

80.023¹³

RECHERCHES SUR LA STRUCTURE

ET LE GISEMENT

DU MINÉRAI DE FER PISOLITHIQUE

DE DIVERSES PROVENANCES FRANÇAISES

ET DE LA LORRAINE EN PARTICULIER

Par M. BLEICHER

PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE



Le minéral de fer pisolithique, quel que soit son gisement, tertiaire ou quaternaire, se prête aux recherches microscopiques que nous poursuivons depuis quelques années sur les minerais de fer sédimentaires et particulièrement sur ceux de Lorraine.

Les échantillons étudiés ont été tirés des localités suivantes : environs de Nancy, des fissures et de la surface des plateaux jurassiques couverts de *diluvium ancien* ; Lexy, près Longwy (Meurthe-et-Moselle), des mines de fer fort anciennement exploitées du groupe de Saint-Pancré (fig. 6) ; Mervaville (Meurthe-et-Moselle), du *diluvium* superficiel recouvrant le muschelkalk (fig. 8).

Nous y avons ajouté l'étude, comme terme de comparaison, d'échantillons des provenances suivantes :

Roppe, Pérouse (fig. 5), Chèvremont, Vézelois, dans le territoire de Belfort, *terrain sidérolithique, oligocène* ; Couroux près Délémont, canton de Berne (Suisse), *id.* ; Auggen (grand-duché de Bade), *id.* ; Autrey (Haute-Saône), *pliocène ancien* ; de diverses

1. Communication faite dans la séance du 14 avril 1894.

localités de département du Cher, *oligocène* ; des environs de Bruniquel, plateau de Feneyrols (Tarn-et-Garonne), *d'âge inconnu* (fig. 3) ; des phosphorites du Quercy, *oligocène*.

Le diluvium ancien des plateaux, et le remplissage des fissures qui en dépend, ont fait l'objet d'un certain nombre de travaux que nous avons condensés dans notre *Guide du géologue en Lorraine*¹.

Ces dépôts se composent des éléments variés suivants : sable plus ou moins grossier à grains anguleux, provenant de la décomposition des roches massives, feuilletées, arénacées des Vosges ; cailloux roulés d'assez grande taille, souvent abondants, de quartzite des terrains primaires, de grès vosgien, rhétien, plus rarement de porphyre quartzifère, de lydienne, de granite amphibolique, ou de pegmatite tourmalinifère ; débris plus ou moins menus et anguleux des roches jurassiques sous-jacentes, en amas sous forme de *grouine*, en trainées, ou emballés dans une terre argileuse rouge, résultant de la décomposition des couches superficielles du sol ; rognons calcaréo-sableux de nature stalagmitique ; enfin, du minerai de fer en plus ou moins forte proportion, sous la forme de petits rognons arrondis et plats, ou de pisolithes.

Ces deux formes, qui nous intéressent particulièrement, se trouvent associées ou isolées dans les dépôts meubles du diluvium des plateaux, à la surface des bancs jurassiques et dans les roches formées de cailloux agglutinés, ou de masses stalagmitiques, des fissures.

On peut se demander comment et à quelle époque les roches roulées vosgiennes qui se trouvent ainsi à l'état de cailloux roulés sur nos plateaux à des altitudes allant jusqu'à 500 mètres (montagne de Sion) ont été amenées jusqu'au point où nous les voyons aujourd'hui. Sont-elles venues en une seule étape, si l'on peut s'exprimer ainsi, ou en plusieurs à la suite des périodes glaciaires constatées dans les Vosges, ou ne proviennent-elles pas en partie des grès et poudingues rhétiens qui, à Saint-Nicolas, Varangéville par exemple, sont riches en cailloux de quartzite d'assez grande taille ?

Quoi qu'il en soit, il y a eu communication directe entre les

1. P. 85.

Vosges et nos plateaux lorrains, vers la fin des temps géologiques.

Le diluvium des plateaux et fissures paraît être caractérisé dans nos régions par un éléphant qui, en raison de l'écartement des lames dentaires de ses molaires, de l'épaisseur de ses lames d'émail et de la forme des lames dentaires usées, nous paraît intermédiaire entre *Elephas primigenius* Bl. et *Elephas antiquus* Falc.

Il est à remarquer que cette même forme se retrouve dans les minières de fer pisolithique remanié d'Autrey (Haute-Saône) d'après des échantillons qui nous ont été communiqués par notre collaborateur M. A. Gasser. Un fragment de dent d'éléphant provenant des minières abandonnées de fer (*Blättelerz*) d'Uhrwiller (Basse-Alsace) présente les mêmes caractères.

L'éléphant est accompagné du bœuf, du chevreuil, et c'est surtout dans les fissures qu'on a des chances, comme MM. Gaiffe, Roubalet, André, de trouver ces débris de grands animaux disparus.

Le diluvium des plateaux remplit souvent de vraies cavités d'effondrement qui conservent des traces d'étages géologiques disparus.

On peut en citer deux fort intéressantes à ce point de vue aux environs de Nancy. La première a été découverte par MM. Gaiffe et Roubalet à l'angle nord-est de la carrière de *Bâlin* située à l'ouest de la Photovilla (route de Toul), sur le plateau de la ferme Sainte-Catherine. Le remplissage a été fait ici par le diluvium des plateaux remanié, avec des roches bathoniennes, et spécialement de la marne à nodules ferrugineux oolithiques fossilifères. On y trouvait en abondance les fossiles du bathonien moyen de la zone à *Anabacia* et *Ammonites Wurtembergicus*, mais les travaux d'agrandissement de la carrière ont dans ces dernières années fait disparaître ce gisement. Par contre, dans de nouvelles fissures qui ont été ouvertes, on peut encore aujourd'hui voir des amas de marne bleuâtre mêlée aux cailloux et sables diluviens, et il y a environ cinq ans nous avons trouvé dans ces marnes des fossiles oxfordiens silicifiés.

L'étage oxfordien, qui ne se retrouve plus aujourd'hui qu'à l'ouest du méridien de Toul, n'a pas été le seul à laisser des traces

à la surface de nos plateaux et dans les fissures. On trouve de temps en temps, à la suite de défoncements profonds de la terre des champs qui environnent la ferme Sainte-Catherine, des fragments arrondis, assez volumineux, de calcaire siliceux avec moules de radioles de *Cidaris florigemma* et de bivalves de petite taille.

Le même fait s'était déjà présenté lors de la construction du fort de Frouard. Les travaux de creusement ont mis à jour un puissant amas de diluvium des plateaux remplissant une vaste cavité. Ce diluvium contenait des cailloux très gros, aplatis en forme de miche, de cette même roche siliceuse à *Cidaris florigemma*.

Le minerai de fer en rognons et peut-être le minerai de fer pisolithique n'ont pas d'autre origine que la dénudation dont nous venons de faire ressortir la grande importance. Les rognons ferrugineux du diluvium des plateaux, de la surface du calcaire jurassique (plateau de Malzéville), des fissures, des minières de fer (fort de Lexy près Longwy) contiennent souvent soit des traces de fossiles, soit des moules de petits fossiles marins entiers.

Ils sont donc dus à un simple lavage d'une formation géologique qui a disparu, mais qui reste à préciser. Jusqu'ici nous n'avons pu extraire de ces nodules qu'une seule espèce marine du genre *Leda* (fig. 12), mais tout nous porte à croire qu'il s'agit plutôt de l'étage oxfordien que de tout autre. Celui-ci en effet, dans la Meuse et les Ardennes, contient un niveau riche en fer qui a même été exploité en certains endroits.

Doit-on attribuer la même origine au minerai de fer pisolithique qui accompagne toujours dans nos régions le minerai de fer en rognons? Nous avons de fortes raisons pour le croire, car dans les rognons ferrugineux qui accompagnent le fer pisolithique dans nos échantillons du Cher, du territoire de Belfort, de Meurthe-et-Moselle, nous en avons un certain nombre qui sont évidemment constitués par une agrégation de pisolithes prêts à se détacher.

Il suffit pour certains d'un léger coup de marteau pour les isoler, pour d'autres la séparation des grains n'est pas encore complète dans le nodule (fig. 7, 9, 10).

En un mot, en choisissant ses échantillons, on peut établir une série allant du nodule dont la structure zonée n'est pas très nette encore, au nodule dans lequel les pisolithes sont en voie de formation et prêts à sortir de leur gangue.

Il est évident que ceux-ci ne sont pas encore complètement achevés lorsqu'ils sortent des nodules. Dans le milieu riche en fer et en silice où ils se trouvent, ils peuvent encore s'enrichir de ces deux substances, s'arrondir et prendre l'aspect gras et lustré qu'on leur connaît et qui est dû à l'abondance de silice dans leur composition.

Les pisolithes devraient donc leur origine à une simple dissociation de certains nodules ferrugineux, dont la structure intérieure s'est modifiée au cours des temps par infiltration siliceuse, de manière à prendre peu à peu la disposition zonée. Les formes figurées sous les n^{os} 11 et 13 rentrent également dans cette catégorie. L'association constante de ces nodules aux pisolithes se comprendrait aisément ainsi.

On s'explique également la raison pour laquelle, sur nos plateaux jurassiques des environs de Nancy, les rognons ferrugineux abondent à la surface du sol, les pisolithes étant rares, tandis que l'inverse existe dans les fissures.

Dans celles-ci en effet, les conditions nécessaires pour la désagrégation des nodules et leur résolution en pisolithe ont dû être plus facilement réalisées qu'à la surface du sol par suite de la circulation des eaux souterraines dans leur intérieur. Du reste, les nodules ferrugineux fossilifères ou non ont la même composition chimique que les pisolithes ; on peut leur enlever tout leur fer, en laissant à découvert un squelette siliceux plus ou moins résistant.

Dans ce qui va suivre, nous nous occuperons plus particulièrement des pisolithes, dont l'étude micrographique donne des résultats plus complets que pour les rognons ferrugineux.

Les grains de minerais pisolithiques employés, sans avoir le même calibre, ont tous à peu près le même aspect luisant et vernis, et nous avons eu le soin de choisir ceux qui ne présentaient aucune trace d'altération extérieure.

Leur étude peut être faite à l'œil nu, au microscope à l'aide de coupes minces.

A l'œil nu ou armé de la loupe, on peut déjà, en brisant les pisolithes avec un marteau, distinguer des couches concentriques corticales à cassure noire (fig. 1 et 2), brillante, entourant une masse centrale, généralement assez volumineuse, plus ocreuse, mais ne contenant jamais de corps minéral assez grand pour être considéré comme centre d'attraction.

Ce noyau, qui peut être isolé de l'écorce, est intéressant à étudier. Il est en proportion du grain et se distingue toujours de l'écorce par son homogénéité, c'est-à-dire par absence de couches concentriques. Sur les pisolithes en bon état et fraîchement sortis de leur gangue, il a la même couleur que l'écorce et paraît aussi pénétré qu'elle de silice. Dès que le grain est altéré par exposition aux intempéries atmosphériques, le noyau prend une couleur plus claire, ocreuse, qui tranche sur la couleur brun-noir lustré de la région corticale. Lorsque l'altération a été profonde, la distinction en couche corticale et noyau devient difficile et même impossible. Le grain se dissocie et la substance silico-ferrugineuse passe à l'état terreux et plus ou moins ocreux. L'identité de composition de l'écorce et du grain ne ressort pas seulement de l'étude chimique et micrographique qui va suivre. Elle peut se démontrer par l'observation suivante. Dans un cas (Autrey, Haute-Saône), sur la cassure du noyau on apercevait, au milieu de la masse ocreuse, une ébauche de couche concentrique noire, brillante, sous la forme d'arc mince isolé ; sur un autre échantillon, sa surface extérieure était coupée de fissures de retrait tapissées de calcite cristalline (fig. 2).

Les coupes minces ne donnent pas de renseignements plus complets sur leur structure microscopique, mais en traitant les pisolithes successivement par l'acide chlorhydrique, puis l'eau régale, comme nous l'avons fait pour les oolites ferrugineuses, on obtient, après quelques jours de traitement par ces réactifs, le squelette siliceux des pisolithes de couleur blanche, ayant conservé le calibre du grain primitif.

Le liquide acide, d'après les analyses de notre collègue M. le professeur Schlagdenhauffen, contient, outre le fer, de l'alumine et de l'acide phosphorique. Le squelette siliceux se conserve plus ou moins entier ; sur certains échantillons il s'entr'ouvre laissant

voir la structure feuilletée du pisolithe, sur d'autres il se maintient avec la forme primitive du grain (plateau de Feneyrols). Il peut alors être lavé, desséché, puis plongé dans de la paraffine fondue qui le pénètre et le solidifie suffisamment pour qu'on puisse y pratiquer des coupes au rasoir ou au microtome.

Pour se rendre compte de sa structure, il faut multiplier les coupes, car il est rare qu'on en obtienne une de toute la section du grain; le plus souvent on n'a intéressé dans sa section que des arcs, des secteurs ou des corps centraux. La préparation est si délicate, qu'il est prudent de ne pas insister sur l'action des réactifs (xyloï par exemple) qui servent à enlever la paraffine (fig. 4).

Les coupes du squelette siliceux des pisolithes montrent la partie corticale formée d'une alternance de couches minces hyalines, et de couches grenues, nuageuses, dans lesquelles on retrouve les bâtonnets déjà signalés dans le squelette siliceux des oolithes du minerai de fer de Lorraine ¹ (fig. 4).

Le corps central ne présente rien de particulier à signaler, sinon l'absence de couches minces hyalines et l'abondance de grains de sable extrêmement fins. Le poids du squelette siliceux lavé, desséché, par rapport au poids du grain intact n'a rien de fixe. Dans le minerai de fer d'Autrey (Haute-Saône), il est de 21.7 p. 100; dans celui du plateau de Feneyrols (Tarn-et-Garonne), il est de 11.77 p. 100.

Il en résulte que la recherche du poids du squelette rapporté à 100, qui est une opération assez délicate, mais n'exigeant pas de manipulation chimique, pourrait être utilisée pour l'analyse de ces sortes de minerais, qui ne contiennent en plus de la silice que de l'hydroxyde de fer, de l'alumine et de l'acide phosphorique.

L'origine première du fer qui constitue les pisolithes se trouve ainsi reportée aux époques géologiques où nos plateaux jurassiques étaient couverts par la mer. L'étude que nous en avons faite les montre constitués par un squelette siliceux que l'on peut retrouver sous l'hydroxyde de fer, comme chez tous les mine-

1. *Sur la Structure microscopique du minerai de fer oolithique de Lorraine.*
(C. R. Ac. sc., 14 mars 1892.)

rais de fer sédimentaires de nos régions et même chez certaines rouilles anciennes¹.

Jamais les pisolithes ne se sont montrés composés d'un corps central ou centre d'attraction recouvert de couches concentriques, et la composition de leur noyau ne s'explique pas par la théorie généralement admise de leur formation dans un milieu agité d'un mouvement tourbillonnant. Nous n'avons pas à rechercher ici le mode de dépôt du minerai de fer dans les bassins maritimes, que nous avons étudié dans d'autres publications², mais nous ne pouvons nous empêcher de signaler des faits du même genre qui dans des proportions bien réduites se passent encore de nos jours dans nos environs.

Des nodules ferrugineux de petite taille (7-8 millimètres de diamètre), avec ébauches de couches zonées vers l'extérieur et magma ferrugineux vers l'intérieur, se rencontrent dans les tufs calcaires formés par agglutination de débris végétaux, cailloux, coquilles, au fond de nos rivières.

Un échantillon de cette roche trouvé dans les sables et vases extraites du Madon pour la construction du pont de Pulligny (Meurthe-et-Moselle) nous en a donné suffisamment pour étudier ce minerai de fer *des marais*.

Ces petits nodules non encore complètement solidifiés se montrent formés d'hydroxyde de fer superposé à un squelette siliceux gélatineux, qui englobe des grains de sable, des débris charbonneux, des bâtonnets qui, mieux que ceux des oolithes et des pisolithes, ont quelque apparence de bactéries.

Certains de ces petits nodules ferrugineux n'ont pas de corps central ayant pu servir de centre d'attraction. Leur noyau est si peu consistant qu'il a souvent disparu par dessiccation, ne laissant qu'une coque silico-ferrugineuse extérieure. D'autres l'ont conservé et dans certains cas c'est un fragment de charbon, ou un débris d'un rognon ferrugineux ayant appartenu selon toute probabilité aux terrains du lias au milieu desquels coule le Madon (fig. 14).

1. *Sur la Structure de certaines rouilles anciennes ; leur analogie avec celle des minerais de fer.* (Id., 16 avril 1894.) — *Le Minerai de fer de Meurthe-et-Moselle.* (Bull. Soc. ind. Est, 2^e s., fasc. II, 1894.)

2. *Les Minerais de fer sédimentaires de Lorraine.* Conférence faite à la Société industrielle de l'Est. (Bulletin, fasc. II, 2^e série, 1894.)

Ne peut-on pas voir dans ces nodules de petite taille des ébauches de rognons ferrugineux à zones concentriques, et les choses ne peuvent-elles pas se passer de même manière au fond de la mer ?

Partout nous voyons la silice jouer le même rôle, qui est celui d'un corps chargé de fixer au moins momentanément l'hydroxyde de fer, qu'il s'agisse de minerai de fer d'origine marine ou d'eau douce.

La fixation de la silice par l'hydroxyde de fer s'accompagne habituellement de la forme zonée, ou au moins lamellaire, qui disparaît lorsque les eaux chargées d'acide carbonique, agissant à la fois sur le fer, la calcite et la silice, ont altéré le minerai, qu'il soit oolithique, lamellaire ou rognonneux. Le fer s'échappe alors de nouveau pour se remettre en circulation.

Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

Le fer pisolithique de Lorraine se rencontre toujours associé dans le diluvium des plateaux et les fissures avec des rognons ferrugineux contenant souvent des fossiles marins.

Certains de ces rognons, tant en Lorraine que dans le Cher, le territoire de Belfort, sont composés d'ébauches de pisolithes prêts à se détacher (fig. 7, 9, 10).

Le grain de fer pisolithique n'a pas de corps central pouvant servir de centre d'attraction.

Comme le minerai de fer oolithique, le minerai de fer fort, comme certaines rouilles anciennes, les pisolithes sont surtout constitués par de l'hydroxyde de fer superposé à un squelette siliceux ; l'alumine et l'acide phosphorique n'y entrent qu'en faible proportion.

Le squelette siliceux conserve la forme des pisolithes et même des rognons ou nodules ferrugineux. Il peut représenter jusqu'à 21.7 p. 100 du poids du pisolithe (Autrey).

On peut admettre que le fer pisolithique de Lorraine a la même origine que les rognons ferrugineux qu'il accompagne toujours, c'est-à-dire qu'il est le résultat de la transformation, au cours des temps et dans des conditions connues, de rognons ou nodules ferrugineux provenant de terrains sédimentaires disparus des plateaux lorrains.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

1. Coupe d'un pisolithe du plateau de Feneyrols (Tarn-et-Garonne), communiqué par M. l'intendant Péron, montrant les proportions de l'écorce et du noyau central. 3/1.
2. Coupe schématique agrandie d'un pisolithe d'Autrey (Haute-Saône) pour faire voir les fissures de retrait du noyau et l'arc isolé, ébauche de couches concentriques corticales qui se trouvent au milieu du noyau homogène.
3. Roche pisolithique du plateau de Feneyrols, avec ses pisolithes de deux grandeurs et la matière silico-ferrugineuse infiltrée entre eux. Grandeur naturelle.
4. Un secteur de la coupe du squelette siliceux blanc d'un pisolithe du plateau de Feneyrols obtenu par les acides et solidifié par la paraffine : *a*, zones hyalines de l'écorce; *b*, noyau central homogène. Vu à un faible grossissement qui ne permet pas de distinguer les bâtonnets de la substance corticale.
5. Coupe d'une roche pisolithique de Pérouse (territoire de Belfort); les pisolithes sont enchâssés au milieu de la roche silico-calcaire traversée par des veinules anastomosées de calcite; ils sont entourés chacun d'une coque blanche de calcite.
6. Coupe de la roche pisolithique de Lexy (Meurthe-et-Moselle). Les pisolithes sont engagés dans une roche silico-ferrugineuse parcourue de fines veinules anastomosées de calcite.
7. Nodule ferrugineux avec ébauches de pisolithes, du minerai pisolithique du Cher (oligocène), communiqué par M. l'ingénieur des mines de Grossouvre.
8. Nodule ferrugineux mamelonné, grandeur naturelle, des terrains superficiels de Mervaville (Meurthe-et-Moselle).
9. Coupe schématique d'un nodule du type du n° 7.
10. Nodule ferrugineux du type n° 7, de même provenance, montrant les pisolithes se dégageant de la masse du nodule.
11. Coupe d'un nodule ferrugineux du plateau de Malzéville (Meurthe-et-Moselle), avec réseau noir silico-ferrugineux se détachant sur la masse brune, ocreuse, homogène.
12. Moule d'une coquille du genre *Leda* provenant d'un de ces nodules ferrugineux. 3/1.
13. Coupe d'un nodule ferrugineux de même provenance, avec rudiments de noyaux de différentes formes et cavités, *c*.
14. Coupes de petits nodules ferrugineux des dépôts tuffacés du fond du Madon, avec corps central, *d*, constitué par un fragment de charbon de bois, *e* par un fragment de nodule ocreux provenant probablement des couches jurassiques traversées par cette rivière.





Fig. 1.

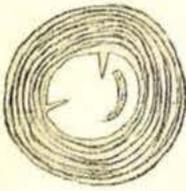


Fig. 2.

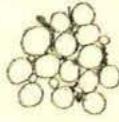


Fig. 3.

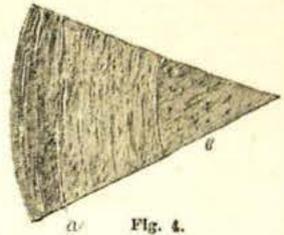


Fig. 4.

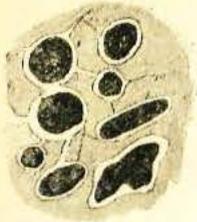


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.

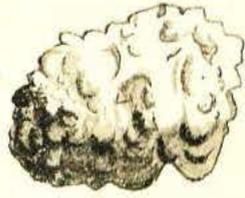


Fig. 8.

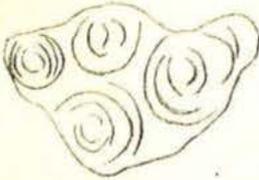


Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

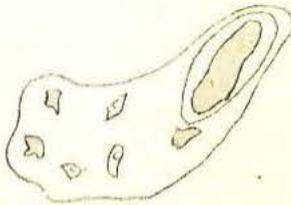


Fig. 13.

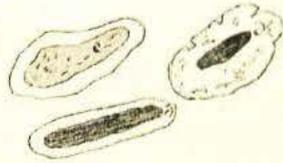


Fig. 14.