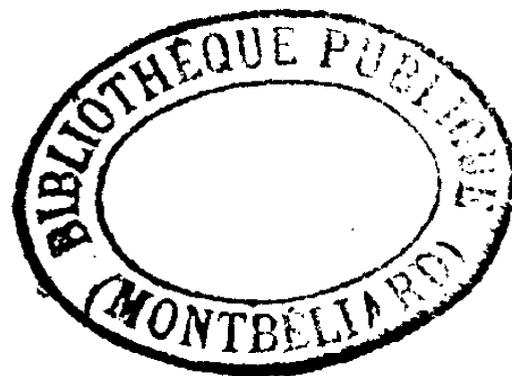


MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE  
ET DES BEAUX-ARTS

COMITÉ DES TRAVAUX HISTORIQUES  
ET SCIENTIFIQUES

COMPTES RENDUS  
DU  
CONGRÈS DES SOCIÉTÉS SAVANTES  
DE PARIS ET DES DÉPARTEMENTS  
TENU À NANCY EN 1901

SECTION DES SCIENCES



PARIS  
IMPRIMERIE NATIONALE

MDCCCXI

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE



3 7531 02643523 1

D'ailleurs, notre exemple a été suivi, puisqu'à Bordeaux l'industrie des résines a, elle aussi, son laboratoire à la Faculté des sciences ; à Grenoble, c'est un institut d'électricité industrielle, et d'autres suivront.

J'ajoute, pour finir, que ce que nous avons trouvé et qui nous a été très précieux, c'est le concours et la sympathie des brasseurs, d'abord dans la région même, ensuite dans toutes les parties de la France, et c'est pour moi un grand plaisir que de leur exprimer encore une fois toute notre reconnaissance.

## CONFÉRENCE

SUR

LES MINÉRAIS DE FER DU DÉPARTEMENT DE MEURTHE-ET-MOSELLE,

PAR M. F. VILLAIN,

Ingénieur du corps des mines.

§ 1. *Considérations générales sur les ressources et l'avenir de la sidérurgie lorraine.* — La France occupe le quatrième rang dans le monde pour la production de la fonte et de l'acier. Les quatre pays principaux producteurs ont fourni, en 1900 :

	FONTE.	ACIER.
	tonnes.	tonnes.
États-Unis . . . . .	14,000,000	10,000,000
Angleterre . . . . .	9,000,000	5,000,000
Allemagne . . . . .	8,000,000	6,000,000
France . . . . .	2,700,000	1,600,000

En comparant la production française à celle des trois autres pays, on est fondé à penser qu'elle est loin d'avoir atteint son maximum. Il y a encore beaucoup à faire, semble-t-il, pour développer les applications du métal dans la construction civile. L'extension de ses débouchés est certainement le plus grave problème qu'ait à résoudre en ce moment la sidérurgie française.

La question la plus importante qui doive la préoccuper ensuite est celle de son approvisionnement en charbon. C'est à leur richesse en combustibles minéraux que les États-Unis, l'Angleterre et l'Allemagne doivent la prospérité de leur métallurgie. Sans parler des deux premiers États, dont la production houillère dépasse 220 millions de tonnes, sans insister non plus sur l'exportation anglaise qui se monte à 40 millions de tonnes par an, je rappellerai seulement que l'Allemagne produit aujourd'hui

150 millions de tonnes (y compris le lignite), soit le double de ce qu'elle fournissait il y a quinze ans. A côté de cela, la production de la France (33 millions de tonnes) fait bien modeste figure; et la nécessité où nous sommes de demander annuellement 12 à 13 millions de tonnes à l'étranger nous met, au point de vue industriel, dans un état d'infériorité incontestable.

En ce qui concerne le département de Meurthe-et-Moselle, sa consommation en combustibles minéraux s'élève à 4 millions de tonnes (deux départements seulement, le Nord et la Seine, consomment davantage); sur ces 4 millions de tonnes, 1,600,000 seulement sont de provenance française, les 2,400,000 autres viennent de l'étranger.

Il n'en est pas ainsi, heureusement, pour l'autre matière première indispensable à la production de la fonte ou de l'acier, je veux dire pour le minerai. Cependant, jusqu'à ces dernières années, sur une consommation de près de 5 millions de tonnes dans les usines de Meurthe-et-Moselle, on comptait encore plus du quart (environ 1,400,000 tonnes) provenant du Luxembourg et de l'Alsace-Lorraine. Ces pays fournissaient aux usines du bassin de Briey les minerais riches et calcaires que nos mines ne produisaient pas et qui étaient cependant indispensables pour la production de la fonte Thomas.

Le jour est prochain où les usines françaises ne consommeront plus de minerais oolithiques importés, ceux-ci pouvant être avantageusement remplacés par les produits des nouvelles mines qui ont été concédées, il y a peu de temps, et principalement en 1899 et 1900, dans l'arrondissement de Briey. C'est la découverte de ces gisements qui constitue l'événement capital de l'histoire de la sidérurgie française pendant ces dernières années.

En France comme en Allemagne, on a entrepris de grands travaux pour exploiter ces minerais par puits; on a établi des aciéries grandioses; on se préoccupe enfin de construire à grands frais des voies de communication nouvelles. Les capitaux nécessaires pour conduire à bonne fin ces œuvres multiples atteignent des sommes considérables. Pour l'ensemble du bassin franco-allemand-luxembourgeois, on les évalue à 5 milliards de tonnes, dont 300 millions pour le Luxembourg, et le reste à partager par moitié entre la France et l'Allemagne.

Le gisement est, en effet, divisé en deux parties à peu près équivalentes par la frontière franco-allemande qui est dirigée du nord au sud, de Ville-rupt à Novéant.

La Lorraine allemande, le Luxembourg et le département de Meurthe-et-Moselle réunis ont extrait de leurs mines, dans la dernière campagne, environ 18 millions de tonnes.

En admettant que cette extraction s'élève, par la suite, à 25 millions de tonnes, les ressources de la Lorraine seraient donc capables d'alimenter les forges des trois pays pendant deux siècles. En fait, pour tenir compte des aléas de l'exploitation des mines, il sera prudent de réduire cette estima-

tion de moitié. Disons donc que la sidérurgie lorraine est assurée de ne pas manquer de minerai avant un siècle.

§ 2. *Développement de l'industrie métallurgique en Meurthe-et-Moselle.* — J'ai rappelé plus haut que le département de Meurthe-et-Moselle consommait 4 millions de tonnes de combustibles; cette consommation est triple de celle qui existait il y a vingt ans.

Il a produit, en 1900, 1,670,000 tonnes de fonte, soit plus des  $\frac{3}{5}$  de la production française; et 572,000 tonnes de lingots d'acier, soit plus du tiers de la production totale de la France, qui a été de 1,625,000 tonnes.

Depuis trente ans, l'augmentation de la production de Meurthe-et-Moselle, en fonte, a été en moyenne de 50,000 tonnes par année :

ANNÉES.	PRODUCTION.
1871.....	120,000 tonnes.
1880.....	596,000
1890.....	1,084,000
1900.....	1,670,000

Les 1,670,000 tonnes de l'année dernière se décomposent en 430,000 tonnes de fonte de moulage, 460,000 de fonte d'affinage et 780,000 de fonte Thomas.

Les deux premières catégories ne paraissent pas susceptibles d'un accroissement bien considérable dans l'avenir. La fabrication du fer puddlé en particulier manifeste une tendance à la décroissance. Elle a oscillé en France autour de 800,000 tonnes, ces dernières années. L'acier, au contraire, est monté de 1,325,000 tonnes en 1897 à 1,625,000 en 1900, accusant une progression annuelle de 75,000 tonnes.

Les établissements de Meurthe-et-Moselle participent à ce développement d'une façon très effective. On compte aujourd'hui six aciéries en activité (Mont-Saint-Martin, Micheville, Jœuf, Homécourt, Pompey, Frouard); une septième s'élève en ce moment à Neuves-Maisons.

Pour la production des métaux bruts, fonte ou acier, il semble donc que les forges lorraines maintiendront et même accentueront encore leur avance sur les autres centres métallurgiques de France. Le tableau suivant donne, par ordre de production décroissante, les départements qui produisent plus de 50,000 tonnes de fonte ou d'acier :

DÉPARTEMENTS.	FONTE.	ACIER.
	tonnes.	tonnes.
Meurthe-et-Moselle.....	1,770,000	572,000
Nord.....	305,000	274,000
Pas-de-Calais.....	100,000	97,000
Saône-et-Loire.....	85,000	126,000
Landes.....	78,000	61,000

DÉPARTEMENTS.	FONTE.	ACIER.
	tonnes.	tonnes.
Gard. ....	75,000	68,000
Loire-Inférieure. ....	70,000	88,000
Haute-Marne. ....	56,000	22,000
Allier. ....	26,000	60,000
Loire. ....	20,000	89,000

Si la métallurgie de Meurthe-et-Moselle a pu prendre une telle avance sur ses concurrents, c'est à l'abondance et au bon marché de ses minerais qu'elle le doit.

§ 3. *Situation et étendue du gisement lorrain.* — Au point de vue géologique (faisant abstraction des minerais dits de «fer fort» qui n'offrent plus à l'heure présente aucun intérêt industriel), les minerais de Meurthe-et-Moselle appartiennent à un seul et même étage, l'étage *toarcien*, situé à la partie supérieure du lias et à la base des assises du bajocien.

Au point de vue géographique, on distingue en France les régions minières sous les noms de *bassin de Nancy* et *bassin de Briey*.

Le bassin de Nancy renferme 18,000 hectares déjà exploités en grande partie. Les couches y sont beaucoup moins épaisses qu'à Briey.

Entre le bassin de Nancy et celui de Briey, il existe une lacune de 30 à 40 kilomètres dans laquelle il n'existe pas de mines. Le bassin de Briey en renferme, au contraire, un grand nombre, qui couvrent, dans la seule partie française, 43,000 hectares. C'est une superficie à peu près égale que possèdent les Allemands de l'autre côté de la frontière. Dans la partie nord enfin, 3,600 hectares appartiennent au grand-duché de Luxembourg. En fin de compte, l'ensemble des trois pays renferme une superficie de 90,000 hectares couverte, sans solution de continuité, de concessions minières. Avec le bassin de Nancy, l'étendue totale des bassins miniers atteint 108,000 hectares.

§ 4. *Couches de minerais contenues dans le gisement.* — On distingue, dans la région où la formation ferrugineuse est la plus complète, jusqu'à huit couches de minerais; mais il est rare qu'on en exploite plus de trois dans une même mine. Très souvent même, on n'en utilise qu'une.

La formation ferrugineuse composée d'une alternance de couches riches et de bancs intermédiaires pauvres, ou stériles, n'a pas plus de 10 mètres dans le bassin de Nancy. Dans celui de Briey, elle descend rarement au-dessous de 30 mètres et dépasse quelquefois 50.

L'horizon le plus régulièrement minéralisé, dans ce dernier bassin, se trouve dans la partie moyenne de la formation; on le désigne sous le nom de couche *grise*. Cette couche pourra être exploitée sur des épaisseurs variant de 1 à 8 mètres. Elle contient des minerais *selfsmelting*, c'est-

à-dire pouvant être passés au fourneau sans addition de fondant, et produisant d'excellentes fontes à acier.

Les couches envisagées soit individuellement, soit dans leur ensemble, affectent une disposition lenticulaire et une allure régulière, qui ne comportent pas de variations brusques, ni dans la composition, ni dans la puissance, sauf au voisinage de certaines failles dont je parlerai tout à l'heure.

En dehors de la couche grise de l'étage moyen mentionnée ci-dessus, et si appréciée des aciéristes à cause de sa teneur peu élevée en silice et de sa nature calcaire, je me bornerai à citer : 1° les couches inférieures dites *vertes, noires ou brunes*, généralement très siliceuses et pyriteuses; 2° les couches supérieures, *rougas*, principalement calcaires. Le faisceau supérieur comprend, en outre, des *calcaires ferrugineux* qui sont fréquemment exploités, malgré leur faible richesse en fer, pour corriger l'excès de silice de certains minerais.

Les bancs intermédiaires plus ou moins stériles qui séparent les couches de minerais sont de nature diverse : les éléments prédominants sont calcaires dans la partie supérieure, marneux dans la partie inférieure et glaiseux à la base.

Le toit de la formation est constitué par un banc très régulier de marnes dites *micacées*, qui ont jusqu'à 35 mètres de puissance et jouent un rôle très important dans le régime des eaux souterraines. Au-dessus de ces marnes se trouvent les formations bajociennes et bathoniennes, dont l'épaisseur atteint et dépasse même quelquefois 200 mètres.

§ 5. *Procédés d'exploitation.* — Jusqu'à ce jour, on n'a que très peu exploité les minerais au moyen de puits. Ce n'est que depuis quelques années que les industriels français ou allemands se sont décidés à en entreprendre un certain nombre en différents points, dont quelques-uns sont déjà en service à l'heure actuelle. Ce sont ceux d'Ottange, d'Audun-le-Tiche, de Montois et de Sainte-Marie-aux-Chênes, en Alsace-Lorraine; de Jœuf et d'Homécourt, en France; quatre autres puits en Lorraine allemande et cinq en France sont en voie d'installation.

L'établissement de ces sièges d'extraction ne laisse pas que d'être difficile et coûteux, en raison d'un niveau d'eau très abondant qui se trouve dans la formation ferrugineuse. Ce niveau d'eau a un caractère artésien très marqué, qui s'est traduit maintes fois par un jaillissement à la surface.

Comme ce niveau est situé à une profondeur souvent plus grande que 200 mètres, on doit prévoir des installations de cuvelage et d'exhaure très importantes.

Dans une mine de Gross-Moyeuve, on a dû épuiser jusqu'à 20 et 30 mètres cubes à la minute aux époques des fortes eaux. En général, les

sièges d'extraction s'outillent pour élever 20 à 25 mètres cubes d'eau à la minute, et 1,500 tonnes de minerai par jour.

L'extraction des minerais de la Lorraine, au moyen de puits, constitue une nouveauté, car, jusqu'à ce jour, on se bornait à exploiter les mines d'affleurement, soit à ciel ouvert, soit par galeries à flancs de coteau. C'est encore exclusivement par ces procédés très simples que le Luxembourg produit 6 millions de tonnes annuellement. On n'en emploie pas d'autres non plus dans toute la région de Longwy-Villerupt et dans le bassin de Nancy.

L'outillage des mines d'affleurement se réduit à sa plus simple expression. Je ne vois d'intéressant à citer que quelques installations électriques pour la traction souterraine et la perforation des trous de mines, dans les bassins de Longwy et du Luxembourg; un trainage par chaîne flottante, en Lorraine allemande; et quelques transporteurs aériens pour franchir des vallées.

Les mines d'affleurement fournissent, dans ces conditions, des minerais à très bon marché, dont le prix de revient reste compris le plus souvent entre 1 fr. 50 et 3 francs.

Malgré l'élévation inévitable du prix de revient du minerai produit par les exploitations nouvelles, la fabrication de la fonte ne semble pas devoir être plus onéreuse. Il y a à cela une double raison, savoir, les minerais des nouveaux gisements étant plus riches en fer et plus calcaires que ceux dont on disposait jusqu'ici; d'une part, on consommera moins de minerai et moins de coke par tonne de fonte; et, d'autre part, le rendement journalier du haut-fourneau augmentera.

§ 6. *Nature et emploi des minerais.* — La composition et l'aspect des minerais sont assez variables d'un point à un autre du même gisement et d'une couche à l'autre.

L'analyse ci-dessous caractérise un excellent minerai de la couche grise de Landres (échantillon desséché) :

Perte au feu.....	17.78
Silice.....	5.20
Alumine.....	5.78
Acide phosphorique.....	2.23
Peroxyde de fer.....	47.51
Protoxyde de fer.....	10.00
Protoxyde de manganèse.....	0.49
Chaux.....	10.84
Magnésie.....	0.92
Soufre.....	traces.
TOTAL.....	<u>100.70</u>

Contenant : Fer, 41.71 p. 100; phosphore, 0.97 p. 100.

En pratique, dans les minerais qu'on consomme actuellement, la teneur en fer oscille autour de 35 p. 100, la chaux varie de 4 à 10 et la silice de 6 à 15. Mais toutes les variétés, depuis les plus siliceuses jusqu'aux plus calcaires, existent dans le gisement, ce qui permet de composer par des mélanges convenables les lits de fusion les plus divers pour obtenir à volonté des fontes de moulage, d'affinage, ou Thomas.

Pour le moulage, on recherche dans une certaine mesure les mines réfractaires, les unes par excès de silice, les autres par excès de chaux. Par exemple, on associe un minerai à 16 p. 100 de silice et 6 à 7 de chaux avec un autre à 7 p. 100 de silice et 25 p. 100 de chaux. La fonte obtenue contient facilement de 3 à 5 p. 100 de silicium.

Pour l'affinage, la mine qu'on recherche doit contenir de 10 à 11 de chaux et 8 à 9 de silice. Les gisements d'Esch sont réputés de longue date pour fournir cette qualité, qui fond seule et rapidement. On fait peu de laitier, la fonte coule vite, et on arrive à obtenir 33 à 34 p. 100 de rendement en consommant moins de 1,000 kilogrammes de coke.

Pour la fonte Thomas, il faut avoir des lits de fusion calcaires, de façon à obtenir des fontes peu siliceuses; on cherche à faire peu de laitier pour perdre le moins de manganèse possible. Un minerai contenant de 5 à 6 p. 100 de silice et 12 p. 100 de chaux satisfait à ces conditions. Les gisements découverts dans ces dernières années présentent communément cette composition ou une composition s'en rapprochant avec des teneurs en fer de 35 à 42 p. 100 (minerai desséché). Par conséquent, c'est surtout au point de vue de la fabrication des fontes à acier Thomas, que les nouvelles découvertes du bassin de Briey sont appelées à jouer un rôle considérable dans notre sidérurgie.

A Longwy, on ne trouve réellement que des mines propres au moulage (12 à 17 de silice, 6 à 7 de chaux); aussi les fontes de ce bassin sont-elles réputées même en Allemagne, où elles sont préférées, en tant que moulage, à celles du Luxembourg, qui sont produites surtout avec des minerais d'affinage.

Le tableau ci-après donne la composition moyenne de quelques couches du Luxembourg, parmi lesquelles la couche rouge d'Esch triée, qui a toujours été considérée comme une des meilleures de la Lorraine. Il suffit de comparer son analyse avec celle du minerai de Landres, reproduite plus haut, pour voir qu'il y a de grandes analogies entre les deux produits :

	COUCHE			
	ROUGE D'ESCH triée.	ROGNONS calcaires.	JAUNE de Rumelange.	NOIRE de Differdange.
Fer.....	40.98	22.88	36.03	39.20
Chaux.....	7.40	23.85	15.60	5.30
Silice.....	8.41	7.28	7.50	16.10
Phosphore.....	0.77	0.67	0.85	0.81

En pratique, les lits de fusion des usines de la Lorraine donnent un rendement en fonte de 28 à 33 p. 100.

Il faut donc toujours compter employer au moins 3 tonnes de minerai pour produire une tonne de fonte.

§ 7. *Variations dans la composition des minerais. — État d'oxydation du fer.* — La texture des minerais est oolithique. Quand les oolithes sont fines, aplaties et régulières, de couleur bronzée, se détachant en clair sur un fond verdâtre, le minerai est de bonne qualité. La grosseur des oolithes ne dépasse pas dans ce cas deux à trois dixièmes de millimètres. Lorsqu'on trouve des oolithes très grosses et irrégulières, c'est presque toujours un signe de pauvreté.

La formation de ces oolithes, autour d'un corpuscule en suspension dans l'eau de la mer (fréquemment un débris très ténu de coquillage), est certainement le résultat d'une décomposition chimique mettant en liberté l'oxyde de fer primitivement combiné avec l'acide carbonique. La destruction du carbonate donnait de l'oxyde de fer, qui se transformait rapidement en sesquioxyde hydraté. C'est ce sesquioxyde qui constitue essentiellement le minerai; mais il subsiste encore du protoxyde, qui est combiné avec la silice, l'acide phosphorique et peut-être aussi avec un peu d'acide carbonique. Ces combinaisons avec l'oxyde au minimum ne sont bien discernables que dans les minerais vierges des couches profondes. Ceux qui ont subi l'action des agents atmosphériques (les minerais des affleurements en particulier) sont altérés et peroxydés. Ils ont pris une couleur ocreuse, et leur teneur en chaux a été souvent modifiée, soit qu'ils en aient perdu par décalcification, soit qu'ils en aient gagné par incrustation.

§ 8. *Répartition du calcaire.* — Dans les minerais de la couche grise vierge, la distribution du calcaire offre une particularité frappante, c'est sa concentration en taches (roggons) nombreuses, irrégulièrement disséminées dans la masse et sans séparation nette de la mine riche.

Ces rognons calcaires ne sont pas non plus uniformément répartis dans toute l'étendue du gisement. Ils sont en relations avec les centres d'émissions des minerais dont je parlerai plus loin. Très peu discernables dans le voisinage d'une émission, ils commencent à apparaître à une certaine distance, puis se multiplient très rapidement et atteignent leur maximum sur la lisière de la zone où la couche cesse d'être exploitable. Au delà de cette zone, le fer et la chaux provenant de l'émission sont à peu près épuisés et n'arrivent plus qu'en très faible proportion dans les sédiments ordinaires, qui jouent, dès lors, dans la constitution des strates, le rôle prédominant.

J'explique cette particularité de la manière suivante. Le carbonate de fer et le carbonate de chaux, amenés par les émissions hydrothermales, dans le

sein de la mer ne se précipitaient pas avec la même rapidité; le carbonate de fer, beaucoup moins stable, se décomposait en premier lieu. Plus loin, le carbonate de chaux, peu à peu privé de l'excès d'acide carbonique qui le maintenait en dissolution, se précipitait à son tour, en grande abondance. Après cette précipitation, le flux ferrugineux qui pouvait subsister encore, bien que très affaibli, venait échouer dans les sédiments ordinaires, et si ceux-ci étaient quartzeux, comme c'était fréquemment le cas, il ne se formait plus qu'un minerai pauvre extrêmement siliceux.

Ainsi s'explique qu'une même couche peut donner dans l'intervalle de quelques kilomètres, par modifications progressives, les trois qualités de minerais suivantes :

- 1<sup>re</sup> zone : minerai très riche, moyennement calcaire;
- 2<sup>e</sup> zone : minerai moyennement riche, très calcaire;
- 3<sup>e</sup> zone : minerai pauvre, très siliceux.

C'est dans la 2<sup>e</sup> zone que l'épaisseur de la couche est la plus grande, par suite de l'accumulation insolite du carbonate de chaux. Le minerai n'y est plus homogène comme dans la 1<sup>re</sup> zone, mais surchargé de rognons irréguliers, dans lesquels la chaux s'est concentrée.

Un exemple bien net de ce phénomène se rencontre dans le bassin de Landres, entre cette localité et celle de Bouvigny (distance : 6 kilomètres). A Landres, près du centre d'émission des minerais, la couche a 6 m. 65 d'épaisseur, avec 40 de fer, 11 de chaux, 6 de silice. A Bouvigny, elle n'a plus que 2 m. 15, avec 26 de fer, 6 de chaux et 42 de silice. Dans l'intervalle, elle atteint 8 m. 73 avec 32 de fer, 18 de chaux et 6 de silice.

Lorsque la silice atteint des proportions élevées comme dans le minerai de Bouvigny, elle a été certainement apportée par la sédimentation à l'état de quartz. (L'alumine ne figure dans le minerai de Bouvigny que par une teneur de 3.26 p. 100.) Dans les minerais riches, la silice est combinée avec l'alumine, le protoxyde de fer et peut-être aussi avec la chaux.

§ 9. *Variations de couleurs des minerais.* — C'est le silicate de fer (chlorite) qui donne à la pâte englobant les oolithes de la couche grise, la teinte verte caractéristique qui se remarque dans les minerais exempts d'altération.

Cette teinte verte, combinée avec la couleur bronzée des oolithes, donne aux minerais un aspect grisâtre qui a valu son nom à la couche grise. Partout où les eaux ont circulé à travers les couches, les minerais ont perdu cet aspect caractéristique; ils sont devenus ocreux, jaunâtres. Cette apparence est très fréquente aux affleurements; on la retrouve aussi dans les couches profondes lorsqu'elles sont traversées par des courants d'eau.

A côté de cette modification d'aspect due aux eaux d'infiltration, il en est

une autre très importante à signaler, qu'on ne trouve qu'au voisinage de certaines failles.

J'envisagerai surtout ici la faille de Bonvillers que j'ai eu occasion d'étudier en détail. De part et d'autre de cette faille et dans son voisinage immédiat, les minerais ont une couleur rougeâtre (se rapprochant de celle de la brique), violacée même, qui diffère complètement de la couleur grise qu'on observe dans les minerais ordinaires. Cet aspect spécial, dans lequel on ne remarque plus de différence de nuance entre les oolithes et le ciment chloriteux qui les empâte, donne à penser que les minerais ont subi l'influence d'une température élevée, ce qui n'aurait rien d'étonnant si, comme je l'admets, les minerais ont été amenés dans le fond de la mer par des sources thermales. Ces actions calorifiques ne s'observent pas seulement à proximité immédiate des émergences, mais encore à une certaine distance en aval, dans les régions où le carbonate de fer se trouvait entraîné de préférence. D'après les données de la thermo-chimie, on sait que la décomposition du carbonate de fer en peroxyde est accompagnée d'un dégagement de chaleur considérable (65 calories par kilogramme de carbonate décomposé).

A Bilbao, on tire parti de cette propriété en calcinant les carbonates avec une dépense de charbon des plus minimales (4 à 5 kilogrammes par tonne). J'ai eu occasion de voir sur place le minerai grillé de Bilbao; il a une texture grenue régulière et une couleur noir-bleuâtre caractéristique. Quelle n'a pas été ma surprise de retrouver dans un banc de minerai d'un sondage situé entre Landres et Joudreville, à l'ouest de la faille de Bonvillers, des produits d'apparence absolument semblable, et dont la composition particulièrement riche (49.46 p. 100 de fer) dénotait une concentration exceptionnelle du carbonate, en voie de décomposition?

On a trouvé, paraît-il, en 1883, des minerais de même aspect et de richesse exceptionnelle aussi (48 p. 100 de fer) dans le bassin de l'Orne, entre Giraumont et Hatrize, à l'extrémité occidentale de la faille de l'Orne.

J'avais remarqué, d'autre part, que certaines couches sont localisées dans les parages de quelques failles; que d'autres n'existent que sur une de leurs lèvres; j'en arrivai peu à peu à me convaincre que la théorie des sources ferrugineuses jaillissant dans le fond de la mer, combinée avec la double considération des failles et des reliefs sous-marins, pouvait servir à expliquer la répartition des minerais dans l'ensemble du gisement.

§ 10. *Répartition du phosphore.* — Avant d'exposer brièvement la théorie de la genèse des minerais, je crois bon d'ajouter quelques mots sur la répartition du phosphore.

On a cru pendant longtemps que ce métalloïde avait une provenance

organique et qu'il était dû à la présence de débris fossiles dans les couches. Cette explication est contredite par les faits. Dans le bassin de Landres dont j'ai déjà parlé, il existe une couche de minerai riche, de 6 mètres environ d'épaisseur, dans laquelle on ne trouve aucun fossile. La teneur en phosphore y varie de 0.70 à 0.90 p. 100. Au contraire, dans un banc très coquillier qui surmonte la couche, j'ai vérifié que le phosphore n'existe que dans la proportion de 0.24 p. 100.

D'une façon générale, plus le minerai est riche en fer, plus il l'est aussi en phosphore. Cette substance ne doit donc pas être considérée comme un élément parasite du minerai, mais bien comme un élément essentiel.

Et c'est ce qui explique, selon moi, le grand succès que les minerais de la Lorraine ont obtenu dans l'application du procédé Thomas.

Avec les lits de fusion à 30 ou 33 p. 100 de fer, on fabrique constamment des fontes à 1.80 p. 100 de phosphore. Les produits obtenus sont donc de composition uniforme et permettent de réaliser, sans être obligé de suivre constamment par l'analyse chimique les variations du phosphore dans les minerais ou les fontes, des opérations régulières au convertisseur; tandis que lorsqu'on fournit le phosphore au lit de fusion par des minerais où ce corps est parasite, comme ceux de Suède, par exemple, plus ou moins riches en apatite, dans lesquels il se rencontre avec une teneur qui varie de 0 à 6 p. 100, il n'est pas facile d'arriver à obtenir des fontes toujours identiques, et la régularité de l'affinage et, par suite, la qualité du métal peuvent s'en ressentir.

Ainsi donc le phosphore qui donnait autrefois une si mauvaise réputation aux fontes de Lorraine est devenu, au contraire, l'auxiliaire le plus précieux des fabricants d'acier. On sait d'ailleurs qu'il constitue un élément de profit qui est loin d'être négligeable, par les scories de déphosphoration qui sont si recherchées aujourd'hui en agriculture.

La constance du phosphore dans le gisement constitue, selon moi, un motif de plus pour croire que la minéralisation des couches lorraines dérive d'un prélèvement direct sur le noyau fluide interne.

§ 11. *Théorie des failles nourricières.* — L'explication de la genèse des minerais pourrait se résumer comme suit :

Le fer provient de sources thermales qui débouchaient dans le fond de la mer, en différents points de certaines failles que j'appelle *failles nourricières*. Ces failles n'étaient que des diaclases à l'époque toarcienne; elles se sont formées par des mouvements de l'écorce terrestre qui ont communiqué au fond de la mer contemporaine des plissements peu énergiques, mais suffisamment prononcés cependant pour qu'il en soit résulté des régions synclinales et anticlinales nettement distinctes. Les émissions ferrugineuses provenant d'une faille nourricière se concentraient dans les régions synclinales du voisinage.

C'est auprès des émergences que le minerai est le plus pur, parce que la sédimentation ordinaire y cédait le pas à l'apport des sources; il finit, au contraire, par ne plus constituer qu'un élément accessoire des sédiments quand le lieu du dépôt est très éloigné de l'émergence.

De là vient la disposition lenticulaire des couches.

Quand les émissions ont été assez éloignées les unes des autres pour que les dépôts lenticulaires ne se rejoignent pas, on peut en déterminer les contours et constater qu'ils dépendent plus ou moins étroitement d'une faille voisine. J'ai pu faire cette détermination pour les trois bassins, d'une étendue totale de 30,000 hectares, qui constituent le gisement de Briey, soit : celui de l'Orne, découvert en 1883; celui de Tucquegnieux (1894-1896), et celui de Landres (1895-1898). Par la suite, j'ai étendu mes recherches aux bassins luxembourgeois et allemands. J'ai été amené ainsi à considérer comme nourricières les failles suivantes : 1° celles de Crusnes et d'Ottange qui ont joué un rôle primordial dans la constitution des couches du Luxembourg et de la région d'Aumetz; 2° celles d'Audun-le-Roman (prolongement de celle d'Ottange), de Bonvillers et d'Avril, auxquelles je rattache l'origine des minerais des bassins de Tucquegnieux et de Landres; 3° enfin celles de l'Orne et du Woigot dont dépendent les minerais du bassin de l'Orne.

Certaines émergences particulièrement actives ont pu être repérées sur la direction de ces failles, d'après la délimitation des couches riches superposées auxquelles elles ont donné naissance. Utilisant les très nombreux documents fournis par plus de 200 sondages entrepris tant en Allemagne qu'en France, j'ai dressé une carte donnant les courbes de niveau du mur de la couche grise, l'emplacement des failles et celui des zones d'exploitabilité des diverses couches. J'ai constaté que lorsqu'il y avait plusieurs couches riches superposées, elles étaient en corrélation étroite avec des failles nourricières voisines.

Le cadre de cette notice ne me permettant pas d'entrer dans les détails, je me borne à faire observer que, pour appliquer la théorie des failles nourricières, il faut admettre :

1° Que toutes les failles nourricières ne nous sont pas connues, certaines d'entre elles ayant pu rester dissimulées à nos yeux, faute de remise en mouvement postérieure à la formation des minerais;

2° Que toutes les failles qui découpent le gisement ne sont pas nourricières; que celles qui le sont n'ont fourni des émissions ferrugineuses qu'en certains points privilégiés; qu'une même faille a pu jouer à différentes reprises et livrer passage à plusieurs émissions successives, dans l'intervalle desquelles des couches pauvres ou stériles se sont formées par le phénomène ordinaire de la sédimentation;

3° Que les plissements de l'époque toarcienne ont conservé de nos jours

la même disposition générale que celle qu'ils affectaient lors de la formation des minerais. Les régions synclinales, en particulier, sont restées synclinales, bien que leur pente ait pu varier par suite des mouvements postérieurs de l'écorce terrestre. Les failles ont joué de nouveau aussi après les dépôts jurassiques, et leur rejet actuel qui intéresse les morts terrains sont évidemment autres que ceux qu'elles avaient à l'époque toarcienne. Du reste, pendant cette époque, lors de leurs périodes successives d'activité, c'était tantôt une lèvre ou tantôt l'autre qui s'abaissait. Le dépôt ferrugineux qui se produisait par suite de l'émission correspondante se rassemblait de préférence en contre-bas de la région d'émergence.

§ 12. *Objections à la théorie des failles nourricières.* — On a objecté à la théorie des failles nourricières que les émissions geysériennes étaient peu en faveur actuellement en géologie, pour expliquer la formation des gisements ferrugineux.

Je ne vois, pour ma part, aucune impossibilité de mettre en cause ces phénomènes. Ne voyons-nous pas de nos jours des formations puissantes, calcaires ou siliceuses, se produire par des actions hydrothermales (Hammam-Meskoutine, Yellowstone-Park)? Les émissions volcaniques colossales qui se rencontrent en si grand nombre dans l'Océan Pacifique et viennent ajouter à la sédimentation des matériaux d'origine interne d'une nature si spéciale, ne constituent-elles pas des phénomènes comparables à ceux qui expliqueraient, d'après moi, la genèse des minerais de la Lorraine?

J'ajoute qu'après avoir étudié d'un peu près les minerais de Bilbao et de la Haute-Marne, je suis convaincu que certains d'entre eux (le campilse de Bilbao, par exemple, et le minerai géodique supraportlandien de la Haute-Marne) sont dus à des émissions geysériennes. L'étude de ces gisements a été grandement facilitée par ce fait, qu'ayant été exploités en totalité et à ciel ouvert, leur soubassement calcaire a pu être mis à nu. Comme l'amas de minerai s'était rassemblé sur des assises calcaires émergées, l'acide carbonique a corrodé celles-ci profondément et leur a donné un aspect très particulier qui a frappé tous les observateurs. On retrouve aujourd'hui le mur du gisement, hérissé de pointements bizarres comparables au sérac d'un glacier, suivant l'expression imagée de M. E. Gruner. Ces mille cavités distribuées si capricieusement dans le mur de la formation me semblent être le résultat d'une dissolution du calcaire par des eaux chaudes carboniques projetées en gerbes, à la façon des geysers.

Par contre, je ne fais aucune difficulté pour admettre que les gisements calloviens, oxfordiens et des sables verts, de la région de l'Est, sont littoraux et dus à des phénomènes exclusivement sédimentaires. Je crois même qu'on ne s'avancerait pas trop en disant que le fer qu'ils contiennent provient du démembrement de la partie septentrionale du gisement lorrain, qui a subi des érosions réitérées.

On a cherché aussi à établir, les auteurs allemands surtout, que les minerais n'étaient pas contemporains des sédiments toarciens, mais résultaient de leur altération postérieure, par métasomatose. Je ne nie pas que les actions métasomatiques aient pu minéraliser après coup des roches qui ne l'étaient pas au moment de leur dépôt; mais il s'agit, la plupart du temps, de phénomènes locaux dont l'effet se trouve distribué irrégulièrement au hasard des infiltrations ferrugineuses, et je ne puis admettre que ce processus soit applicable à la formation du gisement lorrain, où les couches présentent une régularité si frappante et si intimement liée aux actions de gravité.

Au surplus, les considérations théoriques ne doivent pas être trop exclusives, les moyens d'action de la nature étant infiniment variés. Chaque auteur a une tendance naturelle à exagérer celui ou ceux dont il a poursuivi l'étude d'une façon spéciale. Si je n'ai pas échappé à ce travers, je suis du moins le premier à reconnaître que nos opinions personnelles pèsent peu à côté des faits.

Dans l'espèce, nous sommes certain que la nature a fait libéralement les choses, que les ressources qu'elle a mises à notre disposition sont immenses. C'est l'essentiel.

Qui ne connaît la boutade de Flaubert, sur les alignements de Carnac? Après avoir décrit les théories contradictoires, émises par nombre d'auteurs, sur les alignements de Carnac, Flaubert conclut malicieusement ainsi : « Pour en revenir aux pierres de Carnac (ou plutôt pour les quitter), dit-il, que si l'on me demande, après tant d'opinions, quelle est la mienne, j'en émettrai une irréfutable, irréfragable, irrésistible. . . . : Cette opinion la voici : les pierres de Carnac. . . . sont de grosses pierres !

---

## NOTE

SUR

L'INDUSTRIE DU SEL DANS LE DÉPARTEMENT DE MEURTHE-ET-MOSELLE,

PAR M. LEBRUN.

---

A côté de l'industrie métallurgique, qui a pu atteindre son développement actuel, grâce aux énormes gisements de minerai de fer enfouis dans le sol de la région, il est une autre industrie lorraine qui tire également son origine des richesses minérales locales, l'industrie salicole. Pour être moins importante que l'industrie sidérurgique, et pour ne mettre en œuvre qu'une somme de capitaux bien plus faible, elle mérite cependant, par