

LES MINÉRAIS DE FER OOLITHIQUES
ET LE PASSAGE DU TOARCIEU AU MÈDIOJURASSIQUE
EN FRANCHE-COMTÉ ¹.

PAR Ch. Finaton ².

Des recherches récentes exécutées sur les minerais de fer supra-liasiques de Franche-Comté ont permis de reconnaître l'existence d'une formation ferrugineuse importante par son étendue, sinon par sa teneur. Des travaux de sondage, contrôlés avec soin, ont fait connaître, dans leurs détails, des coupes qui s'étendent du Bathonien moyen jusqu'au toit du Charmouthien. Si l'absence, à peu près totale, de fossiles déterminables dans ces sondages interdit de fixer des limites précises aux étages stratigraphiques, certaines analogies pétrographiques permettent cependant de faire des rapprochements. En particulier, l'Aalénien semble assez bien s'individualiser, sinon comme division stratigraphique, du moins comme faciès. Ces recherches ont aussi permis de confirmer dans l'ensemble les prévisions que l'on pouvait avoir sur la tectonique de la région ; elles ont fourni, enfin, à l'industrie des données techniques intéressantes pour un avenir plus ou moins éloigné.

Constatons en passant, le peu d'intérêt qui semble avoir été accordé à cette formation ferrugineuse, qui, teneur mise à part, est comparable comme importance géologique et comme étendue reconnue, aux gisements lorrains. Elle est simplement mentionnée dans la plupart des nombreux ouvrages concernant la Franche-Comté et le Jura (1), (14). Pour trouver quelques précisions, il faut s'adresser aux Archives de l'Administration des Mines (8) et aux ouvrages du frère Ogérien (2), de Thirria (3), d'Ant. Merle (4) et, en dernier lieu de L. Cayeux (5).

I. — HISTORIQUE SOMMAIRE. LIMITES DES GISEMENTS ÉTUDIÉS
ET ÉTUDE DES AFFLEUREMENTS.

L'existence de couches ferrugineuses est connue depuis le début du siècle dernier (8) et l'histoire de leur exploitation est étroitement liée à celle de la métallurgie du fer.

1. Cette étude est publiée avec l'autorisation de la « Société Anonyme des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est », 25, rue de Clichy, à Paris. Cette Société a fait procéder aux prospections, recherches et sondages, ainsi qu'à l'analyse des échantillons provenant des carottes obtenues.

2. Note présentée à la séance du 16 avril 1934.

Dès 1830, et pendant toute la période où la sidérurgie au bois était encore active en France, de nombreuses mines sont ouvertes sur les affleurements. Il s'agissait alors de rechercher des minerais calcaires formant avec les minerais siliceux sidérolithiques ou alluvionnaires que l'on trouvait en surface, des mélanges facilement fusibles. Des travaux sont faits sur les affleurements et des concessions sont accordées. Les mines sont à ciel ouvert pour la plupart ou poussent quelques courtes galeries à l'intérieur du gîte. On peut, malgré les éboulements, le recouvrement par les ronces, presque toujours en retrouver la trace. C'est ainsi que de l'Ouest à l'Est on peut trouver des fragments d'oolithe ferrugineuse depuis Chalindrey (Haute-Marne) jusqu'au point où la vallée de l'Ognon coupe la falaise de calcaires mésojurassiques, en passant par Pisseloup-Suaucourt (Haute-Saône), Noroy, Jussey, Purgerot, Conflandey, Favernay, Bougnon, Echenoz-la-Méline, Navenne, Calmoutiers, Velleminfroy, Oppenans, Orricourt. De petites vallées découpent le bord du plateau et permettent de retrouver le minerai à Vellefaux, Dampvaley, Noroy-le-Bourg, Velleguindrey.

La zone des synclinaux de la vallée de l'Ognon, une série de failles parallèles ou transversales (6), font affleurer à nouveau les couches entre les cours du Doubs et de l'Ognon. Seulement, comme on se rapproche de la bordure des plateaux jurassiques, les lignes d'affleurement ont beaucoup moins de netteté et de continuité. On peut noter, dominant la vallée de l'Ognon, l'existence du minerai à Rougemontot et Bournois, tandis que dans la vallée même du Doubs, on peut le retrouver à Clerval et surtout à Laissey et Deluz ; de petites vallées et des failles permettent de repérer encore la zone à minerai aux environs de Guillon-les-Bains et de Passavent.

Dans toute la région avoisinant Besançon, bien qu'il n'existe aucune lacune nettement apparente dans la série des dépôts, la zone à minerai, ou plutôt ce minerai lui-même, fait complètement défaut (7). Mais on le retrouve plus au Sud ou plus à l'Ouest, à Vorges, Abbans-Dessus, Quingey, et surtout aux environs d'Ougney, dans la partie du gisement qui pénètre dans le département du Jura.

Les gisements de Laissey-Deluz ont eu, de 1869 à 1883, une certaine importance ; ils alimentèrent une partie des forges de la région et un important tonnage fut expédié aux hauts fourneaux du Creusot, de Chasse, Givors, Firminy. Le gisement d'Ougney alimenta jusqu'en 1888 les forges de Fraisans, un des établissements métallurgiques les plus importants de la Franche-Comté.

Ceci montre bien que les minerais de fer supra-liasiques avaient une certaine importance et l'on peut s'étonner, comme nous le disions tout à l'heure que leur étude ait été jusqu'à présent assez négligée. D'autre part, en se reportant à la carte au 1/80.000, on peut se rendre compte que les affleurements reconnus, exploités en de nombreux points, supposent que les couches occupent sous la surface des plateaux une vaste étendue.

En beaucoup d'endroits, la formation ferrugineuse est assez facile à repérer. Elle correspond en effet au point où s'établit la rupture de pente entre les calcaires compacts du Bajocien et les marnes plus ou moins schisteuses du Toarcién. C'est exactement la même constatation que l'on fait sur le versant est des plateaux lorrains. Cependant, en Franche-Comté, contrairement à ce que l'on constate aux environs de Nancy, Metz et Longwy, il semble que partout aux affleurements, il n'existe qu'une seule couche de minerai de fer, dont la puissance et la teneur sont en général d'une grande irrégularité. C'est ce que l'on peut constater dans le tableau ci-dessous, qui donne la puissance moyenne de la couche dans différentes localités, ainsi que les teneurs moyennes en Fe, SiO₂, Al² O₃, et CaO.

Localités	Puissance moyenne	Fe	SiO ₂ ou insolubles	Al ² O ₃	CaO	Auteurs
<i>H^o. Saône :</i>						
Pisseloup.	0 ^m 50-2 ^m 85	25-43 %	18		19	(8)
Jussey.	2 ^m à 2 ^m 50	29-35 %	6 à 12	5 à 8	15	»
Noroy.	1 ^m 50-2 ^m	30	15	5	15	»
Favernay.	2 ^m -15	27	18	12	33	(3)
Vellefaux.	4 ^m	29				(8)
Velleminfroy.	1 ^m 50-2 ^m 50					
Calmoutiers.	1 ^m 30	26				(8)
Oppenans.	1 ^m 60	21,4	16	0,8	33	EBELMEN
Orricourt.	1 ^m 60					
<i>Doubs :</i>						
Laissey.	3 ^m 50	28				(4)
Souvence.	4 ^m	24	23	10	25	(2)
Grand Vaire.	3 ^m 50	28		29	12	(8)
Deluz.	4 ^m 50	24		18	27	»
Rougemontot.	2 ^m 50-4 ^m	25-30 %	9	0,8	21	(2)
<i>Jura :</i>						
Ougney.	2 ^m 50-4 ^m	18-32 %	5	8-18	15	(2)

Le minerai est une roche rouge, compacte, dont les oolithes se distinguent assez facilement à l'œil nu, ou tout au moins à la

loupe. Le ciment est calcaire le plus souvent. Les échantillons les plus pauvres apparaissent comme possédant un ciment marneux, on y distingue très souvent des débris organiques : encrines ou mollusques.

Il importe d'insister sur ce point, que la formation ferrugineuse signalée par Thirria (3), le frère Ogérien (2), Ant. Merle (4) ou dans les Archives de l'Administration des Mines, est partout considérée comme ne comprenant qu'une seule couche. Il faut remarquer cependant, qu'aux anciens travaux d'Echinox-la-Méline, il existe un petit banc ferrugineux de 0 m. 20 à 0 m. 38 surmontant la couche principale, dont il est séparé par 0 m. 50 de calcaire. De même à Jussey, la couche se trouve barrée en son milieu par un petit banc de calcaire marno-ferrugineux (8).

Les terrains qui surmontent la couche de minerai, s'ils sont en général assez facilement accessibles, ne sont que rarement observables sur toute leur épaisseur. Pour avoir une coupe complète, il faut se reporter à des carrières qui se trouvent parfois assez éloignées des affleurements (fig. 1). Quant aux terrains immédiatement sous-jacents, ils sont recouverts d'éboulis et de végétation

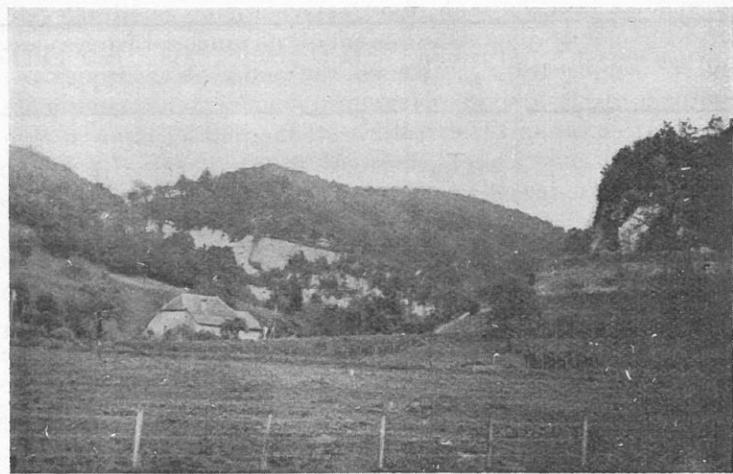


FIG. 1. — Escarpements bajociens dans la vallée du Cuisancin, près de Guillon-les-Bains.

et l'on ne peut les observer que très imparfaitement dans des tranchées de route. En schématisant les différents aspects du Bajocien, on peut admettre que la falaise calcaire surmontant le minerai présente, de haut en bas, la coupe suivante :

1° Calcaires compacts saccharoïdes, blanchâtres contenant quelques débris de Nérinées et de Bélemnites. L'épaisseur varie de 10 à 40 mètres.

2° Calcaires à Polypiers, gris ou jaunâtres, parfois parfaitement blancs. Ant. Merle (4) y signale : *Ditremaria ornata*, *Terebratula ornata*, *T. perovalis*, *T. Philippsi*, *T. sphaeroïdalis*. L'épaisseur est très variable, de quelques mètres à 50 ou 60 mètres.

3° Calcaires à entroques gris, jaunâtres ou blanchâtres, passant parfois à des calcaires sableux ou à des calcaires oolithiques. L'épaisseur, assez régulière est de 50 à 60 mètres. Cette zone passe souvent insensiblement à la suivante.

4° Calcaires oolithiques avec oolithes ferrugineuses formant en de nombreux points une couche de minerai de fer oolithique plus ou moins calcaire. On trouve souvent, en dessous de cette couche ferrugineuse, une petite couche de calcaires à entroques ou oolithiques, où Ant. Merle (4) signale : *Ludwigia Murchisonae*, *L. concava*. La puissance attribuée à cet ensemble est de 25 mètres environ.

Sur les falaises, la première et même la seconde zone font souvent défaut.

Grâce à l'existence, à la base, d'un calcaire souvent marneux, le Bathonien forme une seconde falaise qui est très en retrait sur celle du Bajocien. Comme nous le retrouverons en détail dans les sondages, nous ne nous en occuperons pas ici.

Les terrains inférieurs à la formation ferrugineuse ne peuvent guère s'observer que dans l'exploitation de schistes bitumineux ouverte à Creveney, non loin de Luxeuil. Ce sont les schistes à Posidonies classiques, gris foncé, absolument analogues à ceux que l'on rencontre en Lorraine où ils sont connus sous le nom de « schistes cartons ». Ils s'allument dans une flamme, brûlent avec une odeur caractéristique et s'altèrent lentement au contact de l'air en prenant une teinte jaunâtre.

Aux environs de Besançon, la couche à minerai de fer fait nettement défaut, comme l'a montré Deprat (7), dans une coupe rappelée ci-dessous pour mémoire :

- | | |
|---|---------|
| 8. Calcaires à Polypiers. | |
| 7. Calcaires cloisonnés à <i>P. Pumilus</i> abondants. | 1 m. 40 |
| 6. Grès micacés et calcaires à rares <i>P. Pumilus</i> et <i>L. opalina</i> | 4 m. |
| 5. Marnes sèches à <i>L. opalina</i> et <i>G. aalense</i> . | 0 m. 40 |
| 4. Calcaires à entroques. | 2 m. |
| 3. Calcaires gréseux à <i>L. opalina</i> et <i>L. aalense</i> . | 4 m. |
| 2. Marnes bleues micacées sans fossile. | 3 m. |
| 1. Marnes toarciennes ammonitifères (<i>Lioceras complanatum</i>) | 30 m. |

On peut constater, dans cette coupe, que l'absence de minerai correspond à l'absence de faciès oolithique.

Non loin de Pirey, entre Recologne et Audeux, sur la route de Marnay, on peut faire, dans une petite carrière récemment ouverte une constatation analogue. Un calcaire compact, bleuâtre dans la masse et jaunâtre en surface par altération, se trouve immédiatement en contact avec les marnes micacées toarciennes. On ne trouve pour ainsi dire pas d'oolithes, sauf quelques-unes très disséminées et qui sont d'ailleurs presque toutes hématisées. Nous verrons qu'une constatation correspondante a été faite dans un des sondages.

II. — SONDAGES DE RECHERCHES.

Pour recouper les couches de minerai de fer à l'arrière des affleurements, cinq sondages ont été forés, à proximité des villages de Vy-lès-Filain, Val-de-Roulans, Malange, Combeaufontaine et Champlive.

1° Sondage de Vy-lès-Filain.

Situé exactement entre les agglomérations de Filain et de Vy-lès-Filain, à 5 km. environ à l'arrière des affleurements de la région de Vesoul.

Cote de l'orifice : 255 m.

Profondeurs :	Nature des terrains :	Puissances :
3.00.	Terre végétale et argile.	3.00
8.40.	Calcaire marneux.	5.40
9.55.	Calcaire pseudolithographique avec taches noires bitumineuses.	1.15
10.70.	Calcaire compact grisâtre.	1.15
11.10.	Calcaire à grosses entroques et cristaux de calcite.	0.40
13.70.	Calcaire lithographique gris avec points noirs et décollements bitumineux.	1.10
16.55.	Même calcaire à grains plus fins.	2.85
18.55.	Calcaire gris à gros grains passant à des calcaires lithographiques avec nombreux décollements bitumineux.	2.00
20.40.	Même calcaire plus marneux.	1.85
21.15.	Calcaires lithographiques avec décollements marneux.	0.85
23.70.	Calcaires compacts gris avec quelques entroques et oolithes.	2.55
24.55.	Même calcaire avec décollements bitumineux.	0.85

26.65	Mélange de calcaires marneux plus ou moins grossiers, de calcaires lithographiques avec quelques entroques cimentées par de la calcite pure. Belles géodes de calcite.	2.10
30.00	Calcaires compacts gris avec passages marneux, quelques oolithes et entroques.	3.35
38.15	Calcaires plus ou moins marneux avec nombreuses oolithes et décollements bitumineux.	8.15
41.65	Calcaires gris oolithiques, coquilliers à la base.	3.50
44.40	Mêmes calcaires plus marneux.	2.75
45.80	Calcaires gris avec oolithes et entroques.	1.40
57.10	Mêmes calcaires avec décollements bitumineux.	11.30
61.65	Mêmes calcaires sans bitume.	4.55
61.80	Brouillage calcaro-marneux.	0.15
67.10	Calcaires oolithiques blancs.	5.30
71.80	Mêmes calcaires grisâtres.	4.70
73.15	Mêmes calcaires plus foncés.	1.35
74.35	Brouillage marno-calcaire.	1.20
78.40	Calcaire marneux oolithique gris.	4.05

Base probable du Bathonien.

80.60	Calcaires saccharoïdes avec quelques oolithes et décollements bitumineux.	2.20
90.25	Oolithe miliaire grise à la base.	9.65
91.20	Calcaire saccharoïde mélangé d'entroques.	0.95
100.00	Oolithe miliaire blanche ou grise.	8.80
111.80	Calcaires saccharoïdes gris ou jaunes.	11.80
118.00	Calcaire oolithique gris avec quelques entroques.	6.20
128.05	Même calcaire un peu marneux.	10.05
132.00	Calcaires à polypiers.	3.95
151.60	Calcaires saccharoïdes un peu marneux avec oolithes et entroques.	19.60
153.95	Calcaire à polypiers.	2.35
168.65	Calcaire à entroques blanc devenant marneux à la base.	14.70
169.45	Brouillage marno-calcaire.	0.80
173.50	Calcaire à entroques avec oolithes et passages ferrugineux (un fragment douteux de <i>C. Humphriesianum</i>).	4.05
175.46	Minerai de fer plus ou moins calcaire.	1.96
175.75	Calcaire coquillier un peu ferrugineux.	0.29
175.87	Petit banc de grès jaune.	0.12
184.34	Calcaires gris oolithiques avec entroques et un peu gréseux à la base.	8.47
188.51	Minerai de fer calcaire.	4.17
189.41	Calcaire ferrugineux passant à un calcaire coquillier.	0.90
190.52	Marnes micacées.	1.11

193.10	<i>Minerai de fer calcaire-marneux.</i>	2.58
194.00	Calcaire ferrugineux pauvre.	0.90
201.79	Marnes micacées avec filets de calcite et oolithes ferrugineuses.	7.79
274.03	Marnes noires, bleuâtres, micacées avec quelques rognons de calcaire.	72.24
292.29	Marnes devenant de moins en moins micacées. Quelques petites Posidonies à la base.	18.26
314.40	<i>Marnes bitumineuses</i> plus ou moins schisteuses, s'allumant dans une flamme. Belles Posidonies.	22.21
324.59	Marnes grises charmouthiennes.	10.16

Fin du sondage de Vy-les-Filain.

2° Sondage de Val-de-Roulans.

Situé à côté de l'agglomération du même nom, à peu près à égale distance entre les affleurements de Rougemontot et ceux de la vallée du Doubs.

Cote de l'orifice : 391 m.

Profondeurs :	Nature des terrains :	Puissances :
3.00	Terre végétale calcaire.	3.00
4.00	Calcaire.	1.00
6.10	Calcaires compacts avec fines oolithes et débris de Lamellibranches.	2.10
11.40	Mêmes calcaires avec quelques entroques à la base.	5.30
11.50	Même calcaire très oolithique.	0.10
32.40	Calcaire compact lithographique, gris ou bleuâtre imprégné de bitume, quelques entroques à la base.	21.10
38.45	Même calcaire avec taches bleues.	6.05
39.25	Calcaire oolithique avec entroques.	0.80
54.20	Calcaires lithographiques avec quelques oolithes et entroques. Imprégnations bitumineuses.	14.95
95.00	Même série un peu plus oolithique.	40.80

Base probable du Bathonien.

102.00	Oolithe miliaire.	7.00
117.20	Calcaire oolithique avec entroques et décollements bitumineux. Plus blanc à la base.	5.20
117.65	Brouillage marno-calcaire.	0.65
117.85	Passage plus calcaire.	0.20
131.40	Calcaires imprégnés de bitume, avec oolithes, entroques et débris de lamellibranches.	13.55
132.00	Brouillage marno-calcaire.	0.60
136.00	Calcaires oolithiques avec quelques entroques et imprégnations bitumineuses.	3.10

137.10	Brouillage marno-calcaire.	1.10
161.90	Série de calcaires plus ou moins oolithiques, avec entroques, calcite à polypiers, passages saccharoïdes et décollements bitumineux à la base.	24.80
174.54	Calcaires à entroques devenant oolithiques à la base.	12.64
175.44	Brouillage marno-calcaire.	0.90
183.75	Calcaires à entroques avec quelques oolithes à la partie supérieure.	8.29
190.10	Calcaire saccharoïde avec entroques et passages bitumineux.	6.35
194.70	Brouillage marno-calcaire avec calcite.	4.60
207.52	Calcaires gris à entroques plus ou moins marneux et ferrugineux à la base.	13.23
226.40	Mêmes calcaires plus saccharoïdes.	18.88
226.49	Petit banc de marnes micacées.	0.09
236.93	Calcaires plus ou moins saccharoïdes avec oolithes et entroques, décollements ferrugineux et marneux.	10.44
241.57	<i>Couche de minerai calcaire.</i>	4.64
258.49	Calcaires à entroques un peu marneux.	16.92
258.69	Petit banc de marnes noires.	0.20
259.74	Calcaire marneux ferrugineux à la base.	1.05
261.83	<i>Minerai rouge oolithique, calcaire.</i>	2.09
266.63	Calcaire gris passant aux marnes micacées, quelques entroques.	4.90
282.14	Marnes micacées.	?

Fin du sondage de Val-de-Roulans.

3° Sondage de Malange.

Situé non loin de l'agglomération du même nom et à 6 km. environ de l'entrée de l'ancienne mine d'Ougney.

Cote de l'orifice : 218 m.

Profondeurs :	Nature des terrains :	Puissances :
3.85	Terre végétale et calcaire.	3.85
6.00	Alternance de calcaire et de marne.	2.15
8.55	Calcaires à entroques jaune ou bleu.	2.55
8.90	Marnes gris bleu.	0.35
22.98	Calcaires oolithiques avec entroques et passages ferrugineux.	12.08
26.90	Calcaire marneux passant à des marnes micacées.	3.92
29.98	<i>Minerai de fer oolithique calcaire.</i>	3.08
53.90	Marnes micacées.	?

Fin du sondage de Malange.

4° Sondage de Combeaufontaine.

Situé à 12 km. au Sud de l'ancienne mine de Jussey et à 4 km. au Sud d'une importante faille EW qui met le Bajocien en contact avec des lambeaux de Trias.

Cote de l'orifice : 221 m.

Profondeurs :	Nature des terrains :	Puissances :
5.10	Terre végétale.	5.10
7.00	Calcaires blancs à grains fins passant à un calcaire oolithique.	3.90
15.45	Calcaires gris bleu avec oolithes et entroques ; géodes de calcite.	8.45
16.65	Brouillage marno-calcaire.	1.20
20.15	Alternance de calcaires et de marnes.	3.50
68.70	Calcaires lithographiques à taches bleues, un peu marneux à la base.	48.55
75.60	Calcaire à entroques.	6.90
105.15	Alternance de calcaires oolithiques avec entroques et de calcaires saccharoïdes et lithographiques en bancs de faibles puissances.	39.55
105.55	Brouillage marno-calcaire.	0.40
120.02	Calcaire noirâtre, irrégulier avec oolithes et quelques entroques et décollements bitumineux.	14.47
135.64	Important brouillage marno-calcaire.	15.62
147.44	Calcaire gris ou blanc à fines oolithes et décollements bitumineux.	11.80
157.29	Calcaire compact passant insensiblement à un brouillage marno-calcaire contenant des fragments de polypiers.	8.15
165.69	Calcaire compact à entroques, marneux.	8.40
179.50	Calcaire saccharoïde gris avec oolithes et entroques.	13.81
183.25	Calcaire à fines entroques.	3.75
211.20	Calcaires à entroques de plus en plus grosses et nombreuses, un peu de bitume sous forme de décollements.	27.95
212.55	Alternance de calcaires gris et noirâtres plus ou moins oolithiques et un peu ferrugineux.	1.35
218.20	Calcaire gris noir avec oolithes et entroques, ferrugineux à la base.	5.65
219.10	Calcaire compact avec fines entroques.	0.90
223.00	Calcaire compact avec fines entroques, les oolithes sont ferrugineuses, mais de minces filets seulement prennent l'aspect d'un minerai.	3.90
223.97	Calcaire bleu roussâtre très marneux avec entroques et oolithes ferrugineuses.	0.97

229.07	Marnes noires micacées.	5.10
231.29	Brouillage marno-calcaire.	2.22
282.43	Marnes micacées. Empreintes d'algues douteuses, vers 243 m.	?

Fin du sondage de Combeaufontaine.

La limite du Bathonien et du Bajocien dans ce sondage est encore plus incertaine que dans les précédents. Deux faits sont à remarquer : d'abord l'abondance et l'importance des brouillages marno-calcaires, qui semblent bien correspondre, dans l'aspect des carottes, à des passages de failles ; ensuite, on doit noter l'absence de faciès franchement oolithique, qui correspond singulièrement à l'absence des couches minéralisées rencontrées dans les autres forages.

5° Sondage de Champlive.

Situé à 2 km. 1/2 environ de l'ancienne mine de Laissey-Deluz, au Sud de la vallée du Doubs.

Cote de l'orifice : 402 m.

Profondeurs :	Nature des terrains :	Puissances :
3.00	Terre végétale et argile.	3.00
15.00	Argile bleue, compacte.	12.00
<i>Base probable du Callovien.</i>		
30.10	Importante assise de calcaires durs blanchâtres avec quelques passages un peu oolithiques.	15.10
40.00	Calcaires moins durs, jaunâtres avec quelques passages oolithiques, devenant marneux à la base.	9.90
52.00	Alternance de couches calcaires plus ou moins marneuses jaunes, et d'argiles.	12.00
58.60	Calcaires gris bleu ou jaunes avec passages saccharoïdes, débris d'entroques et quelques oolithes ; passages bitumineux.	6.60
63.10	Calcaires saccharoïdes bleus avec points noirs et décollements bitumineux.	4.50
89.80	Calcaires lithographiques avec taches tantôt bleues, tantôt roses.	26.70
109.60	Mêmes calcaires avec quelques oolithes et entroques et décollements bitumineux.	19.80
124.15	Calcaires gris saccharoïdes avec quelques oolithes et décollements bitumineux.	14.55
153.65	Calcaires oolithiques gris foncé avec entroques.	29.50
153.80	Lumachelle de lamellibranches indéterminables.	0.15
157.10	Calcaire oolithique avec entroques.	3.30
157.20	Lumachelle de lamellibranches.	0.10
183.20	Calcaires oolithiques avec quelques entroques, gris blancs ; quelques décollements bitumineux.	26.00

184.40	Argile sableuse.	1.20
189.60	Calcaire oolithique gris bleu avec entroques et débris de coquilles.	5.20
203.75	Calcaires gris clair, compacts avec rares entroques.	14.15
206.80	Calcaire saccharoïde gris clair.	3.05
207.45	Passage très bitumineux.	0.65
209.60	Calcaire saccharoïde avec quelques oolithes disséminées.	2.15

La base probable du Bathonien serait dans ces dernières zones.

216.60	Calcaire saccharoïde gris.	7.00
217.35	Brouillage marno-calcaire.	0.75
219.95	Calcaires gris avec entroques et imprégnations bitumineuses.	2.60
220.10	Brouillage marno-calcaire.	0.15
237.80	Calcaires saccharoïdes gris avec quelques entroques et oolithes, nombreux décollements bitumineux.	17.70
237.90	Passage très bitumineux.	0.10
247.00	Calcaires saccharoïdes gris plus ou moins bitumineux, avec entroques et coquilles indéterminables.	9.90
257.85	Calcaire à entroques très marneux.	10.85
269.90	Calcaire gris blanc à entroques avec quelques oolithes et passages marneux.	12.05
270.25	Brouillage marneux.	0.35
283.85	Alternance de calcaires oolithiques avec entroques et de calcaires plus ou moins marneux. Tout l'ensemble est assez ferrugineux.	13.50
287.35	<i>Minerai oolithique rouge brun avec passages très calcaires.</i>	3.50
295.69	Calcaire oolithique gris avec entroques et nombreux débris de coquilles de lamellibranches.	8.34
299.80	Calcaire à entroques de moins en moins ferrugineux et passant insensiblement aux marnes toarciennes.	4.11
326.30	Marnes grises micacées	?

Fin du sondage de Champlive.

Tous ces sondages ont été presque entièrement carottés, les échantillons étaient classés et examinés avec soin. Pour mémoire, nous croyons devoir en faire ressortir les principaux résultats techniques, qui fixent, en même temps, certains points géologiques intéressants à connaître.

1° Sondage de Vy-lès-Filain :

3 couches de minerai de fer.

1 couche de schistes bitumineux.

La première couche de minerai a 1 m. 96 de puissance, son

toit est à 173 m. 50 de profondeur, soit à la cote : 71 m. 50, l'analyse moyenne de la partie la plus minéralisée est la suivante :

Perte au feu.....	28.86	
SiO ²	7.63	
Fe ² O ³	25.61	Fe : 17.89 %.
Al ² O ³	2.79	
P ² O ⁵	0.68	
Mn ³ O ⁴	0.15	
CaO.....	30.29	
MgO.....	0.108	

Pour la deuxième couche, la puissance est de 4 m. 17, la profondeur de 184 m. 34 et la cote de 90 m. 66. L'analyse est la suivante :

Perte au feu.....	32.24	
SiO ²	4.57	
Fe ² O ³	25.07	Fe : 17.56 %.
Al ² O ³	3.05	
P ² O ⁵	0.84	
Mn ³ O ⁴	0.28	
CaO.....	28.27	
MgO.....	5.86	

Pour la troisième couche, la puissance est de 2 m. 58, la profondeur de 190 m. 52 et la cote de 54 m. 48. L'analyse est la suivante :

Perte au feu.....	29.93	
SiO.....	6.53	
Fe ² O ³	24.59	Fe : 17.21 %.
Al ² O ³	4.33	
P ² O ⁵	0.92	
Mn ³ O ⁴	0.28	
CaO.....	29.89	
MgO.....	2.85	

Enfin, pour reconnaître l'horizon bitumineux que l'on soupçonnait devoir exister au-dessous du minerai, ce sondage a été poussé jusqu'à 10 m. au-dessous des marnes schisteuses toarciennes. A la profondeur de 292 m. 29, soit à la cote — 37 m. 25, on a recoupé les schistes bitumineux sur 22 m. 24 de puissance. Une analyse de 5 échantillons provenant des carottes

et exécutée aux Mines et Usines de Pechelbronn a donné la moyenne suivante :

Huile	2.3
Eau.....	6.9
Résidu.....	88.1
Perte et gaz.....	2.7

2° Sondage de Val-de-Roulans :

2 couches de minerai de fer.

Le toit de la première couche se trouve beaucoup plus bas que ne le faisaient soupçonner les affleurements voisins, la puissance est de 2 m. 73, la profondeur est de 238 m. 74 et la cote est de 152 m. 26. L'analyse est la suivante :

Perte au feu.....	25.44	
SiO ²	13.34	
Fe ² O ³	26.96	Fe : 20.28 %
Al ² O ³	3.45	
P ² O ⁵	0.72	
Mn ³ O ⁴	0.16	
CaO.....	24.74	
MgO.....	2.83	

Pour la deuxième couche, la puissance est de 2 m., la profondeur de 259 m., 82 et la cote de 131 m. 18, l'analyse est la suivante :

Perte au feu.....	27.40	
SiO ²	9.23	
Fe ² O ³	24.96	Fe : 16.44 %
Al ² O ³	5.58	
P ² O ⁵	1.02	
Mn ³ O ⁴	0.23	
CaO.....	27.52	
MgO.....	3.35	

Ces couches nettement calcaires, sont cependant plus siliceuses que celles de Vy-lès-Filain.

3° Sondage de Malange.

Une couche de minerai.

La puissance est de 3 m. 39, la profondeur de 26 m. 59 et la cote de 191 m. 40. L'analyse est la suivante :

Perte au feu.....	23.09
SiO ²	13.64

Fe ² O ³	30.96	Fe : 21.63 %
Al ² O ³	5.52	
P ² O ⁵	1.01	
Mn ³ O ⁴	0.17	
CaO.....	21.07	
MgO.....	2.50	

4° Sondage de Combefontaine.

Aucune couche de minerai n'a été rencontrée. On peut noter seulement quelques passages ferrugineux entre 212 et 225 m., avec quelques oolithes ferrugineuses disséminées.

5° Sondage de Champlive.

Une seule couche minéralisée a été rencontrée. Sa puissance est d'environ 3 m. 25, la profondeur est de 284 m. et la cote de 118 m. environ.

C'est un minerai pauvre, dont la teneur dépasse tout juste 10 %.

Dans tous ces sondages, il y a lieu de remarquer l'abondance des imprégnations bitumineuses, aussi bien dans le Bathonien que dans le Bajocien.

III. — OBSERVATIONS ET RÉSULTATS GÉNÉRAUX.

En rapprochant les résultats ci-dessus des observations que l'on peut faire aux affleurements, on arriverait aux conclusions suivantes; celles-ci n'ont d'ailleurs rien de définitif, car l'exploration souterraine n'a porté que sur 5 sondages pour une superficie de plus de 1.400 km².

1° Tectonique.

Les sondages ont confirmé des indications de pendage, ainsi que l'allure générale des couches; pour les affleurements, où les marnes étaient le plus souvent inaccessibles, la cote du toit de la couche ferrugineuse doit être diminuée de 10 mètres. D'autre part, quelques repères ont été pris en surface où la base marneuse du Bathonien a pu être relevée avec suffisamment de précision.

Seules les failles les plus importantes sont portées sur la carte, pour ne pas lui donner une complication disproportionnée à son échelle, mais le réseau en est beaucoup plus compliqué, plus compliqué même qu'il n'apparaît sur la dernière édition de

la feuille de Montbéliard au 1/80.000^e. Dans la vallée du Doubs, en particulier, des fractures parallèles à la direction générale du cours d'eau doivent donner à toute la région comprise entre Montbéliard et Besançon, l'allure d'un compartiment effondré. Aux environs de Laissey, on peut relever la coupe ci-dessous,

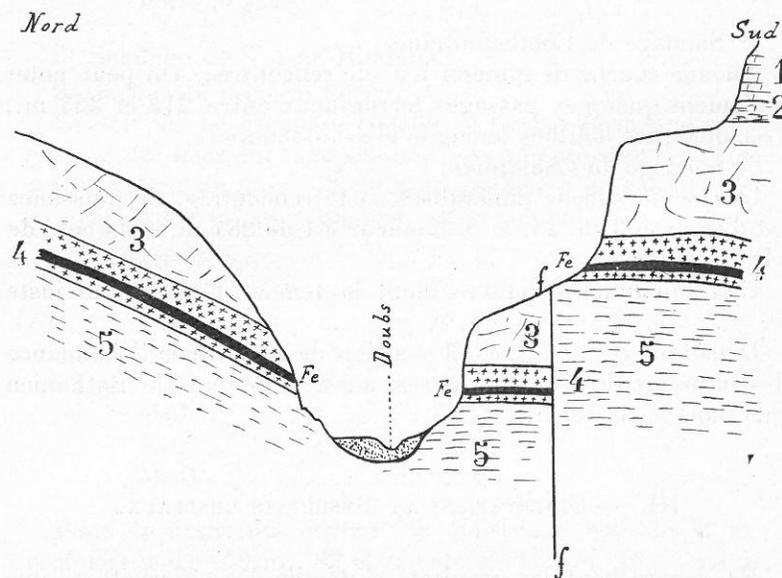


Fig. 2. — Coupe de la vallée du Doubs entre Laissey et Baume-les-Dames.
Bathonien : 1. Calcaires ; 2. Calcaires marneux.
Bajocien : 3. Calcaires saccharoïdes ; 4. Calcaires à entroques et oolitiques avec minéral de fer.
Toarcién : 5. Marnes gris bleu micacées plus ou moins schisteuses.

analogue à celle déjà donnée par Ant. Merle (4) (fig. 2), et qui semble se répéter très peu modifiée, tout le long de la vallée.

2^o Stratigraphie.

Dans leur ensemble, les coupes détaillées du Bathonien et du Bajocien données par les sondages, correspondent sensiblement aux coupes relevées en surface. Il faut cependant noter la répétition des « brouillages marno-calcaires » qui correspondent assez bien (autant que permet d'en juger le diamètre d'une carotte) à un remplissage de fracture ou de faille. Cependant, on s'attendrait à trouver des failles presque verticales, alors que ces « brouillages » ont sensiblement le même pendage que les couches ; il faudrait alors les attribuer à l'effet de phénomènes

détritiques plus ou moins localisés. L'un de ces accidents a près de 16 mètres de puissance au sondage de Combeaufontaine.

Le fait le plus regrettable, c'est qu'aucun fossile déterminable n'ait été recueilli dans les carottes, de sorte que l'on est obligé, pour établir les divisions stratigraphiques, de faire des rapprochements avec les coupes relevées en surface. C'est ainsi que l'importance prise par la formation ferrugineuse à Vy-lès-Filain et à Val-de-Roulans amènerait à considérer très sérieusement l'existence d'un étage Aalénien. Malheureusement, à part le fragment douteux de *C. Humphriesianum* trouvé à Vy-lès-Filain, seules les analogies pétrographiques peuvent être de quelque secours, c'est sur elles que nous allons essayer de nous guider.

E. Haug a limité, de bas en haut, cet étage aux quatre zones suivantes : zones à *Dumortiera Levesquei*, *Harporceras opalinum*, *H. Murchisonae* et *H. concavum*. Deprat (7) avait reconnu aux environs de Besançon l'existence des zones à *H. opalinum*, *H. Murchisonae* et *H. concavum*, correspondant à des faciès marneux, marno-calcaires ou marno-gréseux, le minéral de fer n'existant pas dans la région qu'il a observée, il n'a pas eu à en tenir compte.

Mais alors que l'ensemble de ces zones n'aurait qu'une dizaine de mètres dans la région de Besançon, nous avons vu qu'à Vy-lès-Filain, la formation ferrugineuse atteint près de 20 mètres et à Val-de-Roulans près de 25 mètres. Peut-on, comme en Lorraine, lui reconnaître la valeur d'une division stratigraphique ?

Si l'on se reporte aux travaux les plus récents sur cette question et notamment à ceux de H. Joly (10) et du C^o Ch. Gérard (11), on peut observer que ces auteurs comprennent dans l'Aalénien la totalité de la formation ferrugineuse lorraine, qui se trouve parfaitement définie par les 4 zones paléontologiques qui lui ont été attribuées par H. Haug (9). Dans la région de Nancy, les couches de minéral, au nombre habituel de trois, sont séparées par des bancs de marnes micacées plus ou moins sableuses. Il en est de même dans la région de Briey, où le nombre des couches est de cinq. Dans la région de Longwy, ce sont des calcaires ferrugineux qui s'intercalent entre les couches de minéral. La base de l'Aalénien est formée surtout par des marnes gréseuses passant aux marnes schisteuses toarciennes, la limite supérieure serait marquée par un petit banc de calcaire à *Cancellolophycus* qui est la base du Bajocien.

D'autre part, Corroy (12) rattache à la zone inférieure de l'Aalénien, le minerai de fer de Malaincourt dans la Haute-Marne, minerai que l'on retrouve à Chalindrey et auquel on peut rattacher celui de Jussey et Noroy. Les calcaires à entroques correspondant à la zone à *C. Humphriesianum* ne sont séparés, à Malaincourt, de la couche de minerai, que par un calcaire sableux équivalent de la zone à *Sonninia Sowerbyi* appartenant à la base du Bajocien.

D'après ces observations, on peut faire, dans les sondages, les rapprochements suivants :

A Vy-lès-Filain, à la profondeur de 175 m. 75, on trouve, au-dessous de la première couche de minerai, des calcaires très gréseux qui correspondraient assez bien au calcaire gréseux de Malaincourt. Le fragment douteux de *C. Humphriesianum* rencontré quelques mètres au-dessus, confirmerait tout à fait cette opinion. Ces calcaires gréseux seraient aussi l'équivalent des marnes micacées sableuses et du conglomérat qui surmontent la formation ferrugineuse lorraine. Au-dessous, on trouve la 2^e couche, puis des calcaires ferrugineux et coquilliers, des marnes micacées, la 3^e couche et enfin, un calcaire ferrugineux qui passe insensiblement aux marnes micacées schisteuses du Toarcien.

A Val-de-Roulans, les passages gréseux font défaut, mais un petit banc de marnes micacées s'intercale entre les deux couches de minerai à la profondeur de 258 m. 69 ; le faciès est ensuite nettement marneux, l'analyse révèle même, dans la 2^e couche de minerai, une plus forte proportion d'argile. Peu à peu, on pénètre ensuite dans les marnes micacées.

A Malange, à la profondeur de 26 m. 90, les calcaires à entroques ferrugineux passent à des calcaires marneux, puis à des marnes micacées contenant à leur partie supérieure l'unique couche de minerai rencontrée dans ce sondage.

A Combeaufontaine, il est difficile de tenir compte des passages ferrugineux peu oolithiques que l'on a rencontrés et qui conduisent à 223 m. 97 au toit de marnes micacées, qui présentent 5 mètres plus bas un accident marno-calcaire pour se continuer sans interruption.

Enfin, à Champlive, les calcaires à entroques plus ou moins oolithiques et plus ou moins ferrugineux, formant à peine une couche de minerai pauvre, mais peu marneux, se continuent jusque vers 300 mètres environ de profondeur pour arriver insensiblement aux marnes noires micacées.

D'après ces observations, on pourrait donc admettre que

l'étage Aalénien est assez bien caractérisé pétrographiquement à Vy-lès-Filain entre 175 m. 75 et 201 m. 79, soit sur 26 mètres de puissance. A Val-de-Roulans, cette division déjà beaucoup moins nette, n'aurait que 7 m. 84 d'épaisseur.

A Malange, la distinction d'un étage Aalénien devient plus problématique, la couche de minerai semblant faire partie intégrante des marnes micacées qui se poursuivent au-dessous sans interruption. En l'absence d'indices paléontologiques, tout essai de distinction d'étage est ici impossible.

A Champlive, c'est au contraire la base du Bajocien qui, pétrographiquement, semblerait contenir la couche de minerai de fer : le cas est le contraire de celui de Malange et ces deux sondages présentent peut-être séparément les couches que l'on trouve réunies en d'autres points.

A Combeaufontaine, on ne peut encore, en l'absence d'indices paléontologiques, essayer de trancher la question. Il faut remarquer, que si les oolithes ne font pas totalement défaut, elles sont plus rares que partout ailleurs et que cette rareté correspond précisément à l'absence de minerai. Notons que la même remarque avait déjà été faite sur la coupe relevée à Pirey par Deprat (7) et en général sur toutes les coupes des environs de Besançon. On arriverait ainsi à formuler cette conclusion : que là où il n'y a pas de faciès oolithique on n'observe pas de minerai. Cette opinion a déjà été émise par L. Cayeux (5), elle semblerait trouver en Franche-Comté une nouvelle confirmation.

Quant à l'existence de l'Aalénien, en tant que division stratigraphique, les analogies pétrographiques ne permettent évidemment pas de l'établir d'une façon certaine. Mais, d'après les remarques que nous avons faites, il semble que l'on doive se ranger aux conclusions de Deprat (7) : « que le terme d'Aalénien doit distinguer simplement un faciès, mais non une division stratigraphique ».

Le Toarcien est, en revanche très nettement caractérisé par les marnes schisteuses, gris bleuâtre, micacées, dans lesquelles ont été arrêtés tous les sondages de recherche. Elles ont été traversées complètement à Vy-lès-Filain, où elles se sont montrées d'une constance de structure et d'aspect remarquable. Elles contenaient d'assez nombreux fossiles d'une conservation absolument parfaite. Malheureusement, peu de temps après avoir été dégagés, ils commençaient à se fragmenter, pour tomber en poussière dans les 24 heures. Toutes tentatives pour en conserver quelques-uns a échoué. On rencontrait à la partie supérieure, d'assez nombreux articles d'encrines, puis, vers le milieu, des

Ammonites (*Hildoceras*) et à la base des Posidonies, petites au début et allant progressivement en augmentant de diamètre et de nombre à mesure que l'on approchait de la zone bitumineuse.

Les schistes bitumineux ont présenté à Vy-lès-Filain une puissance de 22 m. 21. Ils s'allumaient facilement dans la flamme, mais seulement à l'état frais. Ils n'ont donné qu'une faible teneur en huile. Notons pour mémoire l'extension considérable de ces schistes ; on peut dire que depuis le Luxembourg jusqu'aux environs de Lons-le-Saunier, ils forment, avec une constance remarquable, la base du Toarcien avec, pour fossile caractéristique, la *Posidonomya Bronni* et quelques-unes de ses variétés. En revanche, ils sont très irréguliers, non seulement comme puissance — quelques centimètres en certains points des environs de Nancy, jusqu'à 40 mètres à Lods et Mouthiers, non loin de Pontarlier —, mais encore comme teneur ; d'après Dosios et Grosjean, celle-ci atteindrait 10 % d'huile (13), précisément à Lods et Mouthiers, alors qu'à Vy-lès-Filain, on a trouvé moins de 3 %.

3° Résultats techniques.

Les résultats techniques n'ont répondu nulle part aux espérances que donnaient les analyses connues des minerais autrefois exploités aux affleurements.

Une formation ferrugineuse, comprenant une ou plusieurs couches d'un minerai oolithique généralement calcaire, s'étend dans le sous-sol d'une grande partie des départements du Doubs et de la Haute-Saône. Par leur puissance et leur profondeur, les couches sont facilement exploitables, mais leur teneur doit être considérée momentanément comme insuffisante. L'enrichissement n'est même pas une solution à envisager, car le prix de revient du minerai concentré est trop fortement grevé par le prix de revient du minerai à extraire. D'autre part, d'un minerai calcaire, bon à fondre et intéressant pour faire des lits de fusion par mélange, on fait un minerai siliceux, difficile à fondre et auquel il faut ajouter du calcaire pour le rendre fusible (15). Dans l'état actuel des choses, cette question n'est donc pas à envisager.

On doit donc finalement considérer actuellement la Franche-Comté comme contenant, pour l'avenir, une réserve de minerais pauvres exploitables, et utilisables au besoin après enrichissement, lorsque nos réserves de minerais plus riches seront sur le point d'être épuisées. Leur recherche par sondage nous a permis de reconnaître des couches qui n'étaient connues jusqu'à présent que par leurs affleurements.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Bull. Soc. Géol. de France* (3), XIII, 1885, p. 651 à 667 et (4), XI, 1911, p. 475 à 478.
2. FRÈRE OGERIEN. — Histoire naturelle du Jura (vol. I, 1855).
3. M. E. THURRIA. — Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône (1833).
4. Ant. MERLE. — Les gîtes minéraux et métallifères et les eaux minérales du département du Doubs (Besançon, 1905).
5. L. CAYEUX. — Les minerais de fer oolithiques de France. Fasc. II (Paris, 1922).
6. E. FOURNIER. — Études sur la Tectonique du Jura Franc-Comtois (*B. S. G. F.* (4), I, 1901).
- E. FOURNIER. — Nouvelles Études sur la Tectonique du Jura Franc-Comtois (*B. S. G. F.* (4), IV, 1904).
7. DEPRAT. — Sur le passage du Toarcien au Mésojurassique aux environs de Besançon et sur la valeur du terme Aalénien (*B. S. G. F.* (4), IV, 1904).
8. Rapports des Archives de l'Administration des Mines de Nancy et Lyon (les premiers rapports remontent à 1825).
9. É. HAUG. — Traité de Géologie (Paris, 1908-1911).
10. E. JOLY. — Études géologiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure NE du bassin de Paris (Thèse, Nancy, 1908).
- H. JOLY. — Cours de Géologie de la Lorraine (Nancy, 1911).
11. C^{el} CH. GÉRARD. — Note sur l'Aalénien ferrugineux de Meurthe-et-Moselle (*B. S. G. F.* (4), XXX, 1930).
12. G. CORROY. — Synchronisme des horizons jurassiques de l'Est du bassin de Paris (*B. S. G. F.* (4), XXVII, 1927).
13. DOSIOS et GROSJEAN. — Le Lias de Franche-Comté et les schistes bitumineux du Toarcien inférieur (*B. S. G. F.* (4), XXV, 1925).
14. E. DE MARGERIE. — Le Jura (*Mém. Carte Géol. France*, 1925).
15. Ch. FINATON. — Rapport au Comité des Forges et Mines de fer de Meurthe-et-Moselle (Nancy, 1914. Distribué aux Membres du Comité. — Non édité).