

**Zeitschrift:** Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere

**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung

**Band:** - (2004)

**Heft:** 24b

**Artikel:** La Limonite du Valanginien, aspects minéralurgique et métallurgique

**Autor:** Serneels, Vincent

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1089785>

### **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:** 02.05.2026

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

## **La Limonite du Valanginien, aspects minéralurgique et métallurgique**

### **Résumé**

La «Limonite du Valanginien» est un calcaire marneux contenant une proportion variable d'éléments ferrugineux, sous forme de concrétions oolithiques, de débris de minerais de fer et de fragments d'organismes hématitisés. La puissance du gîte varie entre 1,5 et 3 m et la couche est constituée de bancs dans lesquels la proportion de particules ferrugineuses varie de 20 à 80 %.

En fait, les différents gisements renferment des minerais de qualité très variable. Grâce aux documents anciens, il est possible de mettre en lumière ces disparités et de mieux comprendre les difficultés économiques qui en découlent pour certaines entreprises métallurgiques.

### **Zusammenfassung**

Das «Limonit des Valanginien» ist ein Kalkmergel mit einem variablen Anteil an eisenhaltigen Elementen in der Form von oolithischen Konkretionen, Erzbruchstücken oder Fragmenten hämatitisierter Organismen. Die Mächtigkeit der Lagerstätte variiert zwischen 1.5 und 3 m; der Gehalt an eisenreichen Partikeln liegt zwischen 20 und 80%.

Die Qualität der Erze der verschiedenen Vorkommen ist sehr ungleich. Anhand der alten Dokumente lassen sich diese Unterschiede aufzeigen. Dabei gewinnt man ein besseres Verständnis für die wirtschaftlichen Schwierigkeiten, mit denen einige metallurgische Betriebe zu kämpfen haben.

La «Limonite du Valanginien» n'a fait l'objet d'aucune étude géologique moderne. Bien des questions sur sa nature et son mode de formation restent en suspens. Par contre, dans les comptes rendus anciens, on trouve un certain nombre de précisions concernant le traitement de ce minerai dans les différentes mines. Les variations que l'on constate sont le reflet, à la fois de la nature variable du minerai d'un gisement à l'autre ainsi que de la sensibilité des maîtres de forge.

## **1 Nature et composition de la «Limonite du Valanginien»**

L'épaisseur du niveau exploité est d'épaisseur variable, entre 1,65 et 3 mètres. Il est constitué par une alternance de bancs centimétriques à décimétriques (Fig.1) à tendance calcaire ou marneuse et contenant une proportion variable de concrétions ferrugineuses et d'éléments figurés bioclastiques ou détritiques ferruginisés. Certains bancs sont de véritables calcaires marneux relativement cohérents contenant seulement 10 à 20 % d'éléments limoniteux. Ils sont de couleur ocre (Fig.2, à droite et Fig.3). D'autres niveaux ont une consistance presque meuble et contiennent jusqu'à 80 % de particules ferrugineuses. Ils sont de couleur brun sombre (Fig.2, à gauche). On désigne cet ensemble sous le nom de «Limonite du Valanginien» ou «Limonite de Métabief».

Ce faciès enrichi en fer est intercalé dans un calcaire moins marneux et moins riche en fer, décrit comme rougeâtre dans lequel on trouve des niveaux marneux plus ou moins importants. C'est ce niveau que l'on dénomme le «Calcaire Roux» dans lequel on trouve toujours au moins une faible quantité de limonite. On lui attribue une épaisseur de l'ordre de 20 à 30 mètres. Les horizons enrichis en fer peuvent se trouver aussi bien à la base, qu'au milieu ou au sommet. Il n'y a pas de véritable continuité latérale.

Les «Calcaires Roux» passent aussi bien vers le haut que vers le bas à des niveaux de marnes. Ensemble, ces terrains constituent le Valanginien supérieur. A la base, celui-ci repose sur les couches de «Marbre Bâtard» appartenant au Valanginien inférieur. Au sommet, il est recouvert par les «Marnes de Hauterive» appartenant à l'Hauterivien inférieur.

La «Limonite» affleure très mal sur le terrain. Le Valanginien supérieur et l'Hauterivien inférieur forment un ensemble de dureté médiocre qui forme donc des dépressions généralement couvertes de prairies. Sa présence est surtout connue en raison des anciennes exploitations et éventuellement des stériles rejetés à l'extérieur. On signale des travaux miniers, principalement dans le secteur du Mont d'Or, entre le Lac de Saint Point (Doubs) et le Lac de Joux (VD), ainsi que dans le haut Val de Travers (NE). D'autres gisements sont mentionnés dans le Val de Mièges, principalement autour de Nozeroy. De la limonite est présente dans les Calcaires Roux dans le triangle qui réunit Dole (Doubs), Bienne (BE) et Oyonnax (Ain) (Guillaume 1966).

Ce faciès particulier n'a pas encore fait l'objet d'une étude sédimentologique moderne et les conditions de la formation de ce minerai ne sont pas clairement mises en



Fig. 1 : Aspect de la couche de «Limonite du Valanginien» exploitée à Oye-et-Pallet. On remarque clairement l'alternance des niveaux clairs (calcaires) et sombres (ferrugineux).



Fig. 2 : Aspect des faciès ferrugineux (à gauche) et calcaire (à droite) de la «Limonite du Valanginien» de Oye-et-Pallet.



Fig. 3 : Aspect d'un bloc du faciès calcaire de la «Limonite du Valanginien» de Oye-et-Pallet. Le bloc mesure 10 cm de large.

évidence. La seule étude de lames minces publiée concernant des échantillons provenant des mines du district du Mont d'Or remonte au début du siècle et porte sur des échantillons entrés dans la collection de l'Ecole des Mines de Paris en 1795 (Cayeux 1922 : Les Longevilles : Pl.XXXII, fig.70 et Métabief : Pl. XXXI, fig.72 et XXXV, fig.78). Quelques échantillons provenant de Oye-et-Pallet sont actuellement en cours d'étude (Fig.4 à 6). Le trait le plus déterminant semble être le caractère d'intense remaniement qui affecte ce sédiment. On y dénombre impressionnante série d'éléments figurés de diverses natures, clairement formés dans des conditions variées et tous rassemblés dans le même dépôt ultime. Ce sont toujours ces éléments qui sont ferrugineux alors que le ciment de la roche est essentiellement constitué de calcite. Les éléments figurés se répartissent en morceaux de roches diverses, en fragments d'organismes et en oolithes. Parmi les oolithes, on observe des grains essentiellement calcaires à côté de grains complètement constitués d'hématite ainsi que toutes sortes d'intermédiaires entre les deux. On observe également des oolithes brisées et d'autres qui après avoir été brisées, ont été restaurées par la cristallisation de nouvelles enveloppes. Parmi les morceaux de roches, on observe principalement des minerais de fer, oolithiques ou non, brisés en morceaux subanguleux. Ces roches possèdent un ciment ferrugineux. On observe aussi des calcaires peu ou pas du tout hématitisés. Les débris d'organismes sont eux aussi variés, avec en particulier des morceaux de Bryozoaires, de Mollusques et d'Echinodermes (Crinoïdes). Les Foraminifères sont très rares. Les fragments d'organisme sont souvent transformés en oxydes de fer, ou bien les loges et cavités sont remplies par de l'oxyde de fer. Plus rarement, ces fossiles sont restés sous forme de carbonates. Dans l'ensemble donc, il s'agit d'un dépôt détritique de particules assez grossières provenant de différents sédiments plus anciens remaniés. Ces dépôts remaniés se sont formés dans des environnements différents au départ. Pour le minerai de Oye-et-Pallet, des variations importantes dans la proportion entre

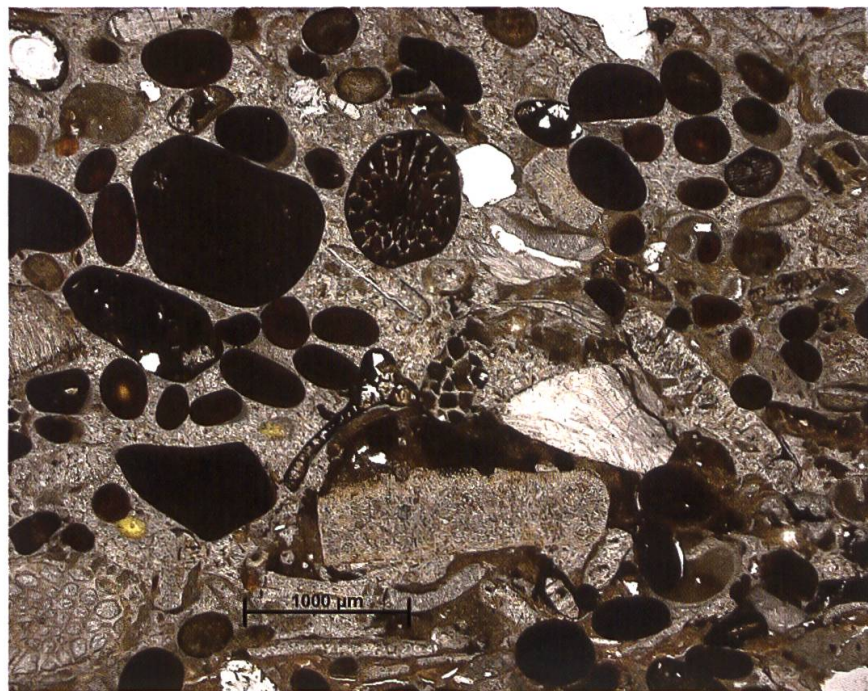


Fig. 4 : Aspect microscopique du faciès calcaire de la «Limonite du Valanginien» de Oye-et-Pallet. On observe la présence d'oolithes ferrugineuses, de pseudo-oolithes, de fragments d'organismes vivants calcaires et ferruginisés (Bryozoaires, Mollusques, etc).

Echantillon		LGV101	OYE101	OYE102
Provenance		Les Longevilles	Oye-et-Pallet	Oye-et-Pallet
Nature		minerai tout venant	minerai tout venant	concrétion ferrugineuse
SiO <sub>2</sub>	%	5.26	6.61	3.98
TiO <sub>2</sub>	%	0.08	0.08	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	3.96	3.34	0.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	29.27	18.98	84.09
MnO	%	0.21	0.18	0.03
MgO	%	0.80	0.78	0.25
CaO	%	29.33	36.05	0.12
Na <sub>2</sub> O	%	0.00	0.00	0.01
K <sub>2</sub> O	%	0.18	0.17	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.36	0.30	0.17
H <sub>2</sub> O	%	5.29	3.77	9.47
CO <sub>2</sub>	%	23.53	28.48	0.57
C.org.	%	0.11	0.15	0.00
Total	%	98.38	98.90	99.05
Zr	ppm	105	101	18
Y	ppm	3	6	4
Sr	ppm	103	188	30
Rb	ppm	12	15	<1
Ba	ppm	< 9	< 9	< 9
V	ppm	395	256	1335
Sn	ppm	6	5	<4
Sb	ppm	4	4	<3
Ag	ppm	<4	<4	<4
As	ppm	459	150	2140
Pb	ppm	59	39	169
Zn	ppm	82	77	297
Cu	ppm	<2	4	<2
Ni	ppm	70	51	1744
Cr	ppm	237	146	67
Co	ppm	83	66	119

Fig. 7 : Analyses chimiques de la «Limonite du Valanginien». Analyses effectuées par spectrométrie de fluorescence des rayons X au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne (Prof. H.R. Pfeifer, V. Serneels et J.C. Lavanchy).

les éléments ferrugineux et le ciment calcaire. D'après les descriptions anciennes (Cayeux1922), les échantillons provenant de différentes localités montrent des points communs, mais aussi des différences notables.

Les analyses chimiques anciennes sont rares et il est difficile d'évaluer leur représentativité. D'après ces anciennes données, le minerai concentré contenait entre 30 et 35 % selon les gisements. Par ailleurs, on ne dispose que de très peu d'analyses récentes (Fig. 7). Les deux analyses de minerai brut, avec 29 et 19 % d'oxydes de fer confirment la relative pauvreté. En même temps, l'analyse d'une grosse concrétion

Fig. 5 : Aspect microscopique du faciès ferrugineux de la «Limonite du Valanginien» de Oye-et-Pallet. Les oolithes et pseudo-oolithes ainsi que les fragments de minerai de fer roulés sont abondants, le plus souvent jointifs. Certains interstices sont occupés par un ciment calcaire, les autres sont vides.

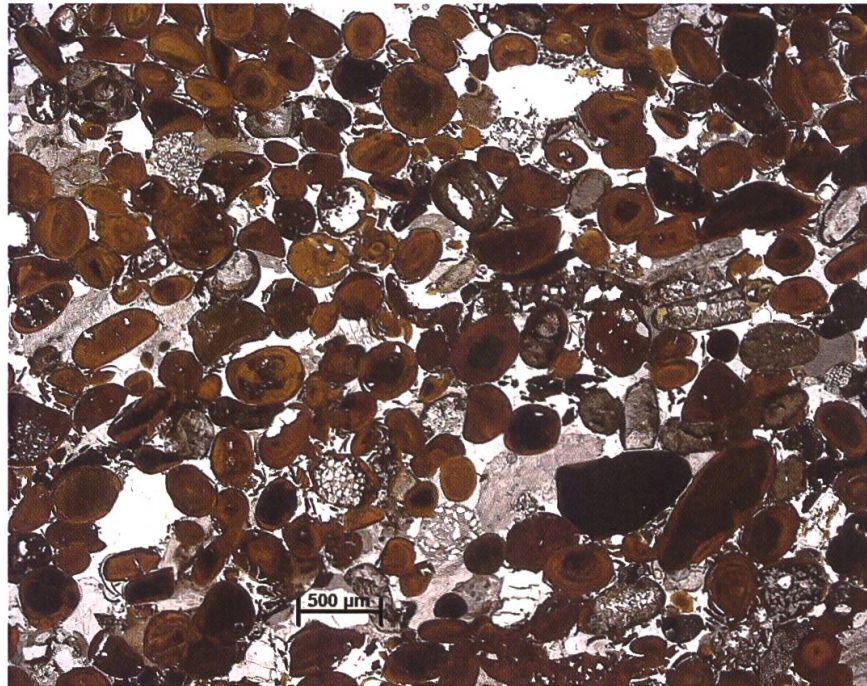
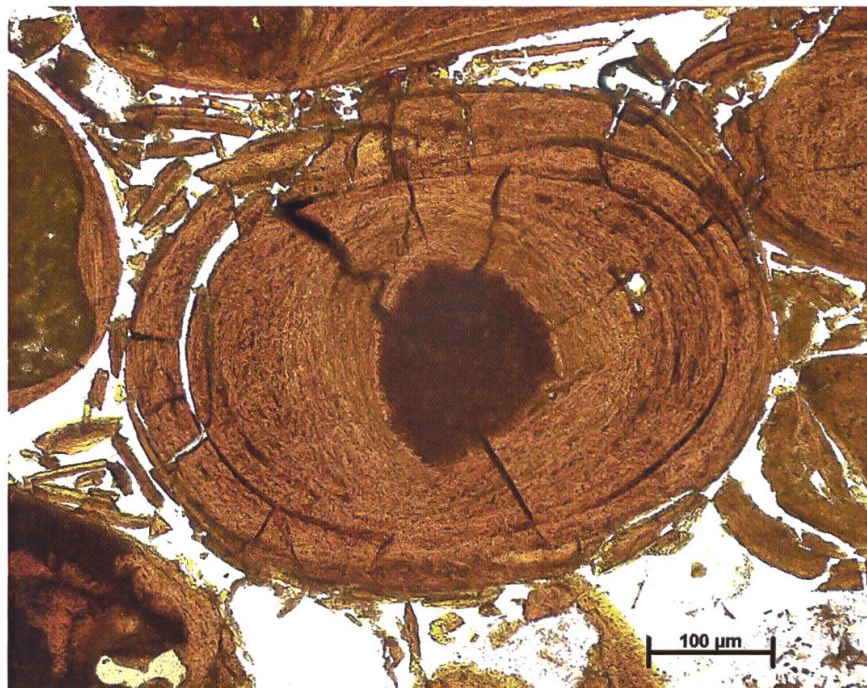


Fig. 6 : Détail d'une oolithe ferrugineuse écrasée dans la «Limonite du Valanginien» de Oye-et-Pallet.



THIRRIA 1833	LES LONGEVILLES			METABIEF			LES FOURGS			OYE -ET-PALLET		
		%	kg		%	kg		%	kg		%	kg
épaisseur du minerai (m)	2			3			1.9			1.65		
abattage minerai brut	x	100	1340	x	100	3000	x	100	4000	x	100	7000
tri souterrain	x						x	75		x	50	
transport au jour	puits			cheval			puits			puits		
exposition à l'air				1 an			1 an			1 an		
concassage	battoir						à la masse					
tri au jour	x	75										
criblage				x			x	37.5		x	25	
concassage des blocs				x								
lavage				x	30		x	25		x	19	
minerai concentré		75	1000		30	900		25	1000		19	1330
transport au fourneau	2 km			15 km			9 km			7 km		
rendement en fonte	31%	22.3	300	33%	10	300	31%	7.5	300	22.50%	4.2	300

Fig. 8 : Tableau comparatif des traitements des différents minerais du district du Mont d'Or. Les différences de qualité ressortent clairement. D'après Thirria 1833.

ferrugineuse, avec une teneur de plus de 80 % d'oxydes de fer, montre clairement qu'un processus d'enrichissement correctement mené à bien permet d'augmenter considérablement la teneur du concentré. La gangue est essentiellement constituée par de la calcite (CaO et CO<sub>2</sub>) ; la silice (SiO<sub>2</sub>) et l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ne jouent que des rôles mineurs. La concrétion isolée montre des teneurs en As, Ni, V et Zn particulièrement élevées alors que le Cr reste très bas.

## 2 Le traitement minéralurgique et métallurgique du minerai

Le compte-rendu de la visite de Thirria en 1833 fournit un certain nombre de précisions très intéressantes concernant le traitement du minerai (Fig. 8) qui permettent de mieux comprendre les disparités entre les différents gisements.

Le gisement des Longevilles offre apparemment les meilleures conditions d'exploitation. La couche est épaisse d'environ 2 mètres ce qui permet de tracer les galeries dans la masse du minerai sans avoir besoin d'extraire des stériles. Le minerai abattu fait cependant immédiatement l'objet d'un tri dans la mine même. Les parties jugées les moins riches sont laissées au fond et remblayées dans les chantiers abandonnés. Sur le carreau de la mine, le minerai subit un concassage à la suite de quoi, un nouveau tri est effectué. Au cours de ces deux opérations de triage, on rejette en moyenne 25 % de la roche abattue. Le minerai concentré est directement envoyé au haut fourneau de Rochejean. Le minerai étant riche en carbonate, on ne lui ajoute évidemment pas de fondant calcaire. Par contre, on trouve la mention de l'utilisation d'un fondant argileux (herbue), mais on ne sait pas dans quelle proportion il a été utilisé. On trouve dans l'Annuaire statistique du Doubs des chiffres de rendement concernant le roulement du haut fourneau de Rochejean en comparant la quantité de minerai traitée et celle de la fonte produite. Le bilan s'établit à 31 %.

A Métabief, les conditions sont un peu moins bonnes. L'épaisseur de la couche permet, là aussi, d'exploiter le minerai dans la masse sans avoir à abattre beaucoup de

stériles. La disposition du gisement, pratiquement horizontale, permet d'utiliser un cheval et d'un chariot pour transporter le minerai à l'extérieur. Le minerai extrait est alors laissé à l'air libre pendant au moins un an. La pluie et le gel fragilisent le minerai qui «tombe en poussière». Le résidu est passé au crible. Les morceaux de calcaire qui ont résisté sont séparés de la fraction fine. Les blocs sont triés à la main et les plus pauvres sont rejetés. Les plus riches subissent un concassage. La poussière ainsi que le minerai concassé sont ensuite lavés dans un lavoir à bras. On retire ainsi un concentré qui ne représente plus que 30 % de la roche extraite. Ce procédé est jugé peu efficace par l'ingénieur des mines qui constate qu'une bonne partie des grains ferrugineux de petite taille sont perdus lors du lavage et entraînés par les eaux. Le concentré est envoyé au haut fourneau de Pontarlier (en certaines occasions il sera aussi utilisé à Rochejean). Là, il est fondu avec un ajout de sable de quartz (30 %). Le rendement est de 33 % de fonte.

Aux Fourgs, la situation est assez similaire. Le minerai est plus pauvre. Après l'abattage, on procède à un premier tri qui aboutit au rejet d'environ 25 % de la masse. Il faut ensuite transporter le minerai à l'extérieur où il est exposé aux agents atmosphériques pendant «un an ou deux». Le minerai brut est ensuite passé au crible. Les blocs de calcaire qui ne se sont pas délités, jugés trop pauvres sont rejetés. Ils représentent environ la moitié de la masse. La fraction fine est ensuite lavée dans un lavoir à bras. A nouveau, on perd un tiers de la masse. Au bout du compte, le concentré ne représente qu'un quart du volume extrait (Thirria donne un douzième, soit à peine 8,25 %, mais de son calcul ou de son texte, l'un est faux). Le concentré est envoyé à Pontarlier où il est fondu avec une adjonction de 20 % de quartz. Si Thirria parle de quartz, dans le document concernant les essais dans le haut fourneau de Pontarlier, le fondant utilisé est qualifié d'herbue (Pelet 1971). D'après Thirria, on produit 31 % de fonte.

Enfin, à Oye-et-Pallet, le minerai est encore plus médiocre. Juste après l'extraction, le minerai est trié au fond de la mine et on rejette la moitié de ce qui a été abattu. Il faut ensuite exposer le minerai pendant une année et procéder à un concassage à la masse des blocs qui ont résisté. Le minerai est ensuite criblé et les plus gros morceaux sont mis au rebut. La poussière est lavée à l'eau et on récupère seulement les trois quarts. Au final donc, moins de 20 % (18,75 %) du volume du gîte est réellement utilisée dans le haut fourneau de Pontarlier. La mine de Oye-et-Pallet ne donne que 22,5 % de fonte. De plus, elle est difficile à fondre seule et a tendance à s'agglutiner, comme le remarquent les experts vaudois en 1820 (Pelet 1971).

### **3 Conclusion**

La «limonite du Valanginien» correspond bien à un seul faciès géologique, un seul type de minerai. Cependant, d'un gisement à l'autre, la qualité de celui-ci est très variable. Au bout du compte, pour 1350 kg de minerai extrait dans la mine des Longevilles, la production de fonte dans le haut fourneau de Rochejean est d'environ 300

kg. Le travail de préparation du minerai est minime puisqu'un simple concassage suffit. Les frais de transport sont réduits puisque le fourneau est à moins de deux kilomètres de la mine. A l'opposé, il faut extraire 7000 kg de roche à Oye-et-Pallet pour obtenir 1350 kg de minerai concentré qui donneront les mêmes 300 kg de fonte dans le haut fourneau de Pontarlier. De longues opérations de tri et de lavage seront nécessaires pour aboutir à ce résultat. Le transport sera effectué sur plus de 10 km pour atteindre le fourneau. Les disparités sur le plan de l'approvisionnement en minerai sont donc considérables entre les différentes entreprises sidérurgiques du secteur. Elles expliquent les difficultés rencontrées à Pontarlier et à La Ferrière sous Jougne, alors que le haut fourneau de Rochejean est une entreprise nettement plus stable et sans doute plus prospère.