	épicéa troène pin sylvestre		
	Undervelier	631	11.5	690 à 980	saulé 29.4 orme 28.3 pépins 20.3 pin sylv. 24 érable 18.4 frêne 17.4	noisetier 15.5 troène 18 hêtre 11	épicéa 5.9 sapin 6.2 peuplier 6.8 aulne 7.0	-		
	Soulce	501	9.1	600 à 1110	orme 20 sapin 15.8 noisetier 15.5 saulé 13.1 troène 28.6 érable 10.4	épicéa 9.1 frêne 8.7 hêtre 7.2 pépins 6.8 pin sylv. 9.5	-	aulne peuplier		
	Lajoux	1210	10.9	430 à 800	épicéa 39 hêtre 27	sapin 24.3	érable 10.7 saulé 3.9 noisetier 1.9 frêne 1.7	aulne, troène peuplier pépins, orme pin sylvestre		
	Saulcy	497	9.1	720 à 950	frêne 30 peuplier 22 érable 13.2	hêtre 9.5 orme 10	sapin 5.4 épicéa 6.4 saulé 5.9 noisetier 5.8 pépins 1.7	aulne troène pin sylvestre		
	Rebévelier	403	7.4	880 à 1060	frêne 18.3 troène 21.4 érable 13.9	hêtre 7.6 peuplier 8.5 pépins 8.5	sapin 5.4 saulé 5.2 noisetier 1.0 épicéa 0.5	aulne orme pin sylvestre		
Franches-Montagnes	Saint-Brais	218	4.0	770 à 900	épicéa 11.2 sapin 7.5	érable 5.2 frêne 5.2 pépins 5.1	hêtre 3.2 saulé 2.0 orme 1.7	aulne, troène noisetier peuplier pin sylvestre		
	Tabeillon	267	4.9	630 à 740	orme 15 noisetier 13.6	hêtre 5 sapin 5 érable 5.2 pépins 6.8	épicéa 2.1 saulé 2.6 frêne 1.7	aulne peuplier troène pin sylvestre		
Petit-Val		671	12.2	600 à 1060	saulé 21.6 pépins 30.5 troène 32 pin sylv. 67	hêtre 14 épicéa 14.4 noisetier 12.6 orme 13.3	érable 8.2 sapin 5 frêne 5.2 peuplier 1.7	aulne		
Grand-Val		245	4.5	650 à 840	peuplier 18.6 aulne 14 épicéa 11.2 noisetier 6.8	hêtre 4.2 saulé 4.6 orme 5	sapin 2.1 érable 3.7 frêne 3.5	pépins troène pin sylvestre		
Total / moyenne		5483	100	430 à 1110	3.45	3.1	3.27	3.18		

Fig. 23.  
Synthèse des treize essences de charbon de bois les plus fréquentes du district jurassien (98.7%). Six autres essences qui représentent le 1.3% restant n'ont pas été retenues (bouleau, tilleul, cerisier, chêne, chèvrefeuille et sorbier). Le pourcentage de chaque essence est calculé par rapport au nombre total de fragments de cette essence sur l'ensemble du district (voir annexe 4).

<sup>19</sup> Dans ce même ordre d'idées, les données provenant du site de *Moutier, La Combe* n'ont pas été retenues pour la représentation graphique. Le sondage n'a en effet livré que 8 fragments de charbon dont 5 sont du hêtre et 3 du sapin.

Essence	Nombre	%
Hêtre	3328	60.7
Sapin	755	13.8
Érable	402	7.3
Épicéa	187	3.4
Saule	153	2.8
Aulne	143	2.6
Frêne	113	2.1
Noisetier	105	1.9
Orme	60	1.1
Peuplier	59	1.1
Fruits à pépins	59	1.1
Troène	28	0.51
Pin sylvestre	21	0.38
Bouleau	18	0.33
Tilleul	14	0.26
Cerisier	17	0.31
Chêne	14	0.26
Chèvrefeuille	5	0.09
Sorbier	1	0.02
Totaux	5482	100

Fig. 24.  
Synthèse des analyses anthracologiques par essence.

Si l'on considère maintenant la répartition géographique de ces secteurs, on constate que le premier, qui comprend les secteurs moins riches en hêtre, s'étend à partir de Saint-Brais, au Clos-du-Doubs, à la vallée de Delémont (Boécourt et environs, Undervelier-Soulce) et au Grand-Val. En revanche, le second ensemble, riche en hêtre, se limite au secteur qui va de la Combe Tabeillon, en passant par Saulcy, Lajoux, Rebévelier, jusqu'au Petit-Val.

Cette observation suscite deux remarques complémentaires. Premièrement, il apparaît que l'altitude absolue d'un site n'est pas obligatoirement un facteur déterminant dans la composition des essences représentées. Ce constat s'est vérifié dans plusieurs des secteurs décrits ci-dessus. Deuxièmement, l'influence de l'altitude est malgré tout perceptible si l'on regarde plus en détail les deux ensembles définis pour le *hêtre*. Le premier regroupe 48 ferriers dont l'altitude moyenne est de 900 m; chaque site a livré en moyen 66 fragments de charbon et compte 4,7 essences différentes. Le deuxième comprend 52 ferriers avec une altitude moyenne de 775 m; chaque site a fourni 44 fragments de charbon et il se compose de 5,2 essences différentes.

On s'aperçoit donc que, malgré le fait qu'ils comptent un tiers d'échantillons en moins par ferriers, les sites sidérurgiques de toutes les parties de la vallée de Delémont et du Grand-Val, ainsi que, dans une moindre mesure, ceux du Clos-du-Doubs et de Saint-Brais, comportent davantage d'espèces arborées et se caractérisent par une moins grande domination du *hêtre*<sup>20</sup>.

Pour terminer, si l'on compare nos résultats avec la liste des essences susceptibles de fournir un charbon valable en sidérurgie, qui a été dressée par P.-L. Pelet (voir l'introduction de ce cha-

née par le *hêtre*, omniprésent, et par le *sapin*, son fidèle compagnon. En effet, avec près des trois quarts des charbons examinés, ces deux essences masquent les autres aspects de cette réalité.

Le cas des ferriers de Lajoux contribue beaucoup à cette image: ces sites regroupent à eux seuls près de 20% de tous les charbons attribués soit au *hêtre*, soit au *sapin*. Mais il ne s'agit que d'un élément du puzzle. Le *hêtre* forme en effet deux ensembles distincts : l'un où cette essence représente moins de 60% (3 secteurs), voire moins de 50% (3 secteurs); l'autre où la part du *hêtre* est supérieure à 60% (5 secteurs).

pitre), il s'avère que toutes les essences arborées rencontrées dans le district jurassien y figurent également. Il serait toutefois hasardeux d'en tirer des généralités. Il faut en effet tenir compte, dans une approche régionale, des spécificités locales du paysage végétal et des choix opérés par l'homme (voir chap. 8).

En principe, l'artisan sidérurgique réduit en charbon les essences qui existent aux alentours de son établissement. Il peut aussi importer un combustible qui lui manque, p. ex. du charbon produit en plus grande quantité par des «entrepreneurs charbonniers»; de tels cas sont connus pour le charbon d'épicéa ou du *sapin*<sup>21</sup>.

### 2.3 Analyses palynologiques

Deux colonnes ont été prélevées dans des tourbières à Lajoux. Celles-ci sont toutes localisées à proximité de plusieurs ferriers. Les analyses palynologiques avaient fait l'objet d'un article (Richard et Eschenlohr 1998), mais au moment de la publication, toutes les données n'étaient pas encore disponibles. C'est la raison pour laquelle ces analyses ont été revues à la lumière des datations obtenues pour les ferriers de Lajoux, ainsi qu'en comparaison avec les résultats de l'étude anthracologique (respectivement chap. 5.3 et chap. 2.2.2.4).

#### 2.3.1 Présentation des diagrammes

Les essences rencontrées dans les deux colonnes palynologiques sont en partie assez surprenantes si on les compare avec les espèces déterminées par l'anthracologie. Seules les époques concernées par l'activité sidérurgique ont été prises en considération dans cette comparaison qui se limite donc volontairement aux périodes du Haut Moyen Age et du Moyen Age. Selon l'interprétation du palynologue, les résultats provenant de la tourbière *Derrière les Embreux* (altitude : 975 m) reflètent les changements de la composition d'une végétation locale, tandis que le site de *Dos le Cras* (altitude : 925 m) a enregistré des phénomènes plus lointains.

#### 2.3.2 Synthèse des données anthracologiques et palynologiques

Il est assez étonnant de constater le fort impact de l'homme sur le paysage végétal durant le Haut Moyen Age, dans une région où l'on ne dispose d'aucune preuve de présence humaine à cette période. Ce phénomène est encore plus frappant lorsqu'on observe à l'inverse le faible impact de l'homme durant la même période dans les diagrammes polliniques de la cuvette de Boécourt, *Les Montoyes* (Guélat et al. 1993). En effet, dans la vallée de Delémont, l'industrie du fer est bien implantée à partir du 6<sup>e</sup> siècle et l'on pourrait s'attendre à ce que des traces plus prononcées aient été laissées par cette activité dans les diagrammes polliniques.

<sup>20</sup> Si l'on exclut les secteurs pauvres en sites et en échantillons du Clos-du-Doubs et de Saint-Brais, la moyenne des espèces par site passerait à 5,8 !

<sup>21</sup> Communication écrite par P.-L. Pelet.

Période	Derrière les Embreux	Dos le Cras
5 <sup>e</sup> – 6 <sup>e</sup> siècles	E 3 : courbes irrégulières de sapin, de hêtre et d'épicéa ; charme (!) bien présent, comme le chêne (!), le noisetier et l'aulne (!).	C 3 : chute du taux du sapin ; lente diminution du hêtre ; faible présence du chêne (!), du noisetier et de l'aulne (!) ; phase riche en plantes cultivées, rudérales, messicoles.
13 <sup>e</sup> – 14 <sup>e</sup> siècles	E 5 : chute du taux du sapin, du hêtre ; lente diminution de l'épicéa ; forte augmentation du pin ; important développement des indices polliniques d'anthropisation.	C 5 : chute du taux du sapin et de l'épicéa ; diminution continue du hêtre ; développement de nombreuses herbacées.
époque moderne	E 6 : domination du pin ; tous les autres taxons en baisse, sauf les céréales, le plantain lancéolé et les Ponçages : marque de l'homme dans la région.	C 6 : dépression de pratiquement tous les taxons arboréens ; taux le plus élevé des pollens d'herbacées.
époque contemporaine	E 7 : retour d'un espace forestier plus diversifié ; élimination du pin à crochets au profit de plantations d'épicéa.	C 7 : retour d'un espace forestier dominé par le hêtre et l'épicéa ; le sapin ne reprend plus sa place ; taxons herbacés bien représenté : paysage agricole dominé par les prairies et les pâtures

Fig. 25.

Résumé des événements marquants à partir des diagrammes polliniques (annexes 5 et 6). Les indications au début de chaque description permettent de se référer aux zones polliniques dans les deux diagrammes : il ne s'agit toutefois pas de toute la phase, le calage chronologique se basant en effet sur les datations obtenues dans les deux diagrammes (chap. 5.3).

Durant la période du Haut Moyen Age, on perçoit très clairement un enregistrement différentiel du paysage végétal dans les diagrammes des deux tourbières : l'impact de l'homme (défrichement) semble nettement plus prononcé à *Dos le Cras* que *Derrière les Embreux*. Toutefois, la présence bien marquée du chêne et de l'aulne est déconcertante : en effet, pour ces deux essences arboréennes, les analyses anthracologiques ont démontré sans équivoque leur lien avec une altitude plus basse. Cette observation est confirmée par les études de la végétation. Il faut donc conclure que, dans les deux cas, un apport plus lointain en pollens est intervenu de façon non négligeable. La région la plus proche, susceptible de contenir ces essences et d'avoir subi l'impact de l'activité humaine, est en effet la partie occidentale de la vallée de Delémont, localisée entre 8 et 10 km à vol d'oiseau.

La phase principale qui a vu le développement des activités sidérurgiques de Lajoux et environs est celle du Bas Moyen Age. Trois essences arboréennes dominent le paysage végétal de la région et cela durant toute la période : il s'agit du *sapin*, de l'*épicéa* et du *hêtre*. Si l'ordre d'importance des trois espèces varie, on constate qu'à *Derrière les Embreux*, le pourcentage du *hêtre* est légèrement supérieur à celui des deux autres essences, du moins jusqu'au moment de son exploitation massive, datée dans ce diagramme des 13<sup>e</sup>-14<sup>e</sup> siècles. Le *sapin* subit un sort identique sur ce site. Le taux de l'*épicéa*, par contre, n'est presque pas affecté et celui du *pin* monte en flèche. A *Dos le Cras*, l'image diffère quelque peu, avec une domination nette du *sapin* jusqu'à l'impact de l'exploitation massive évoquée juste avant. L'*épicéa* est aussi marqué, mais de façon atténuée, par ce même événement. Quant au *hêtre*, sa présence diminue de façon constante depuis l'époque romaine et cette évolution n'est que renforcée sous l'impact de l'industrie sidérurgique.

Pour rappel, les essences principales déterminées par l'anthracologie à Lajoux étaient le *hêtre* ( $\pm 75\%$  des fragments déterminés), suivi du *sapin* ( $\pm 15\%$ ), de l'*épicéa* (6%) et de l'*érable* (3,6%).

De toute évidence, l'homme a sélectionné certaines essences arboréennes afin de les utiliser pour la réduction du minerai de fer. Son choix s'est d'abord porté sur le *hêtre*; ensuite, dans une moindre mesure, sur le *sapin* et l'*épicéa*. Le choix de ces deux dernières essences a certainement été conditionné par la composition même du paysage végétal, où ces deux espèces se trouvaient en grande quantité : il n'aurait pas pu en être autrement sans risquer un épisode rapide de la hêtraie. Cet épisode des ressources en bois de *hêtre* a cependant eu lieu plus tard, probablement sous l'impact de l'industrie sidérurgique moderne (haut fourneau d'Undervelier etc.) : cet événement s'est déroulé indiscutablement au cours des phases C 6 et E 6 des diagrammes (annexe 5 et 6). Il est d'ailleurs aussi valable pour le *sapin*. L'*épicéa*, quant à lui, n'a pas été touché de la même manière et reprend rapidement une place prédominante dans la forêt de cette région. Le dernier argument qui confirme enfin l'intervention de l'homme dans le paysage végétal en relation avec les activités de l'ancienne industrie du fer (principalement le défrichement pour le charbonnage) est la présence constante de l'*érable* dans les charbons de bois, alors que cette espèce ne se retrouve que sous forme de quelques pollens isolés dans les deux diagrammes.

Quant à la gestion du patrimoine forestier, en l'absence de données historiques pour la sidérurgie artisanale, la taille des échantillons disponibles est trop faible pour qu'on puisse proposer un modèle. On relève ainsi la relative abondance des arbustes à croissance rapide (*troène, noisetier et saule*). C'est un charbon que l'on peut faire tous les 12 à 20 ans sur la même coupe. P.-L. Pelet nous suggère à ce sujet l'existence de taillis poussant sous

une futaie clairsemée, plutôt que de taillis sans futaie<sup>22</sup>, comme on les recommande dès le 14<sup>e</sup> siècle pour l'industrie moderne.

Pour rappel, des taillis sont la partie d'un bois ou d'une forêt où il n'y a que des arbres et arbustes de faible dimension issus de souches et de drageons (pousse aérienne, née sur une racine, qui produit des racines adventives) et qu'on coupe à intervalles rapprochés. L'étage supérieur de la forêt, la futaie, regroupe les essences au tronc élevé.

En résumé, la confrontation des données palynologiques et anthracologiques a permis de constater l'impact majeur que représente le développement soudain de l'industrie sidérurgique dans la région de Lajoux au Bas Moyen Age. De surcroît, il est possible de démontrer que l'homme a judicieusement sélectionné les essences appropriées à l'activité sidérurgique (utilisation du charbon de bois comme combustible). L'interprétation technologique que l'on peut donner à ce choix est exposée dans les conclusions (chap. 8).

#### 2.4 Matières premières: l'apport expérimental

L'objectif principal de l'expérimentation est d'essayer de retrouver le savoir-faire de nos ancêtres. De ce fait, il est indispensable d'orienter une telle entreprise au plus près des connaissances acquises par le biais de l'archéologie et de l'histoire.

Le choix des matières premières constitue le point de départ de la chaîne opératoire de l'industrie sidérurgique. Il convenait donc d'amorcer la démarche expérimentale – comme celle que nous avons entreprise en 1996 – par la préparation du minerai de fer et du charbon.

De même que l'extraction, le lavage et le grillage constituent un traitement préalable du minerai avant sa charge dans le bas fourneau, de même l'obtention du combustible nécessite une opération préparatoire particulière. En effet, conscient des inconvénients liés à l'emploi d'un «mauvais» charbon produit de façon industrielle, le Groupe de travail pour l'archéologie du fer dans le Jura s'est fixé comme premier objectif la fabrication artisanale de charbon de bois. Deux meules à charbon ont donc été construites en mai 1996 à Lajoux.

Même si nous ne disposons pas encore d'étude détaillée relative à cette production artisanale de charbon, il est possible de présenter les résultats suivants :

- les dimensions de la meule de hêtre étaient d'environ 7,25 m dans les deux diagonales pour une hauteur initiale de 2,4 m.
- il a fallu 30 stères de hêtre pour construire cette meule, dont environ 5 stères pour le chauffage.
- le produit de l'opération s'est élevé à quelque 2,5 tonnes de charbon.
- la quantité de bois utilisé pour la construction de la meule de

sapin était à peu près identique ( $\pm$  30 stères); la production de cette meule ne s'est par contre élevée qu'à environ 2 tonnes de charbon.

- la durée complète du charbonnage – ou plutôt de la pyrolyse<sup>23</sup> – a été de douze jours pour chaque meule. La température maximale atteinte est de 700° C environ.

Notons que les conditions météorologiques se sont avérées très défavorables tant pour le travail des hommes que pour le processus de pyrolyse (pluie pendant toute la durée de l'opération). En outre, les charbonniers qui dirigeaient l'opération travaillaient pour la première fois avec des meules composées d'une seule essence; cette nouveauté les a contraint à modifier parfois leur façon d'agir en cours de charbonnage.

Une autre modification par rapport à la réalité historique est intervenue pour tenir compte des données archéologiques : lors de l'expérimentation, ce sont des troncs entiers de hêtre et de sapin qui ont été débités, à défaut de branches en quantité suffisante. Les analyses anthracologiques ont en effet clairement démontré que l'écrasante majorité du bois utilisé dans le processus de charbonnage est constituée de branchages, au point qu'il n'a guère été possible de trouver plus de deux fragments de charbon (sur presque 5000 !) susceptibles de fournir une datation dendrochronologique.

Pour conclure, au regard des résultats obtenus par le biais de l'anthracologie et de la palynologie, on peut ajouter que le choix de fabriquer une meule de hêtre et une de sapin s'est avéré tout à fait judicieux. Il correspond à la réalité mise en lumière par les analyses, tant pour les sites sidérurgiques de la région de Lajoux que pour le ferrier de Boécourt, *Les Boulies*. Cet aspect est abordé dans les conclusions (chap. 8).

<sup>22</sup> Communication écrite par P.-L. Pelet.

<sup>23</sup> Pyrolyse : décomposition chimique sous l'action de la chaleur seule.