

ANNALES

DES MINES.

ANNALES

DES MINES.

## COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, de membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur remplissant les fonctions de secrétaire :

### MEMBRES DE LA COMMISSION.

Le Secrétaire général du Ministère fait partie de la Commission.

MM.	MM.
GRÜNER, inspecteur général des mines, président.	GUILLEBOT DE NERVILLE, inspecteur général.
ÉLIE DE BEAUMONT, inspecteur général en retraite, professeur à l'École des mines.	JACQUOT, inspecteur général.
FRANÇOIS, inspecteur général des mines.	DUPONT, ingénieur en chef, inspecteur de l'École des mines.
DU SOUCHU, inspecteur général des mines.	BAYLE, ingénieur en chef, professeur à l'École des mines.
DAUBRÉE, inspecteur général, directeur de l'École des mines.	DELESSE, ingénieur en chef, professeur à l'École des mines.
COUCHE, inspecteur général, professeur à l'École des mines.	LAMÉ-FLEURY, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général des mines.
HARLÉ, inspecteur général des mines.	LAN, ingénieur, professeur à l'École des mines.
LEFÈVRE DE FOURCY, inspecteur général.	MALLARD, ingénieur, professeur à l'École des mines.
CALLON, inspecteur général, professeur à l'École des mines.	MOISSENET, ingénieur, professeur à l'École des mines, secrétaire de la commission.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'Ingénieur, secrétaire de la Commission des ANNALES DES MINES, 60, boulevard Saint-Michel, à Paris.

### Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

# ANNALES DES MINES

OU

## RECUEIL

### DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SEPTIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME IV.



PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR.

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49

1874

1873



ANNALES  
DES MINES

---

---

RECHERCHES

SUR LES FONTES RICHES EN SILICIUM.

Par MM. L. TROOST et P. HAUTEFEUILLE.

---

Le silicium, regardé longtemps comme une impureté de la fonte, a pris rang parmi les éléments indispensables des fontes destinées à l'affinage pour acier Bessemer. Les métallurgistes donnent à ces fontes siliceuses le nom de *fontes chaudes*, nom d'autant plus caractéristique qu'il ne résulte d'aucune idée préconçue. L'allure plus chaude du convertisseur, l'élévation plus grande de la température y paraît liée à l'introduction d'une plus forte proportion de l'une des matières combustibles de la fonte. Le silicium, en brûlant dans le convertisseur, y développe trois fois plus de chaleur que le même poids de charbon se transformant en oxyde de carbone, ainsi que nous l'avons établi dans une communication à l'Académie des sciences (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXX, p. 252).

L'augmentation du pouvoir calorifique se traduit par un accroissement de température d'autant plus grand que la combustion du silicium donne de la silice, corps fixe qui reste dans l'appareil, tandis que celle du charbon donne un produit gazeux qui, en se dégageant, entraîne hors du fourneau une portion de la chaleur développée.

Mais la véritable justification du nom de *fontes chaudes* se trouve plutôt encore dans les propriétés remarquables des fontes riches en silicium, ces fontes pouvant être maintenues longtemps, pendant l'affinage, à une température plus élevée que les fontes ordinaires. En effet, nous avons pu, par l'excellente méthode d'affinage au gaz oxygène de M. H. Sainte-Claire-Deville, constater que les fontes très-siliceuses se comportent à haute température, en présence des gaz oxydants ou réducteurs, identiques à ceux qui se trouvent dans le convertisseur Bessemer, d'une manière toute différente de celle des fontes ordinaires.

La fonte siliceuse amenée à l'état de fusion dans un creuset de chaux vive, sous le dard du chalumeau alimenté par du gaz de l'éclairage et de l'oxygène, forme un bain qui s'oxyde tranquillement, même en présence d'un excès considérable d'oxygène. Le métal, maintenu constamment en mouvement par le courant gazeux, se recouvre d'une pellicule irisée qui gagne les bords du bain en fusion et se renouvelle constamment comme dans une coupellation d'argent. On peut, sans changer l'allure du phénomène, chauffer beaucoup au-dessus de la température de fusion.

Ces phénomènes différencient complètement l'affinage des fontes très-siliceuses de celui des fontes ordinaires qui, chauffées dans les mêmes conditions, ne s'affinent qu'avec production de vives et brillantes étincelles. La production des étincelles est liée à la dissolution de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone dans le bain en fusion; ces gaz, qui se dissolvent dans les parties où la température est la plus élevée, déterminent dans les parties moins chaudes un véritable rochage avec projection. Or, tandis que les fontes ordinaires dissolvent une grande quantité de ces gaz, les fontes très-siliceuses n'en dissolvent que des traces. Cette circonstance explique la différence que nous signalons dans l'affinage des fontes carburées et des fontes riches en silicium.

Nous avons pu, après avoir tenu longtemps la fonte siliceuse en fusion tranquille à une température très-élevée, déterminer la production de vives étincelles par l'introduction d'une quantité convenable de fonte riche en manganèse. Nous reproduisons ainsi l'un des phénomènes les plus brillants de l'affinage par le procédé Bessemer.

Les bulles qui se dégagent dans cet affinage, de même que celles qui forment les soufflures constatées dans les métaux après leur refroidissement, ne sont pas uniquement déterminées par un phénomène analogue au *rochage*; leur dégagement est souvent accompagné d'un changement appréciable dans la composition chimique de la fonte ou de l'acier, comme les expériences suivantes permettent de le reconnaître.

Le bouillonnement de la fonte ou de l'acier, que les métallurgistes observent journellement, peut être facilement étudié dans les laboratoires. Il suffit de maintenir la matière en fusion dans des appareils en terre réfractaire pour le constater; le phénomène se continue, aussi longtemps qu'elle reste fondue, sans variation sensible de température. Ce dégagement n'est pas dû à une action du métal sur les gaz oxydants de l'atmosphère (vapeur d'eau ou acide carbonique), car il se manifeste en leur absence. Une fonte maintenue en fusion pendant soixante-douze heures dans un appareil bien clos et sous une faible pression dégage encore du gaz à la fin de la troisième journée. Cette même fonte, placée dans une atmosphère d'oxyde de carbone ou d'hydrogène, se conduit comme dans le vide sec (\*), et l'analyse nous a montré que le gaz qui se dégage est de l'oxyde de carbone.

(\*) Dans toutes ces expériences, le dégagement des gaz est accompagné de projection; il faut donc avoir soin de garantir la couverture du tube de porcelaine, car elle cesse d'être imperméable dès qu'elle est attaquée par le fer. Pour plus de sûreté, on emploie des tubes vernis à l'extérieur et à l'intérieur.

La production continue de ce gaz ne peut pas provenir des gaz dissous, puisque la température reste stationnaire; elle résulte d'une réaction de la fonte sur la nacelle de porcelaine; c'est en effet ce que l'analyse nous a appris. Nous avons reconnu que la fonte perd du carbone et s'enrichit en silicium. Nous avons pu suivre l'enrichissement en silicium avec production d'oxyde de carbone sur des fontes contenant jusqu'à 8 p. 100 de silicium. Au delà de cette teneur, la température de fusion du métal s'élève tellement qu'il nous a fallu renoncer à étudier la réaction dans des tubes de porcelaine.

Ces premières expériences montraient bien qu'à une température supérieure à celle de la fusion de la fonte, le carbure de fer jouit de la propriété de réduire la silice, mais elles ne permettaient pas d'atteindre la tension que l'oxyde de carbone doit exercer pour qu'il y ait autant de silicium oxydé qu'il s'en produit par l'action du carbone et du fer sur la silice et les silicates.

Nous avons dû nous borner, pour le moment, à déterminer l'enrichissement en silicium d'une fonte en fusion, sous une pression d'oxyde de carbone voisine de celle que possède ce gaz dans les foyers métallurgiques. Nous avons eu recours à la *gaize*, substance réfractaire signalée par M. Sauvage et qui est à la fois très-siliceuse et très-pauvre en alcalis (\*). Une fonte grise, qui contenait 0,21 p. 100 de silicium et 5,52 de carbone, a été chauffée dans un creuset de gaize d'une très-grande épaisseur, placé au milieu d'un creuset de plombagine brasqué avec du charbon des cornues. Dans ces conditions, l'atmosphère gazeuse en contact avec la fonte est formée d'oxyde de carbone et d'hydrogène, comme dans les fours à coke de l'industrie.

(\*) Voir, pour les analyses de la gaize, le mémoire de MM. H. Sainte-Claire-Deville et Desnoyers (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXX, p. 581).

Après vingt-quatre heures de chauffe, nous avons constaté que la gaize est fortement rongée autour de la fonte enrichie en silicium, et qu'il s'est produit un silicate acide de protoxyde de fer. Quelques globules de métal se sont creusés des cavités de plus de 2 centimètres dans l'épaisseur de la matière siliceuse.

La même expérience répétée avec l'acier a donné des résultats analogues. La fonte et l'acier, analysés avant et après ces expériences, ont fourni les nombres suivants :

	Silicium.	Carbone.
1° Fonte primitive. . . . .	0,21	5,52
Fonte après 48 heures de chauffe dans la porcelaine. . . . .	0,87	5,20
Fonte après 24 heures de chauffe dans la gaize. . . . .	1,07	5,90
Globules'étant creusé un canal dans la gaize	5,4	»
2° Acier fondu primitif. . . . .	0,10	1,54
Acier maintenu 24 heures en fusion dans un creuset de Hesse. . . . .	0,26	0,74
Acier maintenu 24 heures en fusion dans la gaize. . . . .	0,80	0,70

Cette action de la fonte et de l'acier sur les matières siliceuses montre que toutes les fois que l'on voudra éviter d'introduire du silicium dans le métal, on devra le fondre dans des vases en chaux ou en magnésie.

En chauffant du siliciure de fer dans des creusets de gaize, nous avons constaté qu'un alliage à 20 p. 100 de silicium et contenant seulement quelques dix-millièmes de carbone, pouvait y être maintenu en fusion pendant plusieurs jours sans perdre ni gagner sensiblement de silicium. De petites quantités de carbure de fer suffisent donc pour compenser, en présence de scories très-riches en silice, l'élimination du silicium des fontes, élimination étudiée par le colonel Carron (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LII, p. 1190). Quant au silicium pur, lorsqu'on le chauffe dans une nacelle en charbon, il est lente-

ment oxydé par l'oxyde de carbone à sa température de fusion. L'oxydation ne devient rapide, comme on le constate par l'absorption de l'oxyde de carbone, que lorsqu'on atteint la température à laquelle la porcelaine se ramollit. Mais à ces températures, l'oxyde de carbone est en grande partie dissocié, de sorte que l'oxydation peut être due en grande partie à l'oxygène libre; on aperçoit, dans ces conditions, de petits nuages de charbon incandescent rappelant le carbone des flammes.

Comme dans les hauts-fourneaux, le carbone, le fer et les silicates se trouvent en contact, la décomposition de ces silicates par le carbone et le fer commence à se produire dans l'ouvrage et les étalages; elle se continue dans le creuset, si les parois sont très-siliceuses; elle concourt donc à l'enrichissement de la fonte en silicium.

Ces conclusions nous paraissent confirmées par les observations que M. S. Jordan a fait connaître depuis la publication de notre travail. En effet, d'après ce savant métallurgiste, il faut, pour obtenir des fontes très-riches en silicium, que l'allure du fourneau soit très-chaude et très-lente; la réduction de la silice en présence du carbone et du fer a, dans ces conditions, le temps de s'effectuer largement. Il faut de plus que le dosage soit très-siliceux (\*).

Malgré cela il ne faut pas oublier que d'autres causes peuvent intervenir dans la production des fontes siliceuses. En effet, la réaction du carbure de fer sur la silice est lente, et de plus la basicité des laitiers lui est peu favorable.

Nous avons vérifié directement qu'une fonte siliceuse chauffée dans la chaux ou dans un silicate de chaux très-basique perd du silicium.

(\*) Suivant M. Jordan, il est de plus nécessaire qu'il y ait en même temps une forte proportion d'alumine pour neutraliser l'action basique de la chaux que renferment toujours les laitiers (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXVI, p. 1088).

Une des causes de la production des fontes siliceuses réside dans l'action sur les silicates des métaux alcalins, qui existent toujours en proportion sensible dans les lits de fusion.

L'influence de ces métaux alcalins, dont nous avons jusqu'alors évité avec soin la présence, est facile à mettre en évidence; il suffit de chauffer dans un fourneau à vent un mélange de carbonate de potasse, de charbon, de limaille de fer et de silice; ce mélange, porté à une température élevée, met en présence le fer, la silice et de la vapeur de potassium. Nous avons obtenu, dans ces conditions, une fonte contenant 15,16 p. 100 de silicium et 2,94 de charbon. Cette réaction, beaucoup plus rapide que la précédente, concourt pour une part à la production des fontes siliceuses, pendant la descente rapide du métal dans la zone la plus chaude du haut-fourneau.

## SUR LA NOTE DE M. LESEURE

RELATIVE AU MÉMOIRE DE M. BOCHKOLTZ.

(Voir *Annales des mines*, 6<sup>e</sup> livraison de 1872.)

Par M. Aug. BOCHKOLTZ.

En publiant dans la *Revue universelle des mines* les « Observations rectificatives et complémentaires touchant le compte rendu de M. Leseure sur le régénérateur de force », je crois avoir indiqué bien clairement les motifs purement objectifs qui m'y ont déterminé; c'est que les conclusions peu favorables auxquelles M. Leseure était arrivé dans son compte rendu à l'égard de l'utilité ou de l'opportunité du régénérateur de force, se basaient principalement, pour être plus saisissables, sur certains résultats d'expérience, au moyen desquels il devait être prouvé qu'une amélioration sensible des machines d'épuisement actuelles n'était plus guère imaginable, attendu que leur degré de perfection était déjà tel, que non-seulement on pouvait s'en contenter, mais qu'il ne laissait pour ainsi dire plus de marge pour une perfection plus grande encore, et que par conséquent le régénérateur de force était assez inutile.

Comme il s'agissait là d'une objection grave contre mon système, j'usais non-seulement d'un droit en m'en défendant, au risque même de blesser l'amour-propre en faisant cesser une illusion involontaire, mais j'avais en quelque sorte même le devoir de la réfuter et de prouver au contraire la réalité des avantages annoncés de mon système; et pour cela j'ai dû redresser les erreurs commises dans la discussion des éléments mêmes d'observation et faire tom-

ber ainsi la base inexacte sur laquelle s'appuyaient les objections.

C'était donc un but purement scientifique que j'ai poursuivi dans ce cas de *légitime défense* et duquel je ne crois pas m'être écarté, d'autant moins qu'il n'y avait d'ailleurs pas de motif pour moi d'en faire une question personnelle ni de mettre en doute ou d'attaquer soit le caractère, soit la compétence scientifique de M. Leseure. En discutant et en redressant des erreurs qui ne sont pas sans importance, en raison même de la question de principe qui s'y rattache, il ne pouvait donc nullement être question d'y glisser, même implicitement, des reproches de la nature indiquée.

Ce petit préambule suffira, je pense, pour rassurer M. Leseure sur l'esprit de convenance et de considération personnelle qui ne devait pas être froissé et qui ne doit en général pas l'être entre hommes sérieux dont les recherches scientifiques sont plutôt de nature à amener un rapprochement qu'un désaccord, même en présence d'une divergence d'opinions en matière de science.

En ce qui concerne, d'autre part, la question controversée proprement dite, je dois maintenir en entier ce raisonnement, ainsi que les conclusions qui en résultent, tels que je les ai exposés dans mes « Observations rectificatives », notamment par rapport à la manière de discuter et d'employer les diagrammes.

Qu'il me soit permis d'ajouter ici encore quelques observations qui, je l'espère, serviront à rendre enfin les choses parfaitement claires,

Dans le travail d'une machine d'épuisement il y a à considérer deux périodes entièrement distinctes: pendant la première l'*action de la vapeur* produit le soulèvement des tiges à la hauteur de l'excursion, et c'est elle qui constitue la *force motrice*, tandis que le *poids de l'attirail* forme la *charge*; pour soulever cette dernière, il faut dépenser un

certain travail qui est fourni en totalité par la vapeur empruntée directement des chaudières et qui est représenté par la surface entière comprise entre la ligne du haut de la courbe supérieure des diagrammes et la ligne du bas de la courbe inférieure, c'est-à-dire entre les lignes tracées par l'indicateur pendant la course ascendante des tiges. Quand cette excursion est achevée, la vitesse se réduit à zéro, et il se fait alors un arrêt plus ou moins long, commandé par la cataracte et *séparant d'une manière absolue cette première période de la suivante.*

Dans la seconde période, qui est celle de la descente des tiges, les rôles des forces en action sont non-seulement changés, mais des forces nouvelles se présentent. En effet, ce n'est plus ici la vapeur, mais bien *le poids des tiges* qui constitue réellement *la force motrice*; et par contre *la charge ou résistance* est produite, d'une part, par *le poids des colonnes d'eau refoulées* et, d'autre part, par *la réaction de la vapeur* en vertu de l'excès de tension de celle-ci dû à son étranglement et à son passage à travers la soupape d'équilibre. Il en résulte qu'une partie seulement du travail produit par la descente du poids des tiges est utilisée au refoulement de l'eau, alors que l'autre partie ne sert qu'à chasser la vapeur d'un côté à l'autre du cylindre, sous une pression artificielle produite au moyen de l'étranglement de la soupape d'équilibre. Or comme cette vapeur passe ensuite au condenseur pour y être condensée et qu'elle ne contribue d'aucune façon à l'élévation de l'eau, le travail qui était nécessaire pour la chasser à travers la soupape d'équilibre et qui forme dans les machines ordinaires une portion importante du travail produit par la descente des tiges, par conséquent aussi du travail produit dans la première période par la vapeur employée au soulèvement des tiges, *cette portion de travail, dis-je, est absolument perdue.* Elle n'est autre que celle représentée par la surface *intermédiaire*, comprise entre les deux courbes des diagrammes,

c'est-à-dire précisément celle dont M. Leseure et ses collaborateurs n'ont pas tenu compte en calculant les coefficients d'effet utile.

Je suis loin de vouloir contester l'exactitude de la formule générale du travail que tout le monde connaît; mais ce que je conteste avec toute assurance, c'est qu'il soit juste de l'appliquer comme M. Leseure l'a fait et itérativement soutenu, c'est-à-dire de l'appliquer *en bloc*, en prenant tout ensemble *les deux périodes (aller et retour)* que je viens de définir, *au lieu de les considérer séparément l'une après l'autre*, attendu que dans la première période le travail de la vapeur est une quantité *positive* (travail *moteur*) et que dans la seconde période il est une quantité *negative* (travail *résistant*); il en résulte qu'en traitant tout à la fois les deux périodes dans une opération *unique*, les deux quantités relatives à l'action de la vapeur, parce qu'elles sont de signes contraires, *se détruisent partiellement dans les opérations de calcul*, et que, par conséquent, on n'obtient pas pour résultat la quantité de travail-vapeur *réellement dépensée* et désignée par  $T_m$ , mais *la différence* entre cette quantité et le travail anéanti par le chassage de la vapeur à travers la soupape d'équilibre, différence dont la valeur a été désignée par  $T_m$ , de sorte que  $T_m - T_m$  représente le travail résistant dû à l'étranglement de la vapeur pendant la descente des tiges.

Or comme on entend par effet utile d'une machine le rapport du travail utile  $T_u$  au travail développé par la vapeur empruntée de la chaudière, l'effet utile est bien  $\frac{T_u}{T_m}$ , mais non  $\frac{T_u}{T_m}$ , et il est incontestable que l'effet utile de la machine d'Égarande est effectivement seulement de 61,4 p. 100 au lieu de 87,4 p. 100, et celui de la machine de Sainte-Colette de 66,0 p. 100, au lieu de 92,4 p. 100, ainsi que j'ai rectifié ces chiffres.

Pour rendre plus évident encore que le mode employé par M. Leseure, pour calculer l'effet utile, n'est point exact, supposons que, toutes choses égales d'ailleurs, le poids libre des tiges soit le double de ce qu'il est actuellement. Alors il est évident que pendant la première période le travail-vapeur à produire pour soulever la maîtresse tige devrait être  $2T'_m$ , et que pendant la seconde période le travail résistant à produire par l'étranglement de la vapeur, au lieu d'être comme maintenant de  $T'_m - T_m$ , devrait être également augmenté de  $T'_m$  (les résistances des pompes restant les mêmes, d'après la supposition faite); la résistance due à l'étranglement de la vapeur devrait donc être de  $2T'_m - T_m$ . Or, d'après le procédé suivi par M. Leseure, on trouverait alors pour dépense de travail pendant la course complète (aller et retour)  $2T'_m - (2T'_m - T_m)$ , ce qui n'est autre chose que  $T_m$ , donc le même chiffre que maintenant, et sur base de ce chiffre l'effet utile de la machine, malgré l'immense accroissement de dépense de vapeur, serait néanmoins toujours le même, c'est-à-dire  $\frac{T_u}{T_m}$ , tandis que, en réalité, il ne pourrait être que de  $\frac{T_u}{2T'_m}$ .

Ces quelques réflexions suffiront, je pense, pour prouver que je n'ai point fait de faux pas en rectifiant les chiffres d'effet utile objectés au régénérateur de force et que, contrairement à ce que M. Leseure avait pensé, les machines d'épuisement ordinaires présentent toutes effectivement une marge encore très-large pour une amélioration notable de leur rendement.

Cette amélioration, par l'emploi du régénérateur de force, est d'ailleurs aujourd'hui un fait bien acquis et pratiquement constaté par les expériences faites à la machine du Nord de Charleroi, dont j'ai rendu compte dans la *Revue universelle des mines*.

Cependant je crois bien faire d'ajouter ici encore quelques mots.

M. Leseure a exprimé l'avis que, tout bien considéré, le véritable terme de comparaison à adopter pour les machines d'épuisement, c'est le rapport du poids de vapeur dépensée au travail moteur  $T_m$  développé par la vapeur dans son évolution complète au cylindre, ou en d'autres termes, le travail moteur de la vapeur par kilogramme.

Tout en consentant à un terme de comparaison sur base du poids de vapeur dépensée, je crois cependant que l'on arrivera à des résultats plus concluants et plus sûrs encore en considérant, non le travail moteur de la vapeur, parce que, comme nous avons vu, les avis diffèrent encore beaucoup sur son chiffre réel, mais bien le travail utile effectivement réalisé, dont le chiffre est non-seulement bien connu et hors de toute contestation, mais intéresse aussi tout en première ligne l'exploitant. Je propose donc de prendre pour terme de comparaison entre les diverses machines le travail utile produit dans chacune par 1 kilogramme de vapeur dépensée.

A cet effet, je considérerai notamment, d'une part, les machines sur lesquelles M. Leseure a expérimenté, et d'autre part, celle du Nord de Charleroi pourvue du régénérateur de force.

Pour les deux premières machines, pour lesquelles M. Leseure a fourni les chiffres se rapportant à une levée, on obtient les résultats suivants :

	TRAVAIL utile.	POIDS de vapeur dépensée.	TRAVAIL utile par kilogramme de vapeur.
	k. m.	kilog.	k. m.
Machine d'Egarande. . . . .	99.808	9,54	10.462
Machine de Sainte-Colette. . . . .	94.440	11,84	7.976

Je ferai remarquer à cet égard que les chiffres ci-dessus de consommation de vapeur sont calculés en y compre-

nant, comme de raison, la vapeur contenue dans l'espace nuisible à la fin de l'admission, mais qu'il eût été plus exact de tenir également compte de la quantité de vapeur restée dans l'espace nuisible à la fin de la descente des tiges, en la portant en déduction; ceci n'ayant pas été fait, les chiffres ci-dessus de consommation de vapeur sont un peu trop élevés, et au contraire les chiffres de travail utile produit par kilogramme de vapeur sont un peu trop faibles.

Quoi qu'il en soit, on peut s'en servir pour en faire la comparaison avec les chiffres correspondant de la machine du Nord de Charleroi, en les calculant sur la même base, comme suit :

En rappelant le diagramme pris sur cette machine et représenté par la *fig. 2* de la Pl. XXXII, année 1872 de la *Revue*, je fais observer que l'admission commence au point *c* et dure jusqu'au point *e*; le chemin parcouru par le piston pendant cette admission est de. . . . .  $1^m,000$   
il faut y ajouter le petit retour du piston, avant sa levée, depuis le point *a* jusqu'au point correspondant à *c*; ce retour est de. . . . .  $0^m,035$   
enfin l'espace nuisible, qui est ici de 5 p. 100, correspond à une longueur de course de  $2^m,30$   
 $\times 0,05 =$  . . . . .  $0^m,115$   
Ensemble. . . . .  $1^m,150$

La section du cylindre, d'un diamètre de  $1^m,40$ , est de. . . . .  $1^m^2,5393$   
la section de la tige du piston, dont le diamètre est de  $0^m,165$ , est de. . . . .  $0^m^2,0214$

Reste surface libre du piston. . . . .  $1^m^2,5179$

Le volume de vapeur contenue à la fin de l'admission dans le cylindre et dans l'espace nuisible est donc de  $1^m^2,5179 \times 1^m,15 = 1^m^3,746$ .

La tension absolue de la vapeur, à la fin de l'admission, est de  $1^k,82$ , et le poids par mètre cube en est de  $1^k,020$ ; le poids total de la vapeur contenue dans le cylindre est donc de  $1^m^3,746 \times 1^k,02 = 1^k,781$ .

Puisque le travail utile produit par levée est de  $40.405$  kilogramme-mètres, on trouve pour celui produit par un kilogramme de vapeur (sans tenir compte de la vapeur restant finalement dans l'espace nuisible)  $\frac{40.405}{1.781} = 22.687$  kilogramme-mètres.

Mais pour opérer plus exactement il faut remarquer que la tension absolue de la vapeur restant dans l'espace nuisible, dont le volume est de  $1^m^2,5179 \times 0^m,115 = 0^m^3,175$ , est de  $1^k,35$ ; comme le poids par mètre cube en est de  $0^k,777$ , le poids total en est donc de  $0^m^3,175 \times 0^k,777 = 0^k,136$ , de sorte que pour la levée suivante il ne faut réellement introduire dans le cylindre que  $1,781 - 0,136 = 1^k,645$  de vapeur fraîche, venant de la chaudière, et l'on voit qu'en réalité le travail utile produit par 1 kilogramme de vapeur s'élève au chiffre important de  $\frac{40.405}{1.645} = 24.562$  k.m.

Néanmoins je ne considérerai ici, pour la comparaison proposée, que le premier de ces deux chiffres, à savoir celui de  $22.687$  k.m., comme étant établi dans les mêmes conditions que ceux relatifs aux machines d'Égarande et de Sainte-Colette, qui sont respectivement de  $10.462$  k.m. et de  $7.976$  k.m.

Puisque M. Leseure considère ces chiffres proportionnels comme « la vraie mesure de la perfection avec laquelle la vapeur est utilisée par le système de machine, et de l'avantage économique qu'on doit en attendre, » et que moi-même, comme je le répète, je n'ai aucun motif pour ne pas accepter cette base de comparaison, je demande avec toute confiance si le chiffre relatif à la machine du Nord de Char-

leroi ne parle pas d'une manière éclatante en faveur du système de cette machine pourvue du régénérateur de force, et enfin si le vrai chiffre de rendement de 24.56 $\frac{1}{2}$  k.m. de travail utile par kilogramme de vapeur dépensée ne confirme pas en bloc et bien positivement tous les avantages distincts dont j'ai fait mention, tant dans l'exposé du système que dans celui des résultats d'expérience.

Pour ceux des lecteurs qui n'ont pas pris connaissance de cet exposé complet, ni de mes « Observations rectificatives » insérées dans la *Revue de Liège*, je résume ces avantages du régénérateur de force comme suit :

1°) Suppression de tout l'excès de poids de la maîtresse tige, en tant qu'il ne sert pas à vaincre les frottements à la descente, d'où il résulte une réduction importante du travail vapeur à dépenser, et par conséquent une économie proportionnelle de combustible.

2°) Production d'une détente particulière, que j'ai appelée *détente mixte*, attendu qu'elle se fait pendant toute la durée même de l'admission; cette détente mixte donne lieu à une meilleure utilisation de la vapeur dépensée, et par suite à une nouvelle économie de vapeur et de combustible.

3°) L'économie totale résultant des deux effets énoncés en 1 et 2 s'élève à environ 20 à 25 p. 100 et peut atteindre, dans beaucoup de machines, une proportion plus forte encore; elle concerne non-seulement les frais d'exploitation annuels, mais également les frais de premier établissement, attendu que le nombre des chaudières, pour produire la vapeur nécessaire, se réduit également dans la même proportion.

4°) La course de la maîtresse tige est limitée d'une manière très-sûre et tranquille, et sans chocs; le danger d'une chute désastreuse des tiges est complètement écarté, sans qu'il faille le prévenir au moyen de l'étranglement plus ou moins prononcé de la soupape d'équilibre, qui doit au contraire être ouverte au maximum possible de débouché.

5°) La vitesse de marche des machines est considérablement accrue, sans préjudice des temps d'arrêt nécessaires entre les évolutions respectives, ni de la sécurité ou de la tranquillité de la marche, de telle sorte que le nombre de levées par minute est augmenté environ de 50 à 60 p. 100; il en résulte que la puissance effective des machines, tout en travaillant avec les mêmes pompes, dont les dimensions ne sont pas changées, est augmentée dans la même proportion, relativement à la quantité d'eau épuisée.

6°) Cet accroissement important de la puissance des machines permet, lorsqu'il s'agit de construire une nouvelle machine d'une puissance maxima donnée, de l'établir, ainsi que les pompes et la maîtresse tige, dans des dimensions bien plus petites que dans les circonstances actuelles (sans régénérateur de force), et par suite d'en réduire sensiblement les frais d'établissement.

7°) Le régénérateur de force peut être appliqué sans grande difficulté à toute machine existante, qu'elle soit à traction directe ou à balancier, à simple ou à double effet, et à plus forte raison aux machines qui sont à construire.

8°) Les frais d'établissement du régénérateur de force sont peu considérables, par rapport à ses grands avantages, et ils sont entièrement couverts ou amortis déjà dans la première ou deuxième année par les économies seules à réaliser dans les frais d'exploitation.

Qu'il me soit permis d'ajouter en terminant que ces avantages importants, qui sont bien confirmés pratiquement par les applications faites du régénérateur de force à deux machines construites par MM. L. A. Quillacq et C<sup>e</sup>, constructeurs de machines à Anzin (Nord) (\*), ont été appré-

---

(\*) MM. L. A. Quillacq et C<sup>e</sup> sont seuls autorisés à appliquer en France les deux régénérateurs de force brevetés (s. g. d. g.).

ciés très-favorablement par les jurys des expositions de Londres (1871) et de Moscou (1872), dont le premier a accordé aux deux régénérateurs de force *le diplôme* (c'est-à-dire la seule récompense qui y fût distribuée) et le dernier *la grande médaille d'or*.

Vienne, le 8 mai 1873.

---

RÉPLIQUE DE M. LESEURE A LA NOTE PRÉCÉDENTE.

Ma réponse à la réplique de M. Bochkoltz sera encore plus brève que ma réponse à son mémoire.

Au fond, toute la discussion se ramène à ces termes : Quelle est la mesure exacte de l'avantage du système Bochkoltz ?

Je me refuse à chercher cette mesure dans le résultat d'une série d'expériences et de calculs très-longue, souvent approximative, et par conséquent sujette à beaucoup d'erreurs.

Je désirerais que la comparaison fût faite avec une machine neuve par la mesure du travail  $T_m$ , mesure si nette et si facile. Par travail moteur, j'entends, comme tous les auteurs des traités de mécanique, le travail consommé pour équivaloir au travail utile et aux frottements de la machine et de ses organes proprement dits. Et il me semble incontestable que la meilleure machine est celle dans laquelle le kilogramme de vapeur produit le plus grand travail moteur depuis son admission jusqu'à son échappement.

J'ai dit et je répète que j'attendrai la comparaison faite dans ces conditions, pour constater l'avantage et l'économie réalisés par l'emploi du système Bochkoltz.

Je crois avoir une assez grande habitude des expériences pratiques pour affirmer que les plus sûres sont les plus simples et les plus faciles à traduire en chiffres.

Je m'en tiendrai là en attendant l'expérience telle que je la comprends, sans quoi la discussion se prolongerait inutilement pour la science et pour les lecteurs.

L'Horme, 19 juillet 1873.

## LOCOMOTIVE ARTICULÉE DE M. RARCHAERT.

## NOTE

Par M. Ed. COLLIGNON, ingénieur des ponts et chaussées.

Les lecteurs des *Annales des mines* connaissent bien le nom de M. Rarchaert, ingénieur civil, et n'ont pas oublié le rapport inséré, en 1863, par M. Couche (\*), au nom d'une commission composée de MM. Avril, Mary et Busche sur son projet de *locomotive articulée à douze roues couplées*. Depuis cette époque, M. Rarchaert n'a pas abandonné des études si importantes pour l'avenir des chemins de fer. Dès le 4 février 1865, il présentait à la *Commission des inventions* un nouveau système de locomotive à quatre essieux moteurs : cette communication fut bientôt suivie d'un rapport favorable, et valut à l'inventeur les encouragements de l'administration.

La locomotive à quatre essieux est maintenant construite, et nous nous proposons dans cette note de rendre un compte sommaire des essais dont elle vient d'être l'objet. Avant tout, il est utile de donner une idée de la machine elle-même (Pl. I, fig. 1, 2, 5).

C'est une locomotive-tender, pesant en charge 31 tonnes ; elle repose sur deux chariots américains rattachés chacun au bâti par une cheville ouvrière, qui leur permet de suivre toutes les inflexions de la voie dans le plan horizontal. Sur

(\*) 6<sup>e</sup> série, tome IV, pages 91 et suivantes.— Voir aussi *Bonnet*, tome IV, page 87 : *Note sur l'application du système Rarchaert à une machine existante*.

un alignement droit, les roues extrêmes de la locomotive sont espacées de 4 mètres d'axe en axe ; les roues d'un même chariot sont à la distance de 1<sup>m</sup>,20. La disposition adoptée réduit donc dans le rapport de 40 à 12, ou de 10 à 3, la longueur rectiligne qui mesure, pour ainsi dire, la roideur de la machine. Le rayon minimum des courbes s'abaisse, grâce à cette combinaison, au-dessous de 30 mètres, et le passage de la machine dans de telles courbes s'effectue avec la plus grande facilité.

Les roues ont un diamètre de 1<sup>m</sup>,10 ; les essieux sont, à peu de chose près, également chargés, de 7.800 kilogrammes au maximum. La machine a une surface de chauffe de 80 mètres carrés, comprenant 5<sup>m</sup>²,73 pour le foyer et 74<sup>m</sup>²,27 pour les tubes. La pression dans la chaudière s'élève à 8 ou 9 atmosphères ; enfin les pistons moteurs ont 0<sup>m</sup>,40 de diamètre et 0<sup>m</sup>,50 de course. La force de traction développée par la machine, évaluée au moyen de la formule pratique  $0,65 \frac{Pd^2l}{D}$ , est de 4.254 kilogrammes ;

la vitesse maximum peut monter à 50 kilomètres, limite que la petitesse des roues ne permet guère de dépasser. A ces caractères, on reconnaît une machine très-convenable pour le service des marchandises et des trains mixtes sur les lignes secondaires, où l'on a le plus d'intérêt à réduire le rayon des courbes pour adopter un tracé peu coûteux.

La transmission du mouvement entre les cylindres et les roues motrices constitue, à proprement parler, l'invention de M. Rarchaert. Au lieu de rattacher directement la bielle du piston à la manivelle de l'un des essieux moteurs, pour transmettre ensuite la rotation de cet essieu aux autres, il fait agir la bielle sur un *faux essieu* suspendu au milieu des longerons du châssis, et qui conserve toujours sa position relative par rapport aux cylindres. Les extrémités du faux essieu portent deux manivelles à angle droit, ou plutôt

forment deux coudes en dehors desquels sont rejetés les excentriques de la distribution, et auxquels les bielles des pistons viennent s'articuler. Outre ces deux coudes, le faux essieu en a un troisième au milieu de sa longueur. De là partent les pièces qui commandent les essieux moteurs. Nous avons dit que le faux essieu était au niveau des longerons, c'est-à-dire à quelques centimètres au-dessus des centres des roues motrices, aussi est-ce par une véritable *bielle triangulaire* qu'il agit sur les coudes des deux essieux voisins. On comprend l'avantage de cette disposition. Le faux essieu peut agir de deux manières sur chacun des deux essieux voisins : directement, au moyen de la bielle rectiligne qui les unit ; indirectement, par la bielle qui commande l'autre essieu moteur, et par le lien qui rattache le coude de ce second essieu au coude du premier. La machine de M. Rarchaert, bien qu'elle n'ait qu'une bielle, *n'a ainsi aucun point mort*, car, quelle que soit la position de cette bielle triangulaire, le coude de l'arbre moteur ne peut être à la fois en prolongement des deux tiges qui le sollicitent, et dont l'une au moins exerce sur lui tout son effet.

Pour assurer la transmission malgré le jeu des chariots autour des chevilles ouvrières, il suffit de substituer aux portées cylindriques des bielles sur les arbres coulés, des portées sphériques qui laissent aux essieux moteurs la liberté de subir sans résistance les déviations angulaires commandées par le passage des courbes. En résumé, la transmission est indifférente à la flexion de la machine, car elle est tout entière concentrée dans son plan moyen, là où les longueurs des pièces ne subissent pas d'altération sensible.

Des bielles d'accouplement ordinaires complètent le mécanisme en réunissant l'une à l'autre les roues dans chacun des chariots américains.

Cette description, trop rapide assurément, et les figures

dont elle est accompagnée, suffisent pour faire apprécier ce qu'il y a d'ingénieux et de neuf dans la solution adoptée par l'inventeur. Venons aux essais qui ont eu lieu du 8 au 15 octobre dernier, sur les voies des ateliers de MM. Maze et Voisine, à Saint-Denis, et sur le chemin de fer du Nord, et qui ont justifié tous ses calculs.

Le 8 octobre, la machine démarrait pour la première fois, et parcourait les voies des ateliers. L'épreuve se faisait là dans des conditions peu favorables. Les voies étaient difficiles, inégales, les ressorts de la machine n'étaient pas réglés, l'ajustage des diverses pièces n'avait pas encore été contrôlé par l'expérience. Néanmoins la locomotive parcourut à différentes reprises, avec une douceur remarquable et avec une liberté absolue, ces chemins de fer à l'état rudimentaire. Elle gagna ensuite les voies du chemin de fer du Nord ; dans la gare de Saint-Denis, elle démarra sans hésitation, et traîna à la vitesse de 20 kilomètres, sur la *voie des bestiaux* jusqu'au *pont de la Révolte*, en rampe de 4 à 6 millimètres, seize wagons chargés de 10 tonnes chacun.

L'épreuve fut continuée les jours suivants sur les voies de service des ateliers Maze et Voisine, jusqu'au 15 octobre, où un essai complet, avec la machine définitivement réglée, eut lieu sur la ligne du Nord, entre Saint-Denis et Paris, en présence des agents du contrôle (\*). La vitesse s'est régulièrement maintenue à 20 kilomètres à l'aller ; pour le retour, la machine est revenue à vide en six minutes de la Chapelle à Saint-Denis, à une vitesse de plus de 50 kilomètres.

L'examen des pièces du mouvement, démontées après ces huit jours d'essai, a fait reconnaître qu'elles avaient toutes fonctionné dans les conditions les plus convenables.

(\*) MM. Bonvin et Cuvilier, gardes-mines des contrôles du Nord et de l'Ouest.

Les coussinets des bielles triangulaires n'avaient pas chauffé, et nulle part on ne trouva d'organes forcés par le passage sur les courbes de 50 mètres de rayon, que l'on rencontre dans les voies de raccordement de la ligne du Nord avec les ateliers.

La machine a été transportée depuis sur le chemin de Vitry à Fougères, où les courbes sont déjà bien prononcées pour les locomotives rigides, et où une locomotive articulée est sans doute appelée à rendre de grands services. Si, comme il est permis de l'espérer, l'essai pratique qui va en être fait réussit aussi bien que les essais préliminaires, la locomotive Rarchaert pourra exercer une heureuse influence sur le tracé des voies ferrées : elle permettra en effet de suivre de plus près les formes du terrain, et d'éviter, sans de trop grandes dépenses de premier établissement, des déclivités qui grèvent pour l'avenir les frais d'exploitation d'excédants si regrettables. A un moment où de tous côtés on réclame de nouveaux chemins de fer d'intérêt local, l'apparition d'une machine appropriée aux courbes de faible rayon est un fait qui ne doit pas passer inaperçu.

LÉGENDE DE LA FIGURE 3, PLANCHE I.

- A, faux-essieux.  
 B, C, essieux coudés des chariots américains.  
 ABC, bielle triangulaire.  
 D, D', pistons moteurs.  
 E, E', bielles actionnant le faux-essieu.  
 F, F', excentriques de distribution.  
 K, K', chevilles ouvrières.  
 L, L', longerons.  
 M, M', traverses.  
 G, G', H, H', bielles d'accouplement des chariots américains.

OBTURATION AUTOMATIQUE DU TUBE EN VERRE

INDICATEUR DU NIVEAU DE L'EAU DANS LES CHAUDIÈRES

QUAND LE VERRE SE BRISE.

RAPPORT

Par M. HANET-CLÉRY, ingénieur en chef des mines.

M. Dupuch, fondeur en cuivre, rue Claude-Vellefaux, n° 10, a soumis à l'administration des travaux publics une disposition mécanique qui a pour objet, lorsque, sur une chaudière, le verre d'un indicateur du niveau de l'eau se brise, d'empêcher automatiquement la sortie de la vapeur et de l'eau chaude.

Cette disposition (*fig. 4, Pl. I*) consiste dans l'établissement d'une soupape verticale à l'intérieur de chacune des tubulures de l'indicateur, dans la partie coudée. Les disques d'obturation de ces soupapes baignent, celui d'en haut dans la vapeur, celui d'en bas dans l'eau, de telle manière que, sans gêner, en fonctionnement normal, les communications du tube avec la chaudière, ils sont entraînés et ferment ces communications dès qu'un courant de quelque énergie se produit de la chaudière vers le tube.

La *fig. 4, Pl. I*, montre les détails de l'appareil quand il est en communication libre avec le générateur. La soupape supérieure est maintenue en position à l'aide d'un léger ressort : l'inférieure, par l'effet de son seul poids.

Lorsque le verre se brise, la vapeur et l'eau se précipitent vers les orifices qui leur sont ouverts avec une vitesse

correspondante à la pression effective qui existe dans l'intérieur de la chaudière. Les soupapes sont entraînées : l'inférieure est relevée, la supérieure abaissée, et toutes deux sont appliquées avec force contre leur siège, fermant toute communication avec l'extérieur.

Cette obturation est maintenue, en raison de la pression intérieure du générateur, jusqu'à ce que l'ouvrier soit venu manœuvrer les robinets de communication.

Par le fait de cette fermeture automatique, les dangers qui d'ordinaire accompagnent les ruptures de tube disparaissent. Le chauffeur peut rester auprès de la chaudière et y placer un nouveau tube sans crainte d'être brûlé. Il n'y a pas non plus à redouter de vidange partielle de la chaudière dans le cas où le mécanicien ne serait pas à son poste au moment de l'accident.

A ce système M. Dupuch a ajouté une disposition additionnelle dont le but est de prévenir la possibilité de la fermeture de la soupape supérieure pendant la période de fonctionnement normal du tube, si cette fermeture venait par accident s'opérer. Ce cas pourrait se présenter, par exemple, si le ressort se lâchait ou se brisait. Alors la communication avec l'espace rempli de vapeur se fermerait; l'eau monterait jusqu'à la partie supérieure du tube, quel que fût son niveau dans la chaudière, et donnerait ainsi une fausse indication.

L'addition consiste dans l'établissement d'un petit sifflet qui entre en communication immédiate avec la vapeur de la chaudière dès que la soupape quitte sa position normale et commence à s'abaisser.

Ce sifflet peut d'ailleurs fonctionner sous la main du chauffeur de manière à servir de signal d'appel pour les ouvriers. Il remplacerait pour cet objet le sifflet de la machine, qui dans beaucoup d'usines indique le commencement et la fin du travail.

De cette manière l'appareil serait manœuvré très-fré-

quemment et ne serait plus exposé aux obstructions qui pourraient en paralyser le jeu.

La commission centrale des machines à vapeur, appelée à se prononcer sur le mérite de cet appareil (réservant toute appréciation sur la question d'invention dont elle n'avait pas à s'occuper), a émis l'avis que l'appareil automatique imaginé par M. Dupuch pouvait dans certaines circonstances rendre des services, et qu'il y avait lieu d'en insérer la description dans les *Annales des mines* et des *ponts et chaussées*.

## EXPLOSION D'UN BOUILLEUR-RÉCHAUFFEUR

A RAMBERVILLIERS (VOSGES).

## RAPPORT

Par M. HANET-CLÉRY, ingénieur en chef des mines.

Le 25 novembre 1872, vers six heures du matin, un générateur à vapeur, établi dans la manufacture de draps-droguets du sieur Vélin aîné, à Blanchefontaine, commune de Rambervilliers (Vosges), a fait explosion.

Ce générateur se composait de deux chaudières à bouilleurs, cylindriques, horizontales, entre lesquelles étaient établis deux réchauffeurs superposés l'un à l'autre.

C'est au réchauffeur le plus élevé que s'est produit l'accident : il s'est ouvert, dans le flanc supérieur, en pleine tôle, suivant une génératrice, sur une longueur de 0,85 environ et une largeur de 0,25.

Sous l'action de l'eau, qui est sortie par cette ouverture, et de la masse de vapeur qui s'est subitement formée, la partie supérieure du fourneau a été disloquée, et le chauffeur de l'établissement a été si grièvement brûlé qu'il est mort quelques heures après, des suites de ses brûlures.

Il résulte de l'enquête qui a été faite par M. le garde-mines en résidence à Épinal, qu'au moment de l'accident la pompe fonctionnait, mais que la conduite d'alimentation avait ses robinets fermés dans la partie comprise entre le réchauffeur et les chaudières proprement dites.

La pression pouvait donc s'élever dans le réchauffeur jusqu'à la limite que comportait sa résistance ou l'état des

garnitures de la pompe. Cette dernière pouvait résister jusqu'à 15 kilogrammes, mais il n'était pas besoin d'une tension aussi élevée pour atteindre la limite de résistance de la chaudière. En effet, la tôle, dans la partie éclatée, était de mauvaise qualité, et son épaisseur, aux lèvres de la déchirure, ne dépassait pas 1 à 2 millimètres par places, tandis que dans le reste du bouilleur, elle s'élevait à 7 et 8 millimètres.

D'après ces constatations, l'explosion doit être attribuée, comme cause effective, au mauvais état du réchauffeur, et comme cause occasionnelle, à l'imprudence de l'ouvrier chauffeur qui a alimenté en laissant fermée la communication avec la chaudière.

En outre, et il convient d'insister sur ce point, l'installation du générateur était incomplète et vicieuse. Du moment que la communication alimentaire était susceptible d'être fermée entre les chaudières et le réchauffeur, celui-ci, ou le tuyau de la pompe alimentaire, aurait dû être muni d'une soupape susceptible de débiter, à une pression légèrement supérieure à celle de la vapeur dans la chaudière, toute l'eau fournie par la pompe.

Quant à la cause qui a pu amener le métal à se réduire tellement d'épaisseur, les indications données dans les rapports du service ne permettent point de formuler de conclusion précise.

La commission centrale des machines à vapeur, qui a déjà eu à s'occuper d'accidents arrivés dans des circonstances semblables, a été d'avis de donner à l'explosion arrivée à Rambervilliers la publicité des *Annales des mines* et des *ponts et chaussées*, voulant ainsi appeler l'attention des ingénieurs et des industriels sur la nécessité de l'installation d'une soupape d'évacuation dans les générateurs établis dans ces conditions.

## SUR LA FAUNE DU QUADERSANDSTEIN INFÉRIEUR

DU BASSIN DE L'ELBE

D'APRÈS

MM. GEINITZ, REUSS ET BÖLSCHÉ

Par M. BAYAN, ingénieur des ponts et chaussées,  
Attaché aux collections de l'École des mines.

MM. Geinitz, Reuss et Bölsche ont fait paraître dans le *Palæontographica* de MM. Dunker et Zittel six livraisons de la description des fossiles du Quadersandstein du bassin de l'Elbe.

Les *Annales* contiennent déjà un résumé de la partie géologique (\*). Mais cet ouvrage a une assez grande importance paléontologique pour qu'il ne soit pas sans intérêt d'insister ici sur les résultats des paléontologistes allemands.

En effet, bon nombre des espèces citées dans le Quader inférieur du bassin de l'Elbe se retrouvent en France, dans la craie de Rouen, et plus encore dans les couches du Mans, dont la partie inférieure présente tant d'analogie avec le Tourtia de la Belgique et celui d'Essen an der Ruhr.

C'est donc surtout avec les fossiles du Mans que nous comparerons ceux qu'ont décrits M. Geinitz et ses collaborateurs. Cinq livraisons de la faune du Quader inférieur ont déjà paru, et l'on peut, dès à présent, apprécier ses affinités. Nous remettons à un autre moment l'examen de celle du Quader moyen et supérieur, en nous bornant à re-

(\*) *Annales des mines*, 7<sup>e</sup> série, t. II, p. 471 et 509, *Revue de géologie* de MM. Delesse et de Lapparent.

marquer que la place où M. Geinitz met les couches de Strehlen concorde parfaitement avec ce que l'on peut observer dans le midi de la France.

La couche à *Micraster* des Corbières (et vraisemblablement aussi celle des environs de Nice, qui a tant d'analogie avec elle) sont placées au-dessous des bancs à *Hippurites cornuaccinum*, comme l'a dit d'Archiac depuis longtemps. On ne trouve dans le nord rien d'analogue à la faune de cet horizon, si ce n'est dans les couches de Strehlen, que M. Geinitz place précisément au-dessous du Quadersandstein supérieur, qui est l'équivalent de notre craie blanche. M. Fritsch a signalé également, en Bohême (\*), des ammonites qui sont probablement identiques à celles que nous avons recueillies dans les Corbières, au-dessous des hippurites.

Nous suivrons ici l'ordre dans lequel ont paru les livraisons de l'ouvrage dont nous nous occupons. La première est consacrée à l'étude des Spongiaires (\*\*). Un assez grand nombre d'espèces sont énumérées par M. Geinitz. Nous appellerons surtout l'attention sur la première, que l'auteur avait déjà figurée il y a trente ans, et qu'il décrit aujourd'hui sous le nom de *Spongia saxonica*. C'est un fossile curieux, de nature un peu problématique, puisque le professeur Göppert l'a rangé parmi les fucoïdes, sous le nom de *Cylindrites spongioides*. M. Geinitz le classe dans le genre *Spongia*, en le comparant au *S. alcornis*, Esper. La présence d'un spongiaire dans la craie est un fait intéressant : en effet, les spongiaires proprement dits (à l'exclusion des spongiaires(\*\*\*)), sont au moins extrêmement rares dans les couches sédimentaires, et n'ont généralement laissé d'autres traces que leurs spicules, qui n'ont pas encore été bien

(\*) *Cephalop. Böhm. Kreide*, 1872.

(\*\*) Geinitz. *Palæontographica*, t. XX, 1<sup>er</sup> livr., mai 1871.

(\*\*\*) Cf. de Fromentel. *Introd. étude Éponges fossiles*. Mémoires de la Société linnéenne de Normandie, t. XI, 1859.

étudiées. M. Terquem en a reconnu jusque dans le lias, avec des spicules d'holothuries. Ces derniers animaux n'ont jusqu'à présent révélé leur présence dans les mers anciennes que par des spicules, que le comte de Münster a figurées pour la première fois du Scyphienkalk de Streitberg (\*). Il n'y aurait donc rien d'impossible à ce que l'on trouvât des éponges dans la craie, et leur découverte serait à coup sûr moins extraordinaire que celle des acalèphes cités dans les calcaires lithographiques d'Eichstädt par M. Frischmann (\*\*).

Voici la liste des espèces décrites par M. Geinitz pour les spongiaires (\*\*\*) :

Cribrospongia subreticulata, Münst., sp.	Stellispongia Reussi, Geinitz.
— isoplenra, Reuss, sp.	* — Goldfussiana, Geinitz.
— heteromorpha, Reuss, sp.	— Michelini, Geinitz.
— bifrons, Reuss, sp.	Epitheles tetragona, Goldf., sp.
Plocoscyphia pertusa, Geinitz.	— foraminosa, Goldf., sp.
Amorphospongia vola, Michelin, sp.	* — robusta, Geinitz.
Sparsispongia varians, From.	— furcata, Geinitz.
Tremospongia pulvinaria, Goldf., sp.	Chenendopora undulata, Michelin.
— rugosa, Goldf., sp.	— pateræformis, Michelin.
* — Klienii, Geinitz.	Elasmostoma normanianum, d'Orb., sp.
Cupulospongia infundibuliformis, Goldf.	— consobrinum, d'Orb., sp.
sp.	Siphonia piriformis, Goldf.
— Roemeri, Geinitz.	— annulata, Geinitz.
Stellispongia plauensis, Geinitz.	* — bovista, Geinitz.

De ces espèces, les couches de Villers et du Havre contiennent les *Chenendopora undulata* et *pateræformis*, et les *Elasmostoma normanianum* et *consobrinum*, auxquels il faudrait ajouter le *Plocoscyphia pertusa*, si cette espèce est la même que le *P. Michelini*, d'Orb.; quelques échantillons du Havre, qui se trouvent dans la collection de l'École des mines, tendraient à le faire croire : car le gros-

(\*) *Beitr.*, Heft VI, p. 92, 1845.

(\*\*) *Neu. Jahrb.*, p. 25, 1863.

(\*\*\*) Dans cette liste et les suivantes, les espèces marquées d'un astérisque sont nouvelles.

sissement donné par Michelin appartient, comme l'a dit d'Orbigny, à quelque bryzoaire incrustant. On retrouve au Mans les *Tremospongia pulvinaria*, *Elasmostoma normanianum* et *E. consobrinum*. Les espèces de ce dernier genre et des genres *Epitheles* et *Stellispongia* ne sont pas non plus très-rares dans le Jallais.

Nous ferons seulement remarquer que le *Chenendopora undulata* ne peut conserver ce nom, puisque Michelin, en le lui attribuant, l'a confondu avec le *Polypothechia undulata*, Bennett, qui est une espèce distincte. Nous ferons aussi des réserves sur l'assimilation que fait M. Geinitz de trois espèces, d'une part avec un spongiaire d'Uchaux, et de l'autre avec deux espèces néocomiennes.

Les Polypiers, qui font l'objet de la deuxième livraison (\*), sont beaucoup moins nombreux que dans le tourtia belge ou dans le grès vert du Mans. Outre l'*Astrocœnia Kunthi*, Bölsche, nouvelle espèce du tourtia, l'auteur figure les espèces suivantes :

* <i>Montlivaultia</i> (?) tourtiens, Bölsche.	* <i>Psammobelia granulata</i> , Bölsche.
<i>Leptophyllia patellata</i> , Michel., sp.	<i>Thamnastræa tenuissima</i> , Edw. et H.
* <i>Placoseris</i> (?) Geinitz, Bölsche.	— <i>conferta</i> , Edw. et H.
* <i>Latimæandra Fromenteli</i> , Bölsche.	<i>Dimorphastræa parallela</i> , Reuss, sp.
<i>Synhelia gibbosa</i> , Münst., sp.	* <i>Astrocœnia Tourtiensis</i> , Bölsche.

De ces polypiers un seul est connu en France, à la base des couches du Mans, c'est le *Leptophyllia patellata*; d'autres se retrouvent en Belgique, ou y sont représentés par des espèces voisines. Il convient de remarquer l'absence du *Micrabacia coronula*, Goldf., sp., abondant à Essen, au Mans, en Angleterre et à Herlan, près de Wissant (Pas-de-Calais) où il occupe, avec le *Ditrypa deformis*, le niveau supérieur de la craie chloritée; M. Bölsche le cite en Bohême.

La troisième livraison contient les Echinodermes, très-

(\*) Bölsche, *Pal.*, t. XX, 2<sup>e</sup> livr., juin 1871.

nombreux en espèce, très-bien caractérisés, et dont un grand nombre se retrouvent en France. Ce sont les suivants :

*Cidaris vesiculosa*, Goldf.  
— *Sorigneti*, Desor.  
— *Dixoni*, Cott.  
*Pseudodiadema variolare*, Brongn., sp.  
*Orthopsis granularis*, Ag., sp.  
*Cyphosoma granulorum*, Goldf., sp.  
— *cenomanense*, Cott.  
— *subcompressum*, Cott.  
*Codiopsis doma*, Desm., sp.  
*Cottaldia Bennettiae*, König, sp.  
\* *Salenia liliputana*, Gein.  
*Pygaster truncatus*, Ag.  
*Discoidea subuculus*, Klein.  
*Pyrina Desmoulinsi*, d'Arch., sp.  
— *inflata*, d'Orb.  
\* *Nucleolites Fischeri*, Gein.  
*Catopygus carinatus*, Goldf., sp.

\* *Catopygus albensis*, Gein.  
*Pygurus lampas*, de la Bêche, sp.  
*Holaster suborbicularis*, Defr., sp.  
— *carinatus*, Lk., sp.  
*Epiaster distinctus*, Ag., sp.  
*Hemiasiter cenomanensis*, Cott.  
\* *Stellaster Ottoi*, Geinitz.  
— *plauensis*, Geinitz.  
\* *Oreaster thoracifer*, Geinitz.  
\* — *decoratus*, Geinitz.  
\* — *simplex*, Geinitz.  
\* — *perforatus*, Geinitz.  
*Glenotremites paradoxus*, Goldf.  
\* — *Schlueterianus*, Gein.  
\* — *rosaceus*, Geinitz.  
*Pentacrinus lanceolatus*, Römer.  
\* *Antedon Fischeri*, Geinitz.

Les couches de la Seine-Inférieure renferment les *Cidaris vesiculosa*, *C. Sorigneti*, *C. Dixoni*, *Pseudodiadema variolare*, *Cottaldia Bennettiae*, *Discoidea subuculus*, *Catopygus carinatus*, *Holaster suborbicularis*, *H. carinatus*. Celles du Mans contiennent à la base (rhotomagien), les *Pseudodiadema variolare*, *Cyphosoma cenomanense*, *Codiopsis doma*, *Cottaldia Bennettiae*, *Pygaster truncatus*, *Discoidea subuculus*, *Pyrina Desmoulinsi*, *P. inflata*, *Pygurus lampas*, *Holaster suborbicularis*, *H. carinatus*, *Epiaster distinctus*, *Hemiasiter cenomanensis*, *Oreaster simplex* (\*), et à la partie supérieure (carentonien), le *Catopygus carinatus*. Il faudrait ajouter à cette liste l'espèce de *Pentacrinus* citée par M. Geinitz, si au lieu de l'identifier à une espèce de la craie de Rügen, on la rapportait au *P. cenomanensis* d'Orb.,

(\*) Geinitz, *Pal.*, t. XX, 5<sup>e</sup> livr., septembre 1871.

(\*) Nous venons de le reconnaître dans un échantillon de la collection de M. de Verneuil, léguée à l'École des mines, échantillon identique aux figures de M. Geinitz; il semble provenir du Jallais.

espèce très-commune au Mans. Nous ne pouvons trancher la question, faute d'échantillon de Saxe, malgré la ressemblance de ceux du Mans avec la figure que donne M. Geinitz. Un des radioles figurés par M. Geinitz sous le nom de *Cyphosoma subcompressum* se retrouve aussi très-abondamment au Mans.

Il est intéressant de retrouver au bord de l'Elbe une association toute pareille à celle du Tourtia et du grès vert du Mans, composée de formes très-caractérisées, telles que le *Pseudodiadema variolare*, les *Codiopsis*, les *Cottaldia*, et le *Pygurus lampas*.

Nous signalerons à l'attention des paléontologistes comme particulièrement intéressantes les nouvelles espèces décrites par M. Geinitz sous les noms de *Catopygus albensis*, *Nucleolites Fischeri*, *Stellaster Ottoi*, les *Glenotremites* et l'*Antedon Fischeri*, sur lequel M. Geinitz ne donne pas de détails, renvoyant à sa seconde partie.

M. Reuss est l'auteur de la quatrième livraison (\*) consacrée aux bryozoaires et aux foraminifères. Il décrit un très-grand nombre d'espèces des premiers, dont une bonne partie sont nouveaux.

\* *Hippothoa brevis*, Reuss.

\* *Membranipora dilatata*, Reuss.

— *subtilimargo*, Reuss.

— *elliptica*, Hag., sp.

— *concatenata*, Reuss.

\* — *patellaris*, Reuss.

— *cincta*, Reuss.

\* — *clathrata*, Reuss.

— *irregularis*, Hag., sp.

— *depressa*, Hag., sp.

— *tenuisulca*, Reuss.

*Lepralia sulcata*, Reuss.

\* — *undata*, Reuss.

— *radiata*, Röm., sp.

\* — *interposita*, Reuss.

\* *Eschara latilabris*, Reuss.

\* — *heteromorpha*, Reuss.

\* — *oculifera*, Reuss.

\* — *pupoides*, Reuss.

\* *Biflustra crassimargo*, Reuss.

*Vinularia Bronni*, Reuss.

\* — *plauensis*, Reuss.

*Berenicca Clementina*, Reuss.

\* — *rudis*, Reuss.

— *grandis*, Reuss.

— *Hagenowi*, Reuss.

\* — *conferta*, Reuss.

— *confluens*, Röm., sp.

*Diastopora oceani*, d'Orb.

\* *Discosparsa clathrata*, Reuss.

(\*) Reuss, *Pal.*, t. XX, 4<sup>e</sup> livr., juin 1872.

Defrancia multiradiata, Reuss.  
 Stomatopora rugulosa, Reuss.  
 — divaricata, Roem., sp.  
 Proboscina angustata, d'Orb.  
 \* — gracilis, Reuss.  
 \* — subclavata, Reuss.  
 — punctatella, Reuss.  
 — radiolitorum, d'Orb.  
 \* — anomala, Reuss.  
 \* — aggregata, Reuss.  
 Reptotubigera virgula, d'Orb.  
 \* Tubulipora linearis, Reuss.  
 Entalophora virgula, Hag., sp.  
 — pulchella, Reuss.  
 — vendinnensis, d'Orb.  
 \* — Geinitzi, Reuss.  
 \* — conjugata, Reuss.  
 Spiropora verticillata, Goldf., sp.  
 Peripora ligeriensis, d'Orb.  
 \* Umbrellina Steltzneri, Reuss.

Meliceritites gracilis, Goldf., sp.  
 \* — Geinitzi, Reuss.  
 Osculipora truncata, Goldf., sp.  
 Truncatula aculeata, Mich., sp.  
 Supercytis digitata, d'Orb.  
 Desmopora semicylindrica, Lonsd.  
 Ceriopora substellata, d'Orb., sp.  
 — spongites, Goldf.  
 — micropora, Goldf.  
 — avellana, Mich.  
 \* — phymatodes, Reuss.  
 Radiopora stellata, Goldf.  
 Heteropora surculacea, Mich.  
 \* — coronata, Reuss.  
 \* — coalescens, Reuss.  
 \* Ditaxia multicincta, Reuss.  
 Petalopora Dumonti, Hag., sp.  
 \* — tenera, Reuss.  
 Heteroporella collis, d'Orb., sp.  
 \* — placenta, Reuss.

En parcourant cette liste on ne trouve qu'un assez petit nombre d'espèces qui se retrouvent au Mans; ce sont les suivantes :

Diastopora Oceani, Stomatopora divaricata, Proboscina angustata, Reptotubigera virgula, Entalophora vendinnensis, Truncatula aculeata, Ceriopora spongites, C. avellana, Heteropora surculacea. On trouverait un plus grand nombre d'espèces communes avec la faune du Quader et celle de Maestricht (M. Reuss en cite même de tertiaires). Malgré la grande autorité des travaux de M. Reuss, nous avons quelque peine à ajouter foi à quelques-unes de ses déterminations; nous citerons, par exemple, le Proboscina radiolitorum et le Supercytis digitata; les espèces figurées sous ce nom nous paraissent très-différentes de celles de d'Orbigny, et il nous semble que l'on peut augmenter la liste que nous venons de donner des bryozoaires communs entre les couches de l'Elbe et celles du Mans, des espèces suivantes (les noms entre parenthèses sont ceux d'espèces du Mans au moins très-voisines de celles de M. Geinitz) :

Lepralia sulcata (Cellepora Maceana, d'Orb.), L. undata (Reptescharella Lorieri, d'Orb.), Berenicea conferta (B. regularis, d'Orb.), Defrancia multiradiata (Discopora pocillus, d'Orb.), Entalophora virgula (E. carantina, d'Orb.), E. pulchella (E. tenuis, d'Orb.), Spiropora verticillata (S. cenomana, d'Orb.), Meliceritites gracilis (M. semiclausa, d'Orb.), Radiopora stellata (Domopora clavula, d'Orb.).

Nous ferons remarquer notamment que les échantillons de Spiropora d'Essen et du Mans, que nous avons sous les yeux, sont très-différents de ceux de Maestricht auxquels M. Reuss les rapporte.

Il est à noter que les deux espèces les plus communes au Mans : Radiopora Huotiana, Mich., sp., et surtout Corymbopora Menardi, Mich., font défaut dans les couches de l'Elbe.

Parmi les espèces décrites par M. Reuss, il convient de signaler celle pour laquelle il a créé un genre nouveau sous le nom d'*Umbrellina*. M. Reuss signale la ressemblance qui existe entre cette espèce et le *Clypeina marginiporella*, Mich., de l'éocène inférieur parisien.

Les foraminifères sont moins nombreux; ce sont les suivants :

\*Nodosaria oligotoma, Reuss.  
 — communis, d'Orb.  
 Vaginulina arguta, Reuss.  
 \*Fronicularia inversa, Reuss.  
 Flabellina cordata, Reuss.  
 — rugosa, d'Orb.

Cristellaria rotulata, Lk.  
 Thalamopora cribrosa, Goldf., sp.  
 Haplophragmium irregulare, Reuss.  
 Polyphragma cribrosum, Reuss.  
 Placopsilina cenomana, d'Orb.  
 Gaudryina rugosa, d'Orb.

Là encore, sauf la Placopsilina cenomana dont le type est du Mans, presque toutes les espèces citées sont de la craie, et nous ne pouvons nous empêcher de répéter ce que nous avons dit ailleurs, que « les espèces qui passent d'un terrain à un autre sont en général mal caractérisées (comme le *Corbulomya complanata*, par exemple) ou très-petites (comme les *Bairdia* que M. Jones déclare trouver depuis le carbonifère jusqu'à l'époque actuelle) (\*). »

(\*) Bull. Soc. géol. Fr., 2<sup>e</sup> série, t. XXIX, p. 518.

M. Reuss place dans les foraminifères le genre *Thalamopora*, Römer, que tous les paléontologistes ont jusqu'à présent laissé dans les bryozoaires; les détails donnés par le savant paléontologiste allemand semblent montrer que cet animal est en effet mieux placé dans le voisinage des genres *Dactylopora* et *Cymbalopora* (\*).

M. Reuss enlève aussi des Bryozoaires une très-curieuse espèce qu'il avait figurée autrefois sous le nom de *Lichenopora cribrosum*: elle devient le type d'un nouveau genre *Polyphragma* qu'il rapproche des *Lituola*.

Enfin, à la fin du même cahier, se trouvent figurés deux polypiers fort intéressants, appartenant tous deux à l'ordre des Alcyonaires; l'un est une nouvelle espèce d'*Isis*, l'*I. tenuistriata*, et est probablement la plus ancienne du genre; car l'*I. corallina*, Morren, est une espèce douteuse; l'autre, décrite autrefois par M. Reuss sous le nom d'*I. foveolata*, devient le type d'un nouveau genre *Stichobothrion*, caractérisé par les fossettes circulaires dont sa surface est couverte.

La cinquième livraison (\*\*), due en entier à M. Geinitz, comprend les brachiopodes et une partie des acéphales.

Voici les brachiopodes cités :

<i>Terebratula biplicata</i> , Sow.	<i>Thecidea digitata</i> , Bronn.
— <i>phaseolina</i> , Lam.	— <i>vermicularis</i> , Schloth., sp.
— <i>capillata</i> , d'Arch.	<i>Rhynchonella compressa</i> , Lk.
<i>Terebratulina striatula</i> , Mant., sp.	— <i>Grasiana</i> , d'Orb.
— <i>Rudolphi</i> , Geinitz.	— <i>Mantelliana</i> , Sow., sp.
<i>Terebratella Menardi</i> , Lam., sp.	— <i>lineolata</i> , Phill., sp.
<i>Magas Geinitzi</i> , Schlönb.	<i>Crania gracilis</i> , Müntz.

Nous connaissons dans le grès vert du Mans les *Terebratula biplicata*, *T. phaseolina* et *Rhynchonella compressa*,

(\*) Voir à ce sujet une note de M. v. Simonowitsch dans le *Correspondenzblatt* du *Naturhist. Ver. der preuss. Rheinlande und Westphalen*, 3<sup>e</sup> série, t. VII, p. 65. — 1870.

(\*\*) Geinitz, *Pal.*, t. XX, 5<sup>e</sup> livr., septembre 1872.

auxquelles il faut ajouter les *Terebratulina auriculata*, Römer (*T. striatula*, Geinitz), *Thecidea rugosa*, d'Orb. (*T. vermicularis*, Geinitz) et *Crania cenomanensis*, d'Orb. (*C. gracilis*, Geinitz). Nous ne mentionnons pas ici la *T. Menardi*, parce que nous doutons fort qu'aucune des deux valves figurées sous ce nom par M. Geinitz appartienne à l'espèce du Mans.

Quant à la « *T. biplicata*, Sow. », cette espèce ne peut porter ce nom, malgré l'autorité de M. Davidson. Un excellent travail de Saemann et Triger (\*) a démontré que l'*A-nomia biplicata* de Brocchi, loin de provenir de San Quirico en Toscane, avait dû lui être envoyée des environs du Mans par Ménard de la Groye; en tout cas l'exemplaire de Brocchi, conservé actuellement au Musée de Milan, est à coup sûr un fossile du lias moyen, que l'on peut regarder comme identique à la *Waldheimia indentata*, Sow., sp.

L'espèce de la craie chloritée devra donc recevoir un autre nom spécifique, et l'on pourra lui conserver l'un de ceux sous lesquels d'Archiac l'a décrite dans son mémoire sur les fossiles du Tourtia.

Les acéphales cités par M. Geinitz appartiennent aux espèces suivantes :

<i>Radiolites Saxoniae</i> , Geinitz.	<i>Spondylus striatus</i> , Sow.
— <i>Germari</i> , Geinitz.	— <i>latus</i> , Sow.
— <i>polyconilites</i> , d'Orb.	— <i>hystrix</i> , Goldf.
— <i>agariciformis</i> , la Méth.	— <i>Omalii</i> , d'Orb.
<i>Caprotina semistriata</i> , d'Orb.	<i>Pecten membranaceus</i> , Nilss.
— <i>plauensis</i> , Geinitz.	— <i>laevis</i> , Nilss.
<i>Ostrea carinata</i> , Lk.	— <i>laminosus</i> , Mant.
— <i>diluviana</i> , Lin.	— <i>curvatus</i> , Geinitz.
— <i>hippopodium</i> , Nilss.	— <i>acuminatus</i> , Geinitz.
— <i>columba</i> , Lk.	— <i>subacutus</i> , Lk.
— <i>conica</i> , Sow., sp.	— <i>elongatus</i> , Lk.
— <i>digitata</i> , Sow., sp.	— <i>Galliennei</i> , d'Orb.
— <i>haliotoidea</i> , Sow., sp.	— <i>rhotomagensis</i> , d'Orb.
— <i>sigmoidea</i> , Reuss.	* — <i>inserens</i> , Geinitz.

(\*) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2<sup>e</sup> série, t. XIX, p. 160, Pl. 2, 1861.

*Pecten hispidus*, Goldf.  
 — *cenomanensis*, Goldf.  
 — *asper*, Lk.  
 — *multicostatus*, Nilss.  
 \**Vola phaseola*, Lk., sp.  
 — *æquicostata*, Lk., sp.  
 — *quinquecostata*, Sow., sp.  
 — *notabilis*, Münst., sp.  
 — *longicauda*, d'Orb., sp.  
 — *digitalis*, Röm., sp.

*Lima Reichenbachi*, Geinitz.  
 — *plauensis*, Geinitz.  
 — *pseudocardium*, Reuss.  
 — *ornata*, d'Orb.  
 — *simplex*, d'Orb.  
 — *divaricata*, Duj.  
 — *interstriata*, Geinitz.  
 — *rapa*, d'Orb.  
 — *tecta*, Goldf.

On trouve au Mans les espèces que M. Geinitz figure sous les noms d'*Ostrea carinata*, *O. diluviana*, *O. lateralis*, *O. Columba*, *O. haliotoidea*, *Spondylus hystrix*, *Pecten curvatus*, *P. acuminatus*, *P. subacutus*, *P. elongatus*, *P. Galliennei*, *P. cenomanensis*, *P. asper*, *Vola phaseola*, *V. æquicostata*, *V. quinquecostata*, *V. longicauda*, *V. digitalis*, *Lima Reichenbachi*, *L. ornata*, *L. simplex*, *L. rapa*, *L. tecta*.

Les espèces de rudistes figurés par M. Geinitz sont malheureusement le plus souvent à l'état de moules dont les déterminations sont difficiles. Nous ne pensons pas que ceux qu'il a appelés *Radiolites polyconilites*, *R. agariciformis* et *Caprotina semistriata* doivent être rapportés à ces espèces.

Quant au *Caprotina plauensis*, c'est un *Monopleura* qui n'est point éloigné du *M. marticensis*, Math., sp. Il est intéressant de trouver en Saxe, à ce niveau, une forme d'un genre dont nous connaissons en France des espèces depuis le terrain néocomien jusque dans la craie supérieure.

M. Geinitz figuré sous le nom d'*O. lateralis*, Nilsson, une espèce d'un groupe qui a commencé dans le gault pour finir dans l'éocène supérieur, et que l'on confond généralement sous ce nom. Nous pensons qu'il est toujours possible d'en distinguer les espèces les unes des autres. Ce sont les suivantes :

Gault : *O. parvula*, Leym.  
 Rhotomagien : *O. canaliculata*, Sow., sp.  
 Carentonien : *O. distans*, Lk., sp.

Craie supérieure : *O. lateralis*, Nilsson.  
 Éocène inférieur : *O. eversa*, Mellew.

A cette liste il faudrait ajouter une espèce de la craie à

*Micraster Leskei*, que nous avons vue récemment dans la collection de M. Chaper, et l'espèce de l'Éocène supérieur (zone à *Rotularia spirulæa*) qui porte généralement le nom d'*O. eversa*. On remarquera dans le tableau ci-dessus le nom d'*O. distans* : Lamarck a, en effet, parfaitement décrit l'espèce qui au Mans accompagne la *Terebratula phaseolina* sous le nom de *Gryphæa distans* (\*), nom qui a toujours été négligé.

Enfin, pour terminer ce travail, il nous reste à faire à M. Geinitz le reproche de s'être servi du nom générique de *Vola* pour le groupe du *Pecten quinquecostatus*. Il s'est produit, il y a quelques années, dans la science, un mouvement tendant à substituer à bon nombre de noms connus d'autres dénominations, exhumées d'ouvrages auxquels manque le plus souvent tout caractère scientifique. Les auteurs américains et anglais, M. Gray à leur tête, sont entrés très-largement dans cette voie, et les catalogues publiés par le *Smithsonian Institution* (\*\*) offrent une réunion de noms étranges : *Architectonica*, *Ctenoides*, etc., empruntés aux ouvrages de Klein, de Boltz et d'autres encore, noms que les naturalistes n'avaient point jusqu'alors considérés comme génériques. Cette mode, qui a trouvé peu de faveur en France, et que M. Deshayes a notamment toujours combattue par d'excellentes raisons, paraît s'éteindre un peu. Aussi nous voyons M. Meek revenir au nom d'*Anadara*, Gray, au lieu d'*Anomalocardia*, Klein, nom qu'il n'adopte pas, dit-il, à cause de sa date antélinnéenne et du système irrégulier de nomenclature de l'auteur (\*\*\*).

M. Stoliczka, dont les consciencieux travaux sont consultés avec fruit par tous les paléontologistes, tout en étant plus réservé que M. Gray, emploie encore quelques-uns de

(\*) *An. s. vert.*, t. 6, p. 199. — 1819.

(\*\*) Voir par exemple : *Gabb, Syn. moll. cret. form.*, mars 1861.

(\*\*\*) *Cheek list invert. N. Amer.*, miocene, p. 28, 1864.

ces noms, et notamment celui de *Vola* que M. Geinitz lui a emprunté.

Ce nom a été inventé par Klein (\*), et il n'est pas inutile d'examiner si l'ouvrage de Klein doit être considéré comme contenant des noms génériques. Tout d'abord il convient de remarquer que pour les naturalistes du siècle dernier les mots de *genre* et d'*espèce* n'avaient pas la signification précise que leur a attribuée Linné, et qui est universellement admise aujourd'hui. Il faudrait donc bien se garder, parce qu'une division est précédée du mot *genre*, de la considérer comme équivalant à une division générique. De même ce que Klein appelle *species* est quelque chose qui n'a pas le moindre rapport avec l'espèce. On en jugera par les deux *species* suivantes choisies dans son livre :

*Merita*, sp. I (\*\*).

L'auteur renvoie à des figures de Lister qui, autant que nous en pouvons juger, représentent les coquilles suivantes que nous reproduisons dans l'ordre où les place Klein :

*Solarium perspectivum* (?), *Helix striata* (?), *Rotella lineolata*, *Rotella rosea*, *Rotella japonica* (?), *Rotella elegans* (?), *Helix crenulata*, *Helix albina* (?), *Helix Pfeifferi*, *Helix ericetorum*, *Helix ligera*, *Helix albella* (?), *Helix radiata*, *Helix ericetorum*, *Helix albella*, *Helix rufescens*, *Solarium granulatum*, *Solarium stramineum*, *Helix albella*, *Planorbis* sp., *Plan. trivolvus*.

Plus quelques figures de Bonanni.

*Cyclas* (\*\*\*)

Les figures de Lister citées par Klein représentent les coquilles suivantes :

(\*) *Tentamen meth. ostracol.*, p. 155. — *Lugd. Bat.*, 1755.

(\*\*) *Ibid.*, p. 6.

(\*\*\*) *Ibid.*, p. 129.

*Lucina spuria*, *Tellina crassa*, *Dosinia* sp., *Dosinia lupinus*, *Lucina divaricata*.

Voilà comment Klein entendait les espèces, et c'est dans un ouvrage aussi indigeste que l'on va chercher des noms génériques. C'est parce que sous la rubrique de *Vola* n'est indiquée qu'une seule espèce, et dans cette espèce une seule variété, que l'on a pu, avec quelque apparence de raison, appliquer ce nom au groupe de *Pecten* à valves inégales dont l'*Ostrea maxima*, Lin., est le type. Le nom de *Cyclas* a été appliqué plus arbitrairement encore aux *Lucines* divariquées (\*), tandis que le *genre* *Cyclas* comprenait, comme on vient de le voir, dans une seule espèce, des *Lucines*, des *Dosinia* et une *Telline*.

Il nous semble démontré par ces exemples que les *genres* et les *espèces* de Klein n'ont rien de commun avec ceux des naturalistes. D'ailleurs la nomenclature de Klein n'est pas telle qu'on doive regretter ses noms qui sont souvent binômes, comme *Cassis bicornis*, *Murex frondosus*, *Radix bryoniae*, *Cophino-salpinx*, *Trocho-cochlea*, etc.

Quant au nom de *Vola*, il ne pourrait au surplus être appliqué qu'aux *Pecten* du groupe du *P. maximus*, qui composent le genre *Janira* de Schumacher. D'Orbigny le premier a placé dans ce dernier genre les espèces, répandues surtout dans le terrain crétacé, pour lesquelles Drouet avait établi le genre *Neithea* (\*\*). Mais d'après ce que nous connaissons des charnières de ces dernières, elles sont absolument différentes de ce que l'on trouve dans les *Janira*. M. Geinitz figure lui-même, Pl. 45, fig. 14, des charnières qui concordent parfaitement avec ce que nous avons pu observer dans la collection de l'École des mines pour un certain nombre d'espèces de ce groupe. Nous considérons donc comme parfaitement distinct le genre *Neithea*,

(\*) *Stoliczka, Pal. ind., Pelec.*, p. 252, 1871.

(\*\*) *Ann. Soc. lin. Paris*, p. 185, 1824.

caractérisé à sa charnière par deux fortes dents divergentes, placées de chaque côté de la fossette du cartilage, et par une série de crénelures au bord cardinal; ces traits le distinguent du genre *Janira*, tandis que l'inégalité des valves et l'absence de byssus le séparent des *Pecten*.

Les mêmes dents divergentes existent aussi dans quelques autres *Pecten* du terrain jurassique, tels que le *P. Hedonia*, d'Orb., et un groupe d'espèces du jura supérieur encore assez mal connues, qui figurent dans les collections sous les noms de *Pecten Verdoti*, Thurm., *P. Dunensis*, Thurm., *P. globosus*, Quenst. (\*), *P. Moreanus*, Buv., *P. Monsbeliardensis*, Contej., etc. Il conviendra de séparer ces espèces du genre *Pecten*, dont elles paraissent différer encore par l'absence de byssus. Il ne semble pas possible de les ranger parmi les *Neithea*, les deux valves étant parfaitement égales; on peut en former un genre sous le nom de *Hedonia*, et appeler l'espèce type *H. Orbignyi*.

Une des espèces de *Neithea* décrite par M. Geinitz sous le nom de *Vola phaseola* est très-commune au Mans dans les couches à *O. bianriculata* et au-dessus (carentonien). M. Geinitz a été induit en erreur par d'Orbigny, qui l'a figurée, sous le nom de *Janira phaseola*; l'espèce de Lamarck est très-différente; c'est une coquille plus petite, à côtes assez saillantes, qui se trouve au Mans dans la couche à trigonies, c'est-à-dire bien au-dessous de la précédente. Il y a bientôt vingt ans que M. Guéranger, dans une collection de fossiles du Mans qu'il a généreusement donnée à l'École des mines, et qui nous a été fort utile pour ce travail, a relevé cette erreur; l'espèce carentonienne doit conserver le nom de *Neithea lævis* sous lequel Drouet l'a décrite, nom spécifique qu'a adopté d'ailleurs M. Stoliczka (\*\*), d'après MM. Pictet et Campiche.

(\*) Cf. Quenstedt, *Handb. petr.*, Pl. 51, fig. 45-46.

(\*\*) *Loc. cit.*, p. 458.

Nous avons cru devoir donner la liste complète des espèces décrites jusqu'ici par M. Geinitz et ses collaborateurs. Ces listes permettent de juger de la grande analogie de la faune qu'ils ont étudiée avec celle d'Essen, du tourtia belge, et du grès vert du Mans. Elles montrent que, comme l'a établi M. Geinitz, et comme il a été déjà dit dans les *Annales*, le Quader inférieur correspond au cénomaniens de d'Orbigny, c'est-à-dire au rhotomagien et au carentonien de M. Coquand. Car à côté d'espèces particulières au rhotomagien comme le *Pecten asper*, l'*Ostrea halioidea*, le *Spondylus hystrix*, la *Lima tecta*, etc., s'en trouvent d'autres, comme les *Neithea lævis*, *N. digitalis*, *N. longicauda*, qui sont propres au carentonien. Il y a du reste, même au Mans, un certain nombre d'espèces communes aux deux étages (le *Neithea quinquecostata*, etc.), tandis que d'autres sont parquées à un niveau restreint, tant il est vrai que les espèces ont eu des existences d'une durée particulière, les unes plus courtes, d'autres plus longues. Il n'est plus possible de soutenir aujourd'hui que les animaux qui composaient une faune sont tous nés ensemble, et tous morts le même jour pour faire place à une nouvelle population.

Malgré les grandes ressemblances qui lient la faune du bassin de l'Elbe à celle du Mans, il n'y en a pas moins de grandes différences, dues sans doute à des circonstances climatiques ou autres, qui donnaient à chaque bassin ses caractères propres. Nous avons déjà signalé à leur place quelques bryozoaires et polypiers extrêmement abondants en France, et qui manquent en Allemagne; nous y ajouterons la *Caprotina semistriata*, d'Orb., et l'*Ostrea biauriculata*, Lk. Car nous ne pensons pas, malgré l'opinion de M. Geinitz, que l'*O. hippopodium* de Nilsson soit la même que l'*O. biauriculata*, et nous ne saurions voir celle-ci dans la coquille qu'il a figurée.

Malgré ces différences, l'ère cénomaniens paraît être une

de celles qui ont eu le plus d'uniformité sur de grands espaces : MM. Blanford et Stoliczka ont signalé dans l'Inde bon nombre de formes qu'ils ont identifiées à des espèces du bassin anglo-parisien, et les figures qu'ils en ont publiées donnent tout lieu de croire que leurs rapprochements sont exacts.

Les beaux mémoires de M. Geinitz ont rendu un grand service à la science en mettant en lumière les ressemblances des terrains de l'Allemagne avec ceux du reste de l'Europe. Il faut lui savoir gré d'avoir fait représenter presque toutes les espèces qu'il a rencontrées. C'est là une méthode que nous voudrions voir suivre par tous les géologues. Les figures n'ont pas l'inconvénient que présentent des listes, dont rien ne permet de contrôler les déterminations, et qui ont par conséquent le défaut de n'être pour ainsi dire jamais comparables entre elles.

---



---

## MÉMOIRE

SUR LES MÉTHODES D'EXPLOITATION DES COUCHES PUISSANTES  
DE HOUILLE EN FRANCE.

Par M. AMIOT, ingénieur des mines.

---

Ce mémoire est l'extrait d'un rapport sur les méthodes d'exploitation des couches puissantes de houille en France que m'a demandé l'*American Institute of Mining Engineers*.

Cette mission m'a fait visiter, en septembre et octobre 1872, les principaux bassins houillers du centre et du sud de la France.

Qu'il me soit permis de remercier ici, pour avoir particulièrement facilité mon travail, soit par leurs conseils et leurs lettres de recommandation, soit par leur accueil obligeant et leurs utiles indications, MM. les ingénieurs des mines Callon, Lechâtelier, Delesse, Jutier, Houpeurt, Lebleu, Coince, et MM. Petitjean, directeur des mines de Blanzay (qui m'a communiqué un travail fort intéressant sur la comparaison des méthodes par abatage et par tranches horizontales au puits Sainte-Élisabeth); Graffin, directeur des mines de la Grand'Combe; Buchlet, ingénieur à Épinac; Durand, ingénieur au Creuzot; Domage, ingénieur à Gransac.

3 mai 1873.

## INTRODUCTION.

*Des couches puissantes de houille en France.* — Les couches de plus de 5<sup>m</sup> de puissance exploitées en France appartiennent presque toutes à nos bassins houillers du centre et du sud-est. Tous ces bassins, sauf un seul placé au milieu des Alpes (le bassin de la Mure), sont à la lisière du plateau central. Ils n'ont qu'une faible étendue, sauf ceux de Saint-Étienne et d'Alais. Ils remplissent le fond de cuvettes encaissées dans des roches cristallines. Les couches ont été soumises à de nombreuses dislocations; elles sont relevées, pliées, coupées par des failles. Leur puissance varie généralement beaucoup d'un quartier à l'autre (sauf dans le bassin d'Alais, et, à un degré moindre, dans celui de Saint-Étienne). Presque toujours le charbon des grandes couches est plus ou moins exposé à prendre feu spontanément dans les travaux. Souvent même les parties supérieures anciennement exploitées contiennent des incendies. On voit quels embarras peuvent résulter d'une accumulation de la richesse trop grande et trop irrégulière, et combien le problème de l'exploitation des couches puissantes présente de difficultés et d'intérêt.

*Aperçu historique.* — La plupart de nos mines du centre et du sud ont passé, au point de vue de l'exploitation, par deux phases différentes avant la période actuelle (voir le mémoire de M. Harmet, *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, tome IV).

Les premiers exploitants ont attaqué les affleurements. La houille n'avait guère d'autre débouché que la consommation locale; le prix de vente était très-bas; les gîtes semblaient inépuisables et l'on ne se préoccupait ni d'étudier leur allure ni de prolonger leur durée; on se contentait d'y pénétrer, soit par des galeries de niveau ouvertes à flanc de coteau, soit par des *fendues* ou galeries inclinées

suivant la pente, soit par de petits puits peu profonds, très-multipliés et creusés au beau milieu de la couche. On traçait sur un plan horizontal un système de galeries séparées par de petits piliers, on les plaçait ordinairement là où l'on trouvait la houille la meilleure et la plus facile à abattre. On les étendait en largeur et en hauteur autant qu'on croyait pouvoir le faire sans trop de danger, mais on se passait en général de moyens de soutènement. Puis, quand l'éboulement se produisait ou menaçait par trop, on descendait plus bas en laissant un stot au-dessus de sa tête, et l'on recommençait de même. On était heureux quand on prenait  $\frac{1}{6}$  de la masse. — On n'a guère été ainsi qu'à de faibles profondeurs. Les éboulements qui s'ensuivaient ont déterminé les incendies que l'on trouve presque partout dans les affleurements de nos grandes couches. Aujourd'hui on reprend ces anciens travaux, ordinairement par des exploitations à ciel ouvert; on supprime des foyers qui menacent toujours de descendre; on enlève complètement les massifs de houille qui subsistent et l'on utilise au fond, comme remblais, les terres calcinées qui proviennent du découvert.

Quand ces attaques superficielles n'ont plus suffi, on s'est décidé à chercher la houille dans la profondeur; les puits sont devenus moins nombreux et plus importants, les galeries plus longues et plus durables; il a fallu donner plus d'étendue au champ d'exploitation, faire des tracés réguliers, les entretenir avec plus de soin, y organiser le service du roulage, augmenter la production. Il n'était plus possible de provoquer des éboulements au hasard, au moins fallait-il en rester maître dans une certaine mesure. En même temps on se préoccupait davantage de perdre moins de houille et de diminuer le nombre des accidents. L'emploi des remblais avait été indiqué depuis longtemps (voir le mémoire de Baillet, *Journal des mines*, an VI, n° 45) comme la seule solution qui permette de

satisfaire à toutes ces exigences, mais les prix de vente n'étaient pas encore assez élevés pour qu'il fût ou qu'on le crût économiquement profitable. On se décida donc, dans la plupart des mines, à laisser ébouler le toit, mais d'une façon méthodique et après un dépilage aussi avancé que possible. On fit des étages réguliers, on ouvrit des chantiers corrects, on les boisa jusqu'au moment où l'on procédait au rabatage de la couronne; on y modéra le courant d'air de façon à ne pas favoriser la tendance du charbon à l'éboulement, on s'y ménagea les moyens d'isoler l'incendie par des barrages, s'il se déclarait. Tels sont les caractères de la méthode introduite à Blanzay, au puits Lucy, en 1836 (voir le mémoire de M. Harmet), de la méthode dite *par parcs*, pratiquée à Rive-de-Gier à la même époque (voir le mémoire de M. Leseure sur la méthode d'exploitation appliquée au puits Devarey, *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, tome V). Mais quelque soin qu'on eût pris pour limiter et régler l'éboulement, il se produisait toujours plus tôt qu'on ne l'attendait, et l'incendie qui en était la suite interrompait le dépilage. On ne pouvait que dans des cas favorables enlever plus de 50 p. 100 du gîte. — On est arrivé ainsi à développer au-dessous des zones superficielles des foyers mélangés de massifs vierges. On ne peut les enlever par des travaux à ciel ouvert; mais, quand il s'est écoulé un temps suffisant pour que le feu soit éteint, on y entre et l'on s'y avance, ordinairement en remblayant tous les vides que l'on rencontre et en refaisant le traçage entièrement; puis on applique aux massifs restés intacts ou aux débris des éboulements l'une des méthodes actuelles par remblais.

L'exploitation avec remblayage complet a été pratiquée d'abord sans doute au Crèuzot; là, un gîte limité devait alimenter une grande consommation: le succès y fut entier. Plus tard, vers 1841, on suivit cet exemple dans la Loire; on avait surtout en vue la suppression des incendies et la

diminution du nombre des accidents. On s'aperçut bientôt que les frais du remblayage étaient à peu près couverts par l'économie réalisée dans le boisage et par la valeur de la houille produite en plus. A partir de ce moment, les méthodes par remblais n'ont cessé de se répandre et il n'est plus facile aujourd'hui de trouver des exemples de foudroyage. Mais chaque mine a employé les remblais à sa manière, et souvent on n'était pas tombé du premier coup sur la solution la plus convenable pour les circonstances où l'on se trouvait. Puis, sur une foule de détails la pratique seule pouvait renseigner. Aussi les changements de méthode ont été fréquents depuis vingt ans, les perfectionnements plus encore.

*Classification des méthodes actuelles.* — Le remblai joue un double rôle: 1° il sert à soutenir la couronne des vides et à l'empêcher, sinon de s'affaisser, du moins de s'ébouler; 2° il fournit presque toujours (sauf dans les fins d'étage ou dans le cas exceptionnel de tranches horizontales prises en descendant) un sol artificiel sur lequel les ouvriers s'élèvent pour exploiter la masse qui forme la couronne. Je rangerai les méthodes dans deux catégories, suivant qu'on monte ainsi sur le remblai au moment où il vient d'être mis en place, ou qu'on lui laisse auparavant le temps de se tasser plus ou moins complètement.

Dans le premier cas, la hauteur que l'on enlève en une seule passe (c'est-à-dire avant que le travail s'arrête dans l'espace occupé en plan par le chantier) est deux à trois fois celle à laquelle un homme peut atteindre; c'est un point de rapprochement avec la méthode par foudroyage. Les prismes de remblai successivement substitués à des prismes de houille ont ainsi une hauteur de 4 à 6 mètres. Cette catégorie ne comprend que la méthode dite *par rabatage*.

Dans le second cas, la hauteur que l'on enlève en une passe est simplement celle à laquelle un homme peut at-

teindre, soit 2 mètres à 2<sup>m</sup>,50. La couche est divisée en tranches de cette épaisseur par des plans qui peuvent être parallèles à la stratification ou horizontaux.

La division en tranches par des plans parallèles à la stratification suppose la pente inférieure à 45°, comme on le verra plus loin. Elle caractérise la méthode *par tranches inclinées*.

La division en tranches par des plans horizontaux ou méthode *par tranches horizontales* peut s'appliquer quelle que soit l'inclinaison.

Quelquefois on ajoute une division de la couche en piliers par des plans verticaux assez rapprochés, et l'on prend dans un de ces piliers plusieurs tranches successives avant de prendre la première tranche du pilier voisin ; c'est ce qui constitue la méthode *verticale*. On pourrait à la rigueur la considérer comme une simple variante de la méthode par tranches horizontales, mais elle présente dans le mode d'introduction des remblais, de sortage des charbons, etc., des particularités qui doivent lui faire assigner une place à part.

On prend souvent pour caractère dans la classification des méthodes l'inclinaison des couches auxquelles elles s'appliquent ; la distinction n'est pas nette, toutes les méthodes, sauf la méthode par tranches inclinées, pouvant s'appliquer à des couches d'inclinaison faible ou forte (on en verra de nombreux exemples).

De même, je ne désigne pas les méthodes par les noms des localités où elles ont pris naissance, car il n'y a pas maintenant en France de district minier à couches puissantes où l'on ne trouve plusieurs d'entre elles appliquées, souvent dans la même mine ou dans des mines très-voisines. La préférence donnée dans tel ou tel cas à l'une ou à l'autre dépend de l'allure, de la nature du charbon, etc., et non pas d'habitudes locales.

*Caractères d'une bonne méthode.* — La méthode la meil-

leure, dans un cas donné, est celle qui permet d'opérer le déhouillement de la façon la plus sûre et la plus économique.

Pour avoir toute la sûreté possible, il faut éviter les éboulements, les incendies, les accumulations de grisou ; en outre, il faut aérer suffisamment toutes les parties de la mine fréquentées par les ouvriers. Pour remplir les premières conditions, on doit soutenir toujours la couronne de façon à ne lui permettre qu'un affaissement lent et régulier ; n'abandonner que peu ou point de charbon dans un quartier fini ; ne laisser, s'il y a du grisou, aucun vide se former en dehors du courant d'air, sans le boucher aussitôt. Quant au courant d'air lui-même, il doit avoir une marche ascendante, passer toujours près des fronts de taille, les balayer directement, s'il y a du grisou, en se répartissant entre les chantiers de telle sorte qu'ils reçoivent tous de l'air frais et que l'air vicié sortant de l'un d'eux n'en traverse pas d'autre.

L'économie résulte des conditions favorables assurées aux différentes branches de l'exploitation :

Pour l'abatage, un massif bien dégagé et attaqué sur la plus grande largeur possible ;

Pour le boisage, des vides restreints et de peu de durée, une base ferme et une couronne pas trop fatiguée ;

Pour le roulage, une circulation active, un réseau de voies court, durant peu, facile à entretenir, laissant à faire aux rouleurs le moins de parcours possible ;

Pour le remblayage, une marche régulière, suivant de près celle du dépilage, une arrivée facile des remblais, une mise en place aisée.

En outre il faut une production constante, c'est-à-dire qu'on doit exécuter les travaux préparatoires du dépilage futur pendant le dépilage actuel. Souvent aussi on veut une forte production dans un champ limité, et pour cela la mé-

thode doit permettre de placer à la fois un nombre assez grand d'ouvriers sur une surface donnée.

Je reprendrai tous ces points avec plus de détails après la description des méthodes, et je comparerai les résultats obtenus dans chacune d'elles.

*Définitions.* — Je dois encore préciser le sens dans lequel j'emploie, pour plus de brièveté, certains mots auxquels on donne souvent une acception moins limitée.

J'appelle :

*Niveau*, une galerie horizontale de quelque longueur, parallèle à la direction de la couche ;

*Traverse*, une galerie horizontale perpendiculaire à la direction de la couche ;

*Récoupe*, une galerie horizontale courte, parallèle à la direction et aboutissant à une traverse ;

*Montage*, une galerie inclinée dont la pente ne dépasse pas 55 ou 40° ;

*Cheminée*, un puits intérieur de petite section, incliné et dont la pente dépasse 40° ;

*Bure*, un puits intérieur vertical.

## PREMIÈRE PARTIE.

## DESCRIPTION DES MÉTHODES.

CHAPITRE I<sup>er</sup>.

## MÉTHODE PAR FOUROYAGE.

## § 1. Généralités.

*Description générale.* — Cette méthode, jadis la seule connue, n'est plus appliquée en France que dans un très-petit nombre de mines. Le traçage étant fait, on enlève d'abord 1 à 2 mètres vers le mur, sur une aussi grande étendue qu'on le puisse sans danger ; on soutient la couronne du chantier par des chandelles, puis on ôte ces bois, on laisse tomber la masse qu'ils supportent, ou on en accélère la chute par des coups de mine. On enlève le charbon tombé et on laisse le toit s'ébouler ; on en retarde, ou on en règle la chute, s'il y a lieu, en le soutenant, quand l'épaisseur n'est pas trop grande, par quelques murs.

*Avantages et inconvénients.* — On a ainsi un abatage facile et une grande production de gros, le charbon tombant généralement en blocs volumineux ; mais il faut que la couche soit solide, qu'elle se décolle bien du toit et que celui-ci soit très-bon ; autrement la couronne ne tiendra pas, le toit tombera en même temps que le charbon. Dès que la couche est un peu épaisse, la chute du toit vient trop tôt et l'on perd une proportion plus ou moins forte de la houille. Pour peu que celle-ci soit inflammable, et qu'il en reste ainsi dans les éboulements, il se produit des incendies difficiles à barrer et qui gagnent les chantiers voisins. Enfin les ac-

cidents sont fréquents : la couronne, dont on cherche à déterminer la chute, peut tomber plus tôt qu'on ne le voulait; de même, le toit peut s'ébouler avant la fin du travail; s'il n'est pas parfaitement homogène, il peut s'en détacher des blocs, ce qui est encore plus dangereux, parce qu'il est plus difficile de le prévoir. Aussi cette méthode a-t-elle été presque partout remplacée par les méthodes par remblais.

§ 2. *Exemples.*

*La Mure (la Motte d'Aveillans), couche des Trois bancs* (fig. 1, 2, 3, 4, Pl. II). — (Voir la note de M. Mirc, *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, tome II). La couche, qui fait partie d'un système très-contourné, présente des dressants et des plateures. Dans les chantiers en plateures que j'ai vus, elle est inclinée à 0,25 environ (15°); elle a une puissance assez constante de 3 mètres. Le toit est un schiste dur, compacte, homogène. Le charbon est un anthracite dur et solide qui ne donne pas de grisou et n'a pas de tendance à s'échauffer. La couche est divisée en trois bancs par deux nerfs schisteux assez minces, dont l'un est à 1 mètre du mur.

Toutes les galeries de traçage sont sur le mur. Des niveaux divisent la couche en étages de 25 mètres de hauteur. De ces niveaux partent, tous les 50 mètres, des *montantes*, galeries de traînage inclinées dont la pente est de 0,20. Enfin des niveaux secondaires achèvent de découper la couche en piliers de 50 mètres de long et de 11 à 12 mètres de large en forme de parallélogrammes.

On prend les étages en descendant; dans le défilage on bat en retraite à partir de la limite du champ d'exploitation. A un moment donné, on a dans chaque pilier une taille dirigée à peu près suivant sa ligne de plus grande pente et allant jusqu'au premier faux banc (ce qui fait 1 mètre de hauteur environ); les éboulements de la partie déjà défilée sont limités par un mur épais en pierres sèches

(*ancré*) allant du mur au toit; la couronne est soutenue par quelques chandelles; une pile réservée de 2 mètres protège la galerie inférieure. Quand on est arrivé à 4 ou 5 mètres de l'ancre précédente, on enlève les chandelles; le charbon tombe, de lui-même ou grâce à quelques coups de mine; le toit reste en place. Il reste à diviser les blocs et à trier les parties schisteuses. Avec les résidus du triage on construit une ancre à l'extrémité de la partie défilée; on enlève la pile de protection et la couronne du bout de galerie devenu inutile, et l'on continue de même.

On estime la production moyenne du piqueur à 900<sup>m</sup> dans le traçage et à 2.700<sup>m</sup> dans le défilage.

Le charbon est chargé dans des paniers qui sont traînés le long des montantes, puis transportés au jour, dans les niveaux principaux, sur des wagons-plateformes. Pour la facilité des manœuvres, le tracé des montantes présente des particularités de détail pour lesquelles je ne puis que renvoyer à la note déjà citée.

L'air vient du bas, traverse les chantiers et sort par le haut.

*Montceau-les-Mines, puits Lucy* (Voir la notice de M. Favet, dans le *Bulletin de la Société de l'industrie minière*). — La méthode par foudroyage ou par *grands défilages* est appliquée aux couches n° 1 et 2 de Lucy dans quelques quartiers. Les chantiers que j'ai vus sont dans la couche n° 1. Elle a environ 12 mètres de puissance et est inclinée à 0,30 en moyenne. Le toit est un schiste compacte. Le charbon est dur et solide; il ne donne pas de grisou, il est riche en matières volatiles et s'échauffe vite. Les schistes du toit sont plus inflammables encore. A 5 ou 4 mètres du toit est une barre de schiste gréseux, la *barre blanche*, qui est une cause de dangers parce qu'elle tombe sans avertir; le charbon au contraire avertit avant de tomber.

Les galeries de traçage sont sur le mur; elles comprennent des niveaux principaux et des plans inclinés, limitant

des quartiers carrés de 100 mètres de côté, et des niveaux secondaires à 10 mètres les uns des autres.

On prend les étages en descendant. Le dépilage marche en retraite de la limite du champ d'exploitation vers le puits. Quand on est arrivé dans un quartier à 5 ou 6 mètres du plan incliné, on respecte le pilier qui reste et l'on barre solidement toutes les ouvertures qui le traversent, puis on procède au dépilage du quartier suivant. Chaque pilier est attaqué par une taille suivant la ligne de pente; on have d'abord au pic le pied du charbon, puis on y place de grands coups de mine et on le fait tomber en blocs énormes. A mesure que la couronne du chantier s'élève, on monte sur des échelles pour pratiquer les coups de mine. Quand on arrive à la barre blanche, il faut redoubler de précautions.

On va ainsi jusqu'au toit, ou du moins on en approche autant que possible; mais quand l'éboulement du toit se produit, il reste toujours du charbon qui n'était pas encore pris, et que l'on perd, au moins en partie. On laisse aussi des piliers de protection qu'on a bien de la peine à prendre. Enfin l'incendie vient souvent interrompre le dépilage; régulièrement il ne se produit que douze ou quinze mois après le foudroyage, et dans l'intervalle on a eu le temps de terminer un quartier et de le barrer; s'il éclate plus tôt, on abandonne un pilier de 5 ou 6 mètres, on barre toutes les issues de la partie incendiée et l'on recommence le dépilage au delà du pilier; puis, quand on juge l'incendie étouffé, on rentre dans la partie barrée. Toutes ces causes réunies font qu'on perd au moins 50 p. 100 du charbon.

On compte, pour la production du piqueur, 2 tonnes au traçage et 8 tonnes au dépilage.

Les bennes sont roulées par des chargeurs-rouleurs jusqu'au plan incliné; au bas du plan elles sont prises par des chevaux.

L'air entre par le niveau du bas, passe le long des chan-

tiers et s'en va par le niveau du haut. Des toiles et des portes servent à le diriger et à le régler; il faut éviter un courant trop vif, de peur d'incendie.

## CHAPITRE II.

### MÉTHODE PAR RABATAGE.

#### § 1. Généralités.

*Description générale.* — Les caractères essentiels de la méthode sont les suivants :

La couche est divisée en tranches de 3 mètres au moins d'épaisseur par des plans généralement horizontaux, quelquefois parallèles à la stratification.

Le charbon est emmené par un réseau de galeries placées sur le mur de la tranche; le remblai vient de la partie supérieure, soit qu'on le fasse descendre des dépilages de cette région, soit, ce qui est le cas général, qu'on l'introduise par un réseau de galeries placées sous le toit de la tranche.

Au dépilage, le mineur prend d'abord sur le mur de la tranche un prisme de charbon ayant la hauteur et la largeur d'un chantier et une longueur plus ou moins grande. Puis on commence à remblayer le chantier en versant le remblai par le haut; le mineur montant sur le remblai frais à mesure qu'on le lui fournit, rabat la couronne jusqu'au haut de la tranche, sur la largeur et la longueur du prisme déjà enlevé. Le remblayage et le rabatage vont ainsi du même pas jusqu'à la fin. Alors il reste à remblayer au niveau du sol des galeries à remblai le vide laissé par le rabatage.

*Conditions que doit remplir la couche.* — Cette méthode exige évidemment dans le premier cas (tranches horizontales) une traversée horizontale suffisante, sinon on aura

une trop forte proportion de traçage; dans le deuxième cas (tranches inclinées), une inclinaison qui ne soit pas trop forte, sinon les remblais ne tiendront pas.

Elle ne peut s'appliquer qu'à des charbons solides, autrement le prisme suspendu en couronne fatiguera beaucoup les bois et se brisera lui-même d'une façon qui rendra le rabatage dangereux ou impossible. Il y a même peu de charbons assez solides pour que l'on puisse y prendre plusieurs tranches successives en montant; en effet, quand une tranche a été enlevée et remplacée par 4 mètres ou plus de remblai, le tassement considérable qui se produit brise la couronne à un tel point que s'il y reste du charbon, il est souvent difficile de l'exploiter par une méthode quelconque, à plus forte raison par rabatage.

*Avantages et inconvénients.* — Les avantages de la méthode sont :

Le rendement considérable du piqueur pendant le rabatage;

L'organisation méthodique du sortage des charbons et de l'introduction des remblais, qui se font par des réseaux de galerie distincts et peuvent s'effectuer simultanément sans se gêner;

La mise en place d'une partie des remblais par simple versement;

La forte production due au grand nombre de chantiers que l'on peut ouvrir à la fois dans un champ d'exploitation restreint.

Ces avantages sont achetés au prix d'inconvénients nombreux :

Le grand développement des galeries de traçage, et la nécessité d'entretenir un réseau situé à un niveau supérieur à celui de remblais très-hauts, qui se tassent beaucoup, d'où résultent des frais de boisages considérables;

L'obligation de dépiler, dans la première période, par tailles étroites, les chantiers de rabatage ne pouvant pru-

demment avoir plus de 3 mètres de largeur, d'où une diminution dans le rendement du piqueur et dans la rapidité du déhouillement;

La chute, sur une hauteur déjà grande, du charbon fait par rabatage;

La nécessité de venir travailler à côté d'un prisme, de 4 à 6 mètres de hauteur, de remblai incomplètement tassé;

La difficulté de soutenir la couronne pendant le rabatage, avec un sol de remblai frais où les bois s'enfoncent, d'où des dépenses et des accidents;

L'irrégularité du service des remblais, nul pendant la première période du défilage, astreint pendant la seconde à marcher du même pas que le rabatage, obligé, après la fin de celui-ci, de remplir le plus vite possible le vide qu'il a laissé, pour permettre l'enlèvement du pilier contigu;

L'impossibilité de procéder au rabatage si le remblai fait défaut, cas fréquent en été, faute de bras, dans la plupart de nos mines du centre et du sud;

Le temps considérable qu'exige le déhouillement d'une tranche, à cause de son épaisseur.

*Manière d'appliquer la méthode.* — La plupart des inconvénients que je viens de signaler s'aggravent à mesure que le charbon devient plus tendre, c'est-à-dire le soutènement plus difficile et les chantiers plus étroits. La méthode doit donc, pour l'économie comme pour la sécurité, rester limitée aux charbons durs.

Là elle pourra être précieuse, tant par ses avantages, alors plus marqués, que par ce qui est un inconvénient dans les autres cas, l'affaissement du charbon sur le toit, qui, en le brisant, en facilite l'abatage.

On devra, dans l'application de la méthode, en développer les bons côtés et en restreindre les mauvais, c'est-à-dire diminuer les traçages, mener les chantiers aussi larges que possible, augmenter la part du rabatage en donnant aux tranches plus de hauteur, étendre la mise en place des

remblais par versement en faisant arriver les voies ferrées jusqu'aux chantiers de rabatage, prendre à la fois autant de tailles qu'on le pourra.

§ 2. Exemples.

*Cransac, couche de la Bifurcation.* — La couche est inclinée à 0,35 (20°), elle a une puissance de 4 mètres. Le toit est du schiste, il est assez bon; le charbon est dur; il n'y a pas de grisou.

La couche est divisée en étages de 20 mètres de largeur (ou 7 mètres de hauteur) limités par des plans normaux à la stratification; on les prend en descendant. Chaque étage est compris entre deux galeries tracées au mur; la galerie supérieure sert à l'introduction du remblai, la galerie inférieure au sortage du charbon. Quand l'étage est fini, la galerie supérieure est remblayée, la galerie inférieure sert de galerie à remblai pour l'étage au-dessous. Les niveaux sont reliés par des montages tracés sur le mur et espacés de 10 à 15 mètres; la couche est ainsi divisée en piliers.

On procède au dépilage de deux manières différentes, suivant la solidité du charbon, la qualité du remblai, la production à obtenir.

Tantôt les chantiers de rabatage sont pris, suivant la pente, entre les deux niveaux principaux; on a tracé alors les premiers montages à 10 mètres les uns des autres. Il faut d'assez bon remblai et du charbon très-dur pour que la couronne d'un vide de 20 mètres de long ne travaille pas trop.

Tantôt, quand le charbon n'est pas assez dur et le remblai assez bon pour qu'on puisse suivre cette marche, on prend des chantiers de rabatage en direction entre un montage inférieur à charbon et un montage supérieur à remblai. On donne aux recoupes de rabatage la longueur que permet la dureté de la couronne, entre 5 et 7 mètres. Chaque montage à remblai se projette entre deux montages à charbon;

un petit bout de traverse horizontale le relie au niveau à remblai.

*La Mure (la Motte d'Aveillans), Grande couche.* — (Voir la note de M. Mirc, citée page 56.) — La couche appartient au même système que la couche des Trois bancs (page 56). Dans les chantiers que j'ai vus, elle a une pente très-rapprochée de la verticale, 80° ou 85°; elle a une puissance assez constante de 10 à 12<sup>m</sup>. Comme la couche des Trois bancs, elle est formée d'un anthracite dur et solide qui ne donne pas de grisou et n'a pas de tendance à s'échauffer.

Les remblais proviennent en entier des étages supérieurs déjà dépilés; c'est la seule fois que j'aie à signaler ce fait.

Les galeries de traçage sont toutes sous le toit. Les étages ont 28 mètres de hauteur et sont subdivisés, chacun, par des niveaux secondaires, en cinq tranches horizontales, hautes de 5<sup>m</sup>,60. Comme dans la couche des Trois bancs, les montantes ont une pente de 0<sup>m</sup>,20 et sont espacées de 50<sup>m</sup>. Leur croisement avec les niveaux exige certaines dispositions de détail spéciales.

On prend les tranches en descendant. Par suite, dans chacun des chantiers on a des remblais au-dessus de sa tête. A chaque tranche on trace une galerie le long du mur. Puis on prend, à partir du toit, une traverse de 1<sup>m</sup>,50 de large sur 1<sup>m</sup>,80 de haut; elle laisse une pile de 1<sup>m</sup> entre elle et les remblais. Quand elle est arrivée au mur, on perce une cheminée montant jusqu'aux remblais de la tranche supérieure. On les fait couler en réglant leur chute à l'aide d'un barrage. S'élevant sur le remblai et se tournant vers le toit, le piqueur rabat la couronne, en même temps qu'il prend par petits carrés (*œillets*) la pile de 1<sup>m</sup>. Quand il a fini sa galerie (*remorse*), il en recommence, à partir de la cheminée, une autre de même hauteur sur les remblais de la première. Cette fois, dès que la couronne est suffisamment amincie, les remblais supérieurs viennent avec elle; il y a donc là une certaine perte.

Quand le prisme de 2<sup>m</sup>,50 de large sur 5<sup>m</sup>,60 de haut est fini, on en prend un autre pareil à côté, et ainsi de suite.

On estime la production du piqueur à 6 à 700<sup>kil.</sup> dans le traçage, 1.500 à 2.000 dans le défilage.

Le roulage et l'aérage se font comme dans la couche des Trois bancs.

*Bézenet* (fig. 5, 6, 7, 8, Pl. II; fig. 1, 2, Pl. III). — La couche est une sorte de lentille assez irrégulière. L'inclinaison varie de 50° à 80°; la puissance est généralement forte, la traversée horizontale est d'ordinaire de 20 à 50<sup>m</sup>. Le charbon est mi-gras, dur, très-solide; il ne donne pas de grisou.

On prend les étages en descendant; ils ont 24<sup>m</sup> de hauteur. Dans chaque étage on prend quatre tranches en montant (ce qui, je l'ai dit, a rarement lieu dans cette méthode). Les trois premières ont 6<sup>m</sup> de hauteur et sont défilées par rabatage; dans la dernière, à cause du tassement des remblais et de la manière inégale dont il se fait, on n'a plus vers le toit que peu ou point de charbon, tandis qu'il en reste 3 ou 4<sup>m</sup> vers le mur. Ce charbon est très-brisé; on le prend comme on peut, généralement par des traverses horizontales.

Pour exploiter une tranche par rabatage, on trace une galerie de niveau inférieure sous le toit et à 2 ou 3<sup>m</sup> de distance de celui-ci, de manière à ne point en suivre les sinuosités et à faire au charbon le relevage de la couronne quand elle s'est affaissée. En même temps on trace au mur, sous le plan horizontal supérieur, une galerie à remblai; elle entaille un peu le rocher.

Dans le défilage on ouvre, à partir de la galerie à charbon, une série de traverses, allant du toit au mur et espacées de 15<sup>m</sup> (d'axe en axe); elles ont 2<sup>m</sup> de large et 2<sup>m</sup>,50 de haut. Quand une traverse est arrivée au mur, on la continue en montage jusqu'à ce qu'on perce dans la galerie à remblai. Alors on élargit le montage de 1<sup>m</sup> et l'on y verse du remblai; puis on procède à la fois au rabatage de la cou-

ronne et à l'élargissement de la traverse qui est portée à 3<sup>m</sup>. L'abatage du charbon se fait au poste de jour, le remblayage au poste de nuit. Les wagons de remblai sont versés au haut du talus formé par le remblai déjà mis en place.

Quand un de ces rabatages est achevé, on laisse à côté un pilier de 1<sup>m</sup> et l'on prend une autre galerie de 2<sup>m</sup> de large; on enlève le pilier en revenant. Le nouveau chantier est mené comme l'autre. On achève ainsi, en cinq fois, le pilier sur 6<sup>m</sup> de hauteur et une largeur illimitée.

Les valeurs extrêmes de la production du piqueur sont 1.600 à 2.000<sup>kil.</sup> au traçage, d'un côté, 6.000 à 8.000<sup>kil.</sup> au défilage, de l'autre.

Les bennes de charbon et de remblai sont roulées par des chevaux dans les niveaux, par des hommes dans les traverses.

L'air vient par la galerie à charbon, passe par les traverses et s'en va par la galerie à remblai.

*Montceau-les-Mines, puits Sainte-Élisabeth*. — (Voir la 2<sup>e</sup> édition du *Cours d'exploitation des mines* de M. Burat, page 79.) — La couche n° 1 du Montceau, à laquelle surtout cette méthode a été appliquée, varie assez d'épaisseur et d'inclinaison dans le quartier de Sainte-Élisabeth; on peut admettre qu'elle y a moyennement une pente de 0<sup>m</sup>.25 et une puissance de 15<sup>m</sup>, soit une traversée horizontale de 60<sup>m</sup>. Le toit est un grès solide. Le charbon est assez dur; il présente une barre schisteuse de 0<sup>m</sup>,50 ou 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur à 4 ou 5<sup>m</sup> du mur. Il est riche en matières volatiles; les menus s'échauffent vite, l'incendie est fort à craindre.

Les tranches ont 4<sup>m</sup>,50 de hauteur; à l'origine, on comptait en prendre trois successivement, en montant; mais, comme on s'est décidé promptement à changer de méthode, on s'est contenté de terminer la première tranche. Dans la tranche on trace au mur une galerie à charbon sur le plan horizontal inférieur et une galerie à remblai, 2<sup>m</sup>,50 plus haut (de sole en sole), laissant une croûte de 0<sup>m</sup>,40 entre la couronne et le plan horizontal supérieur.

Enfin on prend tous les 15<sup>m</sup> du mur au toit des traverses à charbon sur le plan horizontal inférieur, et, au milieu de leur intervalle, des traverses à remblai sous le plan horizontal supérieur.

Le dépilage se fait dans les divers piliers à la fois. On prend d'abord par recoupes successives le prisme triangulaire de charbon placé sous le toit au delà de l'extrémité des traverses à remblai. Puis on procède au dépilage par rabatage proprement dit dans le pilier compris entre ce prisme et un plan vertical mené parallèlement au niveau à charbon et à 7<sup>m</sup> de celui-ci. On prend, à partir de la traverse à charbon, deux recoupes de rabatage hautes de 2<sup>m</sup>,50 et larges de 2 à 3<sup>m</sup>, et on les pousse jusqu'à ce qu'on vienne déboucher latéralement dans la traverse à remblai. Alors, au poste de nuit, on verse du remblai dans la recoupe; au poste de jour, on procède au rabatage de la couronne. Quand la recoupe est finie et remblayée, on passe à la voisine, et ainsi de suite. On perd souvent le prisme qui supporte la traverse à remblai et les 0<sup>m</sup>,40 laissés à la couronne, soit 0,11 du total.

A la fin on enlève par tranches horizontales ou par tranches inclinées (ce qui permet de ne point abattre la barre dont j'ai parlé) la pile laissée à côté des galeries principales.

On compte pour la production moyenne du piqueur environ 2 tonnes au massif, 4 tonnes au dépilage.

Les wagons sont roulés par des chevaux dans les niveaux, par des hommes dans les traverses et les recoupes.

Les recoupes en percement ne sont aérées que par diffusion; les fronts de taille sont, au contraire, parcourus par le courant d'air direct pendant le rabatage.

M. Petitjean, directeur des travaux des mines du Montceau, a comparé avec grand soin les résultats fournis par l'application de cette méthode au quartier Sainte-Élisabeth et par celle de la méthode par tranches horizontales

aux quartiers Sainte-Hélène et Maugrand dans des conditions d'allure, de dureté, etc., très-analogues (voir page 98 la description de cette méthode horizontale). Il a trouvé que la méthode par rabatage abaissait un peu les frais de la mise en place des remblais, mais élevait beaucoup ceux de l'abatage et du boisage, et diminuait la proportion du gros. Il lui reproche en outre les dangers dus au peu de solidité du sol sur lequel on boise, la forte proportion des traçages et le temps considérable qu'ils exigent, l'irrégularité du service des remblais, la multiplicité des galeries à barrer en cas d'incendie et les réparations coûteuses qu'elles exigent au moment où l'on veut rentrer dans les travaux, l'imperfection de l'aérage, défaut si grave, surtout en présence du grisou, etc....; je reviendrai, dans la deuxième partie de ce mémoire, sur la plupart de ces points. Voici en résumé comment il évalue la différence du prix de revient par tonne, en faveur de la méthode par tranches horizontales :

Plus-value à cause de la proportion plus grande des dépi-	fr. c.
lages et de la production plus forte de gros. . . . .	0,65
Différence du prix de revient du piquage. . . . .	0,27
Différence des frais de boisage. . . . .	0,82
Soit en faveur de la méthode horizontale. . . . .	1,74
A déduire :	
Élévation des frais de mise en place des remblais. . . . .	0,15
Reste en faveur de la méthode horizontale. . . . .	1,59

Soit un avantage d'environ 1<sup>f</sup>,60 par tonne (ou a compté la tonne de menu à 12<sup>f</sup>,50, la tonne de gros à 22 francs). Aussi la méthode par rabatage est-elle remplacée au Montceau par la méthode par tranches horizontales.

*Cransac, mine de la Balance.* — La couche a une épaisseur de 30 à 35<sup>m</sup> avec une pente de 10 à 15°, soit une traverse horizontale de 140 à 160<sup>m</sup>. Cette grande puissance et cette faible inclinaison sont une difficulté. Le charbon est

des plus sujets aux incendies spontanés; les travaux sont à une faible profondeur au-dessous des affleurements et la partie de la masse qui les en sépare est criblée d'anciens feux. Le charbon est pur et dur vers le toit; au mur il contient deux nerfs de schiste épais et il est sale dans leur voisinage.

Ce qu'on se propose, c'est d'arriver à déhouiller une tranche de quelques mètres de hauteur sans faire descendre, avant la fin du défilage, les feux des vieux travaux. On y est parvenu pour une tranche de 4<sup>m</sup>,50 par la méthode par rabatage, tandis que les autres méthodes (y compris la méthode par tranches horizontales) n'ont jamais pu être conduites jusqu'au bout.

Les galeries principales à charbon et à remblai sont au mur, dans ce charbon dur et impur dont j'ai parlé. La traversée horizontale étant trop grande pour qu'on puisse prendre la tranche en une fois, on la divise en deux par un plan vertical, et l'on trace le long de celui-ci des galeries à charbon et à remblai se projetant à 8 ou 10<sup>m</sup> l'une de l'autre; elles sont reliées aux galeries mères par des traverses.

On dépile d'abord la partie de la tranche située au delà du plan vertical de division, puis l'autre. La disposition et la marche du travail sont les mêmes que dans l'exemple précédent, seulement les traverses du même niveau sont à 20<sup>m</sup> les unes des autres au lieu de 15.

On compte pour la production moyenne d'un piqueur 1<sup>,4</sup> au traçage et 1<sup>,7</sup> au défilage. Mais ici les piqueurs, outre le boisage des chantiers, qu'ils font comme dans les exemples précédents, sont chargés du remblayage des vides lors du défilage.

### § 3. Comparaison des variantes.

Si on laisse de côté les différences relatives à l'origine

des remblais employés, on trouve dans les cinq exemples précédents de la méthode par rabatage deux variantes.

A la Mure et à Bézenet, les traverses de rabatage sont prises immédiatement entre la galerie principale à charbon et le point d'arrivée des remblais; la tranche a 5 à 6<sup>m</sup> de hauteur, les chantiers de rabatage ont 2<sup>m</sup>,50 à 3<sup>m</sup> de largeur.

Au contraire, au Montceau (puits Sainte-Élisabeth) et à Cransac (mine de la Balance), sur les galeries principales à charbon et à remblai, s'ouvrent des traverses à angle droit; puis les recoupes de rabatage sont prises normalement à ces traverses; la tranche n'a que 4<sup>m</sup>,50 de haut et les chantiers sont menés sur 2<sup>m</sup> de large environ.

A Cransac (couche de la Bifurcation), les deux procédés sont appliqués suivant les circonstances, mais la hauteur de la tranche est l'épaisseur même de la couche et les plans qui la limitent sont inclinés suivant la stratification.

La première variante a donné partout de bons résultats, dans les conditions voulues pour l'emploi de la méthode par rabatage; elle est appliquée depuis longtemps à la Mure et à Bézenet, et on s'en loue. La seconde est abandonnée au Montceau à la suite d'une étude attentive; à Cransac (mine de la Balance) elle a les mêmes inconvénients; mais, tout en les constatant, on la conserve parce que, seule, elle a permis de liquider sans feux un étage entier sous d'anciens incendies.

La première variante satisfait aux conditions que j'ai indiquées dans la description générale de la méthode par rabatage: traçages restreints, chantiers larges, tranches hautes. L'autre ne remplit point ces conditions, c'est ce qui explique la différence des résultats.

Il est certain, d'un autre côté, qu'on n'a pas souvent occasion d'appliquer la première variante: il faut pour cela pouvoir placer des galeries de niveau à la fois au toit et au mur de la couche et avoir affaire à un charbon très-solide.

Si ces circonstances se présentent, on fera bien de l'adopter; sinon il vaudra mieux (sauf dans le cas de la Balance) ne point avoir recours à la méthode par rabatage.

Quant aux remblais, se servir toujours des mêmes et les faire descendre avec soi, comme à la Mure, ne peut être qu'un artifice exceptionnel; dans presque tous les cas, en France, il faut les faire venir du dehors, pour éviter la dépréciation de la surface, l'affluence des eaux, etc.

### CHAPITRE III.

#### MÉTHODE PAR TRANCHES INCLINÉES.

##### § 1. Généralités.

*Description générale.* — Les caractères de la méthode sont les suivants :

La couche est divisée par des plans horizontaux en étages, que l'on prend généralement en descendant;

Chaque étage est subdivisé, par des plans parallèles à la stratification, en tranches de 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50 de hauteur, que l'on prend généralement en montant du mur au toit; on s'élève pour chaque tranche sur les remblais de la précédente;

Le charbon est enlevé par une galerie de roulage placée au bas de l'étage; le remblai vient de la partie supérieure, il est versé par le haut de chaque tranche dans les vides qu'y a produits l'exploitation.

Du reste, le défilage de chaque tranche est mené comme celui d'une couche isolée de même épaisseur. Ainsi l'on prendra, suivant les cas, les fronts de taille parallèles, soit à la direction, soit à la ligne de plus grande pente. Seulement il faut un remblayage complet de tous les vides, sauf peut-être dans la dernière tranche.

*Conditions que doit remplir la couche.* — Cette méthode ne s'applique pas bien aux couches trop inclinées. En effet, chaque tranche constituerait alors une couche mince se rapprochant de la verticale, et l'on sait que ce cas est difficile à traiter. En outre, quand, une fois une tranche prise et remblayée, on viendrait prendre la suivante, on aurait comme paroi des remblais fortement inclinés qu'il faudrait maintenir en place à force de boisages, s'ils tendaient à glisser sur le plan de leur mur. On ne pourra donc point pratiquement exploiter par tranches inclinées une couche dont la pente dépasse celle du talus d'éboulement des remblais, soit 45° au plus, ou plutôt 40°. Du reste, ces fortes inclinaisons sont celles qui se prêtent le mieux à l'emploi de la méthode par tranches horizontales.

La puissance de la couche ne doit pas non plus être trop grande. En effet, quelque bons que soient les remblais, quelque soin qu'on apporte à leur mise en place, ils se tassent toujours plus ou moins, de 40 à 50 p. 100 en moyenne. Ce tassement entraîne des affaissements et des fissurations dans la couronne. Cet effet se répète, au défilage de chaque tranche, pour tout le charbon qui reste au-dessus. Aussi, quand on a pris cinq ou six tranches, on trouve la couronne tellement brisée qu'il n'y aurait pas moyen, en pratique, d'aller bien plus loin. Si l'épaisseur de la couche exige un plus grand nombre de tranches, il faut prendre une autre méthode (c'est ce qui est arrivé à la Béraudière, voir aux exemples de la méthode par tranches horizontales, p. 105). La puissance est limitée par là à 15 ou 20<sup>m</sup>. Cette limite dépend évidemment de la couronne; au lieu de six ou sept tranches, comme dans le cas des charbons solides, on ne pourrait plus en prendre que deux ou trois si le charbon était trop friable.

Dans les couches très-sujettes aux incendies, les affaissements de la couronne sont ce qu'on doit le plus craindre. C'est là surtout qu'on recule devant un trop grand nombre

de tranches. Cependant la méthode, entre des mains habiles, donne encore de bons résultats, même en ce cas; les exemples de Firminy et de Montrambert en sont la preuve. Alors, une fois la couronne fissurée, on évite autant que possible de lui laisser le temps de s'échauffer; une fois une tranche prise sur une étendue assez faible, on enlève de suite et rapidement toutes les tranches au-dessus.

Comme on divise la couche par des plans parallèles à la stratification, il est bon que cette division soit facilitée par une tendance du charbon à se décoller suivant ces plans. Aussi la méthode est-elle surtout recommandable quand il y a, comme cela est fréquent, un clivage aisé suivant la stratification; à plus forte raison dans le cas où la couche est déjà subdivisée à l'avance en plusieurs bancs par des nerfs plus ou moins puissants. Alors, on peut souvent les prendre pour former le toit d'une tranche et le mur de la suivante; l'abatage en est aidé si le charbon se détache bien du nerf, comme c'est l'habitude. On laisse ces parties stériles en place et l'on est dispensé du travail pénible et inutile de les recouper fréquemment, ou même de les enlever en entier.

Il faut enfin une régularité assez grande, ou du moins l'absence de variations trop brusques dans la puissance et dans le plongement: les tranches doivent avoir une certaine étendue.

*Avantages et inconvénients.* — Quand la méthode peut s'appliquer, elle a des avantages nombreux.

Les traçages sont peu développés; souvent la galerie à remblai et la galerie à charbon peuvent servir pour toutes les tranches d'un étage, avec de courtes traverses pour leur relier chaque tranche. S'il faut les déplacer, on peut le faire sans percements au massif; il suffit d'élargir un côté en remblayant l'autre, ou de remblayer à la sole en désaîtant à la couronne. Enfin, on peut préparer une tranche pendant

le défilage de la précédente, et entretenir ainsi la production constante.

Le défilage se fera, dans chaque cas, de la manière la plus convenable, par tailles aussi longues que possible si le charbon est solide, par traverses étroites s'il est friable. Les bois n'auront jamais besoin de dépasser 2<sup>m</sup> ou 2<sup>m</sup>,50; ils n'auront pas, si l'on mène rapidement le défilage, le temps de fatiguer beaucoup, et l'on pourra généralement en faire resservir une partie.

La mise en place des remblais est facile; ils arrivent au haut de la tranche; si l'inclinaison est un peu forte, il suffit de les verser le long du mur pour qu'ils aillent se mettre d'eux-mêmes à pied d'œuvre; si l'inclinaison est trop faible pour que cela soit possible, on fera descendre facilement les bennes jusqu'au chantier. En tous cas, on n'aura pas à élever les remblais au-dessus de leur niveau d'arrivée.

Le service de l'introduction des remblais est entièrement distinct de celui du roulage du charbon; il a ses voies spéciales et peut se faire de jour, comme l'abatage, sans qu'il en résulte aucune gêne. L'un et l'autre se faisant à la même hauteur dans tout l'étage, on peut y conserver le même réseau de voies principales.

Quand même des circonstances imprévues (que l'on doit, mais que l'on ne peut pas toujours éviter) ne permettraient pas, pendant quelque temps, de faire marcher le remblayage du même pas que l'abatage, on pourrait généralement continuer la tranche commencée; on soutiendrait provisoirement la couronne par un remblayage partiel, et l'on pourrait, à la rigueur, n'achever de bourrer les vides qu'au moment où les travaux de la tranche supérieure viendraient passer au-dessus d'eux.

On peut reprocher, en revanche, à la méthode par tranches inclinées de ne pas faciliter assez l'abatage et de n'être pas favorable à la production du gros.

L'abatage en première tranche ne diffère pas de ce qu'il

est dans une couche de 2<sup>m</sup> ; mais dans les tranches supérieures le charbon est déjà brisé et plus aisé à prendre. La première objection n'est donc pas grave.

La proportion du gros est généralement plus faible qu'elle ne devrait être. Cela tient un peu, quand la couche a une inclinaison de plus de 12 ou 15°, à ce que l'on fait glisser le charbon sur le mur de la tranche, jusqu'au bas du chantier ; ce qui le brise, en économisant, il est vrai, des frais de manutention. Cela tient plus encore à la fissuration de la couronne, causée par le tassement des remblais. C'est ainsi que la teneur en gros diminue rapidement, d'ordinaire, à mesure que l'on passe de la première à la deuxième tranche, de la deuxième à la troisième, etc.

*Manière d'appliquer la méthode.* — De cette dernière observation, il résulte qu'il est bon de dépiler le plus tôt possible la partie déjà déchaussée ; elle se brisera, en effet ; d'autant plus qu'on la laissera plus longtemps en place. C'est aussi, je l'ai dit, le meilleur moyen de prévenir les incendies.

Ainsi, l'on fera bien de prendre un champ d'exploitation limité, dans lequel on concentrera tout le personnel disponible ; on mènera simultanément autant de tranches qu'on le pourra, en ne donnant au défilage de chacune d'elle sur le défilage de la suivante que l'avance strictement nécessaire. On y gagnera à trois égards, production du gros, activité de l'extraction, sécurité contre le feu.

On aura encore à ne pas donner trop de hauteur aux étages cet autre avantage que le charbon abattu roulera de moins haut ; on le brisera moins et on épargnera un peu de manutention. Cependant il faudra toujours, pour la facilité de l'abatage, faire les tailles suffisamment longues.

Il faudrait se garder, quand on a un bon toit, d'exagérer la portée de ces remarques. Si l'on veut prendre sur toute sa hauteur, du mur au toit, un pilier trop peu étendu avant de déchausser à côté un pilier pareil, on aura sous le toit

des variations très-brusques de résistance ; on produira ainsi précisément ce qu'on voulait éviter, des fissures nombreuses dans le toit, et des incendies, s'il est inflammable. Il vaudra bien mieux, s'il est compacte et doué de quelque élasticité, le laisser descendre à la fois sur une étendue plus grande (mais assez limitée cependant).

### § 2. Exemples.

*Cransac, Petite couche.* — La couche a, comme celle de la Bifurcation, qui fait partie du même système, une inclinaison de 0,50 (20°). La puissance est de 2<sup>m</sup>,50 dans un quartier, de 4<sup>m</sup> dans un autre. Le toit est bon ; c'est un schiste noir compacte en gros bancs, doué d'une certaine élasticité. Le charbon est dur. Il n'y a pas de grisou.

Les étages ont 20<sup>m</sup> de largeur ou 7<sup>m</sup> environ de hauteur ; ils sont limités par des plans normaux à la couche. Les traçages sont au mur, ils comprennent une galerie supérieure à remblai, une galerie inférieure à charbon (elle sert de galerie à remblai pour l'étage inférieur) et des montages espacés de 10<sup>m</sup>.

Quand la puissance ne dépasse pas 2<sup>m</sup>,50, on prend la couche en une fois par des chantiers montants successifs de 2<sup>m</sup>,50 de large ; le remblai suit à 1<sup>m</sup>,50 du massif, de façon à laisser une gaine pour la sortie du charbon et l'entrée du remblai.

Si la puissance moyenne est de 4<sup>m</sup>, on fait deux tranches inclinées. On porte les montages à 2<sup>m</sup>,50, et l'on remblaye 1<sup>m</sup>,20, laissant une gaine de 1<sup>m</sup>,30. Puis on prend au bas, au-dessus de la partie remblayée, une taille montante que l'on mène jusqu'au niveau à remblai, en jetant le charbon dans la gaine. On remblaye ensuite le vide nouveau ; alors, à côté de la gaine, on reprend un montage de 2<sup>m</sup>,50, on remblaye à mesure l'ancienne gaine et 1<sup>m</sup>,20 du montage, de manière à ne garder qu'une gaine de 1<sup>m</sup>,30, puis on prend un montage en deuxième tranche

au-dessus de ces remblais et ainsi de suite. Quand il ne reste plus à la fin qu'un mince pilier, s'il est trop fatigué pour qu'on puisse le traiter de même, on le prend par petites recoupes que l'on remblaye successivement à l'aide de la dernière gaine.

On voit ici le passage de l'exploitation d'une couche moyenne à celle d'une couche plus puissante effectué à l'aide d'une méthode par tranches inclinées rudimentaire.

On peut évaluer la production du piqueur à 1',4 au traçage, à 2',6 au défilage.

Le remblai est une terre argileuse se rapprochant beaucoup de la terre végétale. C'est la matière qu'on soutient le plus facilement, quand elle forme un prisme de 4 mètres de haut à côté duquel on doit revenir travailler.

*La Péronnière, puits Saint-Camille.* — La couche est la grande masse de Rive-de-Gier; elle a une épaisseur moyenne de 10 à 12 mètres; elle présente beaucoup de serremments et de failles; le toit est un grès solide avec un faux toit de schiste peu épais. Le charbon varie beaucoup de dureté. Par place, il s'abat en gros blocs, ailleurs il ne donne que du poussier. C'est de la houille très-grasse, très-oxygénée. Il n'y a pas de grisou.

La méthode par tranches inclinées ne s'applique qu'aux quartiers dont l'inclinaison ne dépasse pas 0,25 ou 10°; si l'inclinaison est plus forte, on emploie une méthode par tranches horizontales.

Les étages sont limités par des plans verticaux parallèles à la direction. Chacun d'eux est compris entre deux niveaux espacés de 10<sup>m</sup>; on les a tracés d'abord sur le mur; puis, une fois une première tranche de 2<sup>m</sup>,50 enlevée entre eux, on les remblaye en procédant au défilage, et on leur substitue ainsi d'autres galeries ayant même projection horizontale, mais situées 2<sup>m</sup>,50 plus haut. On continue de même. D'ordinaire, à cause de l'affaissement de la couronne des défilages sur les remblais, le déhouil-

lement est complet en trois tranches, si la puissance ne dépasse pas 10 ou 11 mètres.

Pour dépiler, on prend sur le mur, à partir du niveau à charbon, des montages dont l'écartement dépend de la production qu'on veut avoir et du personnel dont on dispose. On les pousse jusqu'au niveau supérieur, on les remblaye et l'on recommence ensuite à côté.

Les piqueurs feraient au défilage 8 tonnes par homme.

Les remblais sont fournis par des chambres d'éboulement, par les étages éboulés, par les vieux bois impropres à tout autre usage, et que les ouvriers de Rive-de-Gier savent très-adroitement disposer en quadrillages; ces quadrillages sont les murs les plus difficiles à renverser, ce qui est important lorsqu'il s'agit, comme ici, de terrains très-mouvants, où la conservation des galeries de roulage est très-coûteuse. Cet emploi des vieux bois n'est possible que si l'on ne craint pas les incendies.

*La Grand'Combe, mine du Ravin (fig. 5, 4, 5, 6, 7, Pl. III).* — L'exploitation porte sur un faisceau de couches, savoir, de haut en bas (fig. 6, Pl. III).

*le banc supérieur...* 1<sup>m</sup>,90 (charbon 1<sup>m</sup>,60);

2<sup>m</sup>,50 de rocher;

*la couche du Lard...* 0<sup>m</sup>,80;

8 mètres de rocher;

*le banc inférieur, comprenant lui-même :*

a) *la couche du toit.* . . . . . 0<sup>m</sup>,80

b) 1<sup>m</sup>,50 de rocher.

c) *la couche du mur.* . . . . . 5<sup>m</sup>,96

{ Charbon. . . 1<sup>m</sup>,86

{ Rocher. . . . 0<sup>m</sup>,20

{ Charbon. . . 1<sup>m</sup>,90

L'exploitation du banc supérieur et de la couche du Lard est entièrement distincte de celle du banc inférieur. Ces deux couches sont prises l'une après l'autre, à partir du haut, par les méthodes appliquées aux couches minces ou

moyennes; le banc inférieur, divisé en trois parties par des nerfs, se prête naturellement à l'emploi de la méthode par tranches inclinées.

L'ensemble du système présente une assez grande régularité. L'inclinaison moyenne est de 0,125; elle peut varier de 0,08 à 0,15. Le toit est bon, facile à soutenir. Le charbon est dur, surtout dans la petite couche du toit; c'est de la houille maigre; le grès sert pour le chauffage, le menu pour la fabrication des agglomérés. Il y a un peu de grisou dans les percements: il n'est pas abondant dans le défilage; mais il pourrait s'accumuler dans des vides en cul-de-sac, qui ne seraient point parcourus par le courant d'air. Le charbon n'est pas excessivement exposé aux incendies; cependant, si du menu restait dans un éboulement, il pourrait prendre feu. Pour ces deux raisons, il faut boucher de suite tous les vides qui ne sont pas indispensables.

La couche est divisée en quartiers par des plans inclinés espacés de 250 mètres et dont la longueur peut aller à 4 et 500 mètres. Au haut arrive un niveau principal à remblai, au bas un niveau principal à charbon.

On fait trois tranches inclinées; on prend dans la première (*la rase*) la partie inférieure de la couche du mur, épaisse de 1<sup>m</sup>,90; dans la deuxième (*les planches*), la partie supérieure, épaisse de 1<sup>m</sup>,86; dans la troisième, la couche du toit, épaisse de 0<sup>m</sup>,80. Le nerf et la barre de rocher intercalés dans le faisceau servant, chacun, de toit à une tranche, on n'a pas besoin de les abattre.

En première et en deuxième tranche, le traçage est à peine distinct du défilage. On laisse des piliers de protection de 25<sup>m</sup> le long des voies de roulage principales, et un autre de 10<sup>m</sup> le long du plan incliné. Dans celui-ci, sur le mur, on ouvre des galeries de niveau espacées de 25<sup>m</sup>. A partir de chacune d'elles on trace, le long du pilier, un montage de 1<sup>m</sup>,50 de large. On mène la galerie

sur 4<sup>m</sup> de largeur, jusqu'à 7<sup>m</sup> du pilier; alors on s'arrête, et, le long de la voie, du côté de l'amont-pendage, on élève un mur de remblai de 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur, laissant un corridor de 1<sup>m</sup>,50 entre lui et le massif, partant du pilier de protection et s'arrêtant à 1<sup>m</sup>,50 du front d'avancement de la galerie.

On prend pour front de taille le parement de 7 mètres de long qui est devant ce mur, on le pousse en avant, et chaque fois qu'il a marché de 2 mètres on met en place 2 mètres de remblai en avant de la pile déjà formée. Le vide a donc toujours au moins 1<sup>m</sup>,50 et au plus 5<sup>m</sup>,50 de largeur. Le long du parement des remblais, règne un corridor continu qui reçoit un chemin de fer (interrompu au front de taille). Quand le chantier vient percer dans le niveau supérieur, on achève de le remblayer et l'on prend à la suite de la galerie déjà faite un nouveau traçage de 4<sup>m</sup> de large; on le mène sur 7<sup>m</sup> de long et l'on fait, comme tout à l'heure, du parement le point de départ d'un chantier montant. On continue ainsi, en s'éloignant toujours du plan incliné, jusqu'à la limite du champ d'exploitation qu'il dessert. Le défilage se fait à la fois dans tous les piliers longs, seulement chaque pilier est en avance sur son voisin d'aval de la largeur d'un chantier, c'est-à-dire de 7<sup>m</sup>. L'ensemble des défilages forme ainsi, en plan, une suite de gradins renversés.

Dès que dans un pilier on a pris en première tranche une quinzaine de mètres, à partir de la pile de protection, on perce, le long de cette pile, un montage en deuxième tranche au-dessus du nerf; à côté de ce montage on prend une taille de 7<sup>m</sup> de longueur, que l'on mène comme on a fait en première tranche; on raccorde le corridor avec les galeries du bas et du haut par de petites rampes sur les remblais. On continue de même, en se tenant toujours à 15 ou 20 mètres en arrière du front de taille de la première tranche.

Pour la troisième tranche, on détourne les galeries de

niveau vers le toit, en leur donnant une certaine pente. Une fois qu'elles ont franchi la barre et atteint le mur de la petite couche du toit, elles le suivent. On prend la troisième tranche comme les deux autres; seulement on se contente d'un remblayage partiel formé de petits murs dont les nerfs fournissent les éléments. Les chantiers suivent à une certaine distance ceux de la deuxième tranche.

Dans un quartier dont le charbon est plus dur, on donne aux tailles 10<sup>m</sup> de longueur et l'on continue la voie du chemin de fer à travers le chantier. Dans un autre, où le charbon est moins solide, les fronts de taille n'ont que 4<sup>m</sup>. Autrefois, en appliquant la même méthode, on espaçait les galeries de niveau de 20<sup>m</sup> seulement, et l'on traçait tout jusqu'à la limite avant de dépiler, puis on battait en retraite vers le plan incliné. On avait ainsi de plus grands frais d'entretien, plus de main-d'œuvre, de traçage, etc.

La production du piqueur et la production du gros varient, comme il suit, d'une tranche à l'autre (le piqueur est assisté d'un chargeur-rouleur, et ils font le boisage, le chargement et le remblayage) :

Production.	Proportion de gros	
	p. 100.	
Traçage (1 <sup>re</sup> tranche). . . . .	5,4	75
Dépilage, 1 <sup>re</sup> tranche. . . . .	5,8	70 à 80
Dépilage, 2 <sup>e</sup> tranche. . . . .	4,6	40
Dépilage, 3 <sup>e</sup> tranche. . . . .	1,8	?

Les remblais sont des galets pris dans le lit du Gardon. Les bennes sont élevées par une balance à l'entrée de la galerie principale; celle-ci présente une pente descendante qu'elles parcourent sous l'action de la pesanteur. Un homme suffit pour conduire un convoi de 15 bennes (de 3 hectolitres) et en modérer la vitesse à l'aide de cales; on marche à 8 kilomètres à l'heure. Les bennes arrivent au plan incliné, descendent aux niveaux secondaires, arrivent aux

fronts de taille où elles sont vidées. Elles y sont chargées de charbon, retournent au plan incliné et le descendent. Au bas, elles sont élevées de 100<sup>m</sup> dans un puits d'extraction (de manière à regagner les pertes de niveau dues à la hauteur de l'étage et à l'ensemble des pentes des galeries automotrices) jusqu'à une recette intérieure où elles retrouvent une galerie descendante; elles circulent jusqu'au jour et à la place de triage par l'action de la pesanteur.

L'air entre par le niveau secondaire inférieur, suit les corridors et les fronts de taille, qu'il balaye, et s'échappe par le niveau principal à remblai. Le plan incliné est fermé par une porte; les niveaux secondaires (sauf le premier et le dernier) par des toiles.

*Montceau-les-Mines, puits Lucy.* — La méthode s'applique, concurremment avec la méthode par foudroyage, à la couche n° 1 de Lucy, puissante de 12<sup>m</sup> et inclinée de 0,50 (voir page 57). Elle présente, à 4<sup>m</sup> du toit, une barre dont l'épaisseur varie de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,60.

La partie de la couche qui est au-dessus de la barre fournit deux tranches; celle qui est au-dessous en fournit trois. Jadis on prenait simultanément une tranche sur le mur et une autre sur la barre; mais les mouvements qui se produisaient alors à la couronne des tranches du mur disloquaient cette barre, trop mince pour s'affaisser tout d'une pièce; la couronne des tranches prises sur la barre se brisait beaucoup; les bois qui devaient la soutenir n'ayant à leur pied qu'un point d'appui précaire, se dérobaient souvent par cinq ou six à la fois. Il se produisait des éboulements d'autant plus dangereux que les schistes du toit sont très-inflammables. On a renoncé à cette manière d'agir; maintenant on commence par prendre deux tranches sur la barre, en montant; puis on prend les trois autres à partir du mur, dès que les deux premières sont finies. On arrive bien ainsi en troisième tranche à avoir des remblais à la

couronne, mais c'est moins grave que d'y avoir des incendies.

Comme dans la méthode par foudroyage, la couche est divisée par des plans inclinés et de grands niveaux en quartiers carrés de 100<sup>m</sup> de côté, subdivisés par des niveaux secondaires espacés de 10<sup>m</sup>. Mais ceux-ci se dévient vers le toit, traversent la barre blanche et la suivent en la prenant pour mur. Deux niveaux consécutifs, arrivés à la limite du champ d'exploitation, sont reliés par un montage.

Alors on procède au dépilage. Si le charbon est solide, on prend une taille inclinée tout le long du montage, et on la pousse en battant en retraite vers le plan incliné; le remblai suit à mesure par derrière. Si le charbon n'est pas assez solide, on remblaye le montage, puis on prend à côté, dans le niveau du bas, un front de taille suivant la direction, et on le pousse jusqu'à la galerie du haut, et ainsi de suite. On peut accélérer le dépilage en prenant au début trois ou quatre montages équidistants dans le pilier long et procédant de même pour chacun d'eux. On dépile à la fois tous les piliers longs du quartier; chaque chantier a 4 ou 5<sup>m</sup> d'avance sur celui qui vient au-dessous, de sorte que le plan d'ensemble du dépilage présente une série de gradins renversés.

Dès que les chantiers de la première tranche ont un peu marché, on prend derrière eux les chantiers de deuxième tranche, et on les tient à 7 ou 8<sup>m</sup> en arrière; on a poussé, pendant le traçage de la première tranche, des niveaux secondaires au mur de la deuxième.

Une fois les deux tranches au-dessus de la barre terminées, on passe au mur de la couche et l'on dépile par trois tranches prises simultanément.

Cette méthode est abandonnée, on ne l'emploie plus que pour utiliser quelques traçages déjà faits. On lui reproche :

1° De coûter beaucoup de bois, la couronne, déterminée

par un plan de stratification, ayant une tendance à glisser qui oblige à renouveler fréquemment les chandelles;

2° De provoquer des incendies; quelque activité que l'on mette à enlever une deuxième et une troisième tranche sur les remblais, il s'écoule assez de temps pour que la couronne se fissure et que le toit s'embrace.

*Firminy, puits Monterrad n° 2.* — La couche (grande couche de la Malafolie) a une puissance de 6 à 8<sup>m</sup>, une inclinaison de 25° à 30° ou environ 0,50, d'où une traversée horizontale de 21<sup>m</sup>. Elle est coupée par des accidents assez nombreux. Le toit est un schiste noir à plan de décollement net et lisse, il s'affaisse en grande masse sur les remblais et les comprime d'une manière égale, sans se fissurer. Le charbon est assez tendre, il présente des délits suivant la stratification. C'est de la houille mi-grasse à longue flamme, riche en matières volatiles. Il y a une certaine quantité de grisou; le menu s'échauffe très-vite; les schistes du toit sont encore plus inflammables que le charbon, et les incendies sont fort à craindre.

Le champ d'exploitation est compris entre deux galeries de niveau distantes de 150<sup>m</sup> (suivant la pente); la galerie inférieure sert au roulage du charbon, la galerie supérieure à celui du remblai. Des plans inclinés, suivant la ligne de pente, espacés de 100 à 150<sup>m</sup>, le divisent en panneaux. Ces panneaux ont pour une de leurs limites un accident, quand il s'en trouve un convenablement placé, sinon ils s'arrêtent à la distance que l'on peut faire parcourir en un relai à un rouleur.

Il y a quelques années (voir la note de M. Chansselle sur les méthodes d'exploitation à l'Exposition de 1867, *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, tome XIV), pour prendre un des panneaux, on enlevait sur le mur, dans toute son étendue, une première tranche de 2<sup>m</sup>, puis on s'élevait sur les remblais et l'on prenait une deuxième et une troisième tranche. Il arrivait ainsi que le temps qui

s'écoulait entre l'enlèvement de la première tranche et celui de la troisième au même point était long (un an environ), de sorte que les tassements pouvaient développer des incendies dans des parties dont le défilage n'était point fini; ces incendies gagnaient très-vite le reste des panneaux. Aujourd'hui on prend les trois tranches successivement dans un pilier long de 15<sup>m</sup> de large, avant d'attaquer le pilier suivant, et l'on mène ce défilage le plus vite possible; l'incendie n'a pas le temps de se produire avant qu'il soit fini. S'il se développe plus tard dans les remblais, les schistes du toit, etc..., il est plus facile de l'empêcher d'envahir les massifs encore vierges.

On laisse des piliers de protection de 15<sup>m</sup> le long du plan incliné et des parties utiles des niveaux supérieur et inférieur. Le plan et ces deux niveaux sont sur le mur. Dans le pilier du plan on ouvre des niveaux secondaires espacés de 15<sup>m</sup> et on les mène, en les faisant tourner, jusqu'au toit, puis on les continue sous le toit jusqu'à la limite du champ. On fait en descendant tous les percements au massif, à cause de la présence du grisou. Chaque direction secondaire dessert un étage ayant la longueur du champ et limité par deux plans horizontaux distants d'environ 6<sup>m</sup>. La largeur des étages suivant le plan du mur est limitée par la condition que le charbon, jeté du haut, roule jusqu'au bas, sans qu'on ait à le relever à la pelle et sans trop se briser.

On ne dépèle qu'un étage à la fois. On le prend en trois tranches de 2<sup>m</sup>. On perce dans le niveau une série de traverses horizontales allant au mur et espacées de 15<sup>m</sup>. On les réunit par un niveau tracé sur le mur. Puis dans celui-ci on prend sur le mur une série de montages en face du milieu des piliers qui séparent deux traverses consécutives. Ces montages sont reliés par un niveau tracé au mur, sous les remblais de l'étage précédent. Ce niveau, prolongé avec une petite pente jusqu'au débouché de

l'ancien niveau à charbon de l'étage supérieur dans le plan incliné, sert à l'arrivée des remblais.

La première tranche ainsi préparée, on prend de chaque côté du montage une taille montante de 3<sup>m</sup>,50; à mesure qu'elle avance, on remblaye dans le bas la portion du montage placée entre les deux tailles, le vide qu'elles ont produit et la partie correspondante du niveau du mur, en laissant seulement le long de la taille la place voulue pour les piqueurs, et le long des massifs des couloirs par où l'on jette le charbon. Quand les tailles sont venues percer dans le niveau supérieur, on en prend d'autres pareilles à côté, et ainsi de suite. A la fin on remblaye le niveau du mur et les parties des traverses comprises entre lui et le toit de la tranche.

La préparation et le défilage de la deuxième tranche sont pareils à ceux de la première. On a soin de ne pas superposer les nouveaux montages aux anciens, pour ne pas avoir à recéper les montants des cadres qui feraient saillie. On conserve l'ancien niveau à remblai, mais on en perce au mur de la tranche un nouveau qu'on lui relie par des traverses horizontales ménagée dans les remblais. A la fin on remblaye ce niveau en gardant les traverses et on les prolonge. On procède de même pour la troisième tranche.

Pendant qu'on achève la dernière tranche d'un étage, on prépare la première tranche de l'étage au-dessous.

Quand on a abandonné le système des tranches prises sur toute la surface d'un grand panneau, on est tombé dans l'extrême opposé. On prenait une pile de 3<sup>m</sup>,50 de large en première tranche, on la remblayait; on prenait au-dessus une deuxième tranche et ainsi de suite, puis on passait à la pile voisine, etc. Mais le toit soutenu d'une façon trop inégale se disloquait, et il était impossible d'éviter les éboulements et les incendies. On pouvait, il est vrai, multiplier presque à volonté le nombre des chantiers :

il en est de même avec la méthode actuelle, il suffit de diminuer la largeur des petits piliers de chaque tranche.

La méthode que je viens de décrire n'est guère appliquée de cette manière que depuis dix-huit mois. Elle mène à être très-souvent sous les remblais. On se propose de donner aux étages 18 ou 24<sup>m</sup> de haut et de prendre dans chacun d'eux en montant des sous-étages de 6<sup>m</sup> qui seront menés absolument comme les étages actuels.

L'abatage, qui se fait à la poudre, est plus facile dans la première tranche que dans les autres, la poudre faisant moins d'effet dans celles-ci à cause des fissures. On donne pour la production du piqueur :

Au massif. . . . .	5 tonnes.
Au défilage, 1 <sup>re</sup> tranche. . . . .	7,5
Au défilage, 2 <sup>e</sup> tranche. . . . .	5
Au défilage, 3 <sup>e</sup> tranche. . . . .	3,5 à 4

L'air aspiré par un ventilateur Guibal vient par le niveau à charbon de l'étage, se partage entre les traverses et monte par des couloirs en balayant les fronts de taille ; il s'en va par le niveau et le puits à remblai. Le courant est partout ascensionnel, on peut assurer l'égale répartition entre les divers chantiers par un système de toiles, de portes et de guichets. Il sera bon de réunir, comme on en a l'intention, les courants viciés dans un retour d'air spécial au lieu de leur faire suivre la voie d'arrivée des remblais.

Les incendies sont assez fréquents, mais on peut en général les circonscrire, au pis-aller, dans un étage.

*Épinac, puits Fontaine-Bonnard.* — L'inclinaison est de 40 à 45°, la puissance moyenne de 8<sup>m</sup>, la traversée horizontale de 15<sup>m</sup>. Le charbon est dur, lourd ; mais il fuse et s'effrite à l'air ; c'est une houille mi-grasse, à longue flamme ; les incendies y sont à craindre ; il peut y avoir un peu de grisou.

La couche a été exploitée jadis par piliers et galeries ; on

rentre aujourd'hui dans ces vieux travaux, en enlevant les piliers et en remblayant tout ; on y trouve fréquemment des feux.

La couche est divisée en quartiers par des plans inclinés distants de 100 à 150<sup>m</sup>. Les étages sont limités par des plans horizontaux distants de 10<sup>m</sup>, ce qui leur donne 13<sup>m</sup> de largeur.

On prend trois tranches de 2<sup>m</sup>,50. En première tranche on trace au mur un niveau inférieur à charbon, un niveau supérieur à remblai ; on les relie par des montages espacés de 20<sup>m</sup>.

Le long de chaque montage, on prend un front de taille incliné suivant la ligne de plus grande pente ; on le fait obliquer un peu, le bas ayant 1<sup>m</sup> d'avance sur le haut. A mesure que la taille avance, le remblai la suit par piles successives de 2 mètres. A la fin, quand il ne resté plus qu'un pilier mince, on l'enlève, s'il y a lieu, par de petites recoupes.

La deuxième et la troisième tranche sont traitées comme la première.

On compte par homme environ 1<sup>h</sup>,8 au traçage et 3<sup>h</sup>,6 au défilage.

Les fronts de taille sont aérés par un courant direct.

*Montrambert, puits Devillaine.* (Fig. 7, Pl. III ; fig. 1, 2, 3, Pl. IV). — (Voir la note de M. Devillaine, *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, tome IV). — La couche (grande masse de Montrambert) est la même que celle du puits Monerrad.

Elle a généralement une inclinaison de 50° ou 55° et une puissance de 10 à 15<sup>m</sup>, soit une traversée horizontale moyenne de 25<sup>m</sup>. Le toit est un schiste compacte ; après le défilage, il s'affaisse par grandes masses. Le charbon est tendre, il est très-exposé aux incendies ; il ne donne pas de grisou.

La couche est divisée en quartiers de 50<sup>m</sup> de hauteur ou

100<sup>m</sup> environ de largeur suivant l'inclinaison. La longueur dépend des accidents du terrain ; elle peut aller à 300<sup>m</sup> de chaque côté du plan incliné. On prend les quartiers en descendant. Chacun d'eux est divisé en deux étages de 25<sup>m</sup> de hauteur ou 50<sup>m</sup> de largeur, que l'on prend aussi en descendant. Chaque quartier est desservi par un travers-banc à charbon placé sur le plan horizontal inférieur, chaque étage par un travers-banc à remblai placé sur le plan horizontal supérieur. L'étage forme trois parties ou sous-étages que l'on prend en montant. Chacun des deux premiers a 7<sup>m</sup> de hauteur, mais le tassement des remblais fait descendre la couronne et oblige à relever de temps en temps la galerie supérieure pour qu'elle occupe toujours le même niveau ; on arrive ainsi à prendre 9 à 10<sup>m</sup> par sous-étage. A la fin il reste une planche de 4 ou 5<sup>m</sup> d'un charbon très-brisé ; elle est plus épaisse au mur qu'au toit, à cause du tassement inégal des remblais. L'emploi de la méthode par tranches inclinées n'y est plus possible, et l'on enlève cette planche, comme on peut, par tranches horizontales.

La grande galerie de roulage est au bas du quartier, près du toit, mais à 2<sup>m</sup> environ, de telle sorte que le roulage se fasse au charbon. Au haut de chaque étage, il y a une galerie de direction à remblai faite dans le mur. Pour prendre un sous-étage, on y trace une galerie de roulage sur le plan horizontal inférieur, près du toit et à quelque distance de lui. En même temps, sous le plan horizontal supérieur, on trace un niveau à remblai au mur et on le relie à la galerie à remblai de l'étage par un petit plan incliné.

Dans la direction inférieure, on ouvre des traverses allant au mur ; suivant le nombre des ouvriers dont on dispose et la production qu'on veut atteindre, leur distance varie de 40 ou 50<sup>m</sup> à 100<sup>m</sup>. Quand l'une d'elles atteint le mur, on prend sur celui-ci une cheminée montante de 2<sup>m</sup> de largeur, on la pousse jusqu'à la galerie à remblai du

haut du sous-étage. Alors on l'élargit, et, dès que c'est possible, on remblaye la place de l'ancienne cheminée ; puis on pousse chaque taille dans le massif sur le mur, en faisant suivre le remblai par derrière, à quelque distance. Dès que chacun des chantiers a marché de 10<sup>m</sup>, on ouvre de chaque côté de la traverse un chantier en deuxième tranche sur les remblais. De même, quand ces chantiers ont enlevé 10<sup>m</sup>, on monte en troisième tranche derrière eux, etc. Les couloirs, ménagés à travers les remblais pour le sortage des charbons dans le bas, pour l'entrée des remblais dans le haut, sont dirigés obliquement de manière à desservir à la fois les divers chantiers pris simultanément.

On compte pour la production du piqueur 3 tonnes au traçage, 8 tonnes au défilage.

L'air entre par le niveau à charbon et sort par le niveau à remblai après avoir balayé les chantiers ; il faut quelques précautions (portes à guichet, toiles, etc.) pour assurer une répartition à peu près égale du courant entre les différentes traverses.

Le caractère particulier de la marche suivie à Mont-rambert est la rapidité avec laquelle, une fois une première tranche prise au mur sur une certaine étendue, on enlève au-dessus d'elle tout le reste de la couche jusqu'au toit. Depuis trois ans qu'elle est appliquée, il n'y a pas eu de feux dans le charbon, s'il y en a eu quelques-uns dans les remblais d'un étage fini.

### § 5. Comparaison des variantes.

Dans une partie des exemples précédents, à la Péronnière, à la Grand'Combe, à Montceau, l'inclinaison de la couche ne dépasse pas 20°. Alors le champ d'exploitation présente, en plan, une largeur (suivant la pente) comparable dans chaque tranche à sa longueur en direction. Il est divisé en piliers longs que l'on prend tous à la fois. Le défilage se fait par l'une des méthodes usitées pour les pla-

teures à remblai ; la méthode par gradins couchés (la Grand'Combe, mine du Ravin, gradins couchés en chassage ; Montceau, puits Lucy, gradins couchés en retraite vers le plan incliné), la méthode par petites tailles montantes (la Péronnière).

Dans les autres, à Firminy, à Épinac, à Montrambert, l'inclinaison de la couche va de 20 à 40°. Alors l'étage, dont la hauteur est limitée, ne peut avoir une grande largeur ; il ne forme qu'un seul pilier long que l'on prend par un certain nombre de tailles couchées (Épinac, Montrambert) ou montantes (Firminy).

On peut, dans chacune de ces deux variantes, prendre plusieurs tranches à la fois, en donnant de l'avance à celles du bas (la Grand'Combe, Montceau et Montrambert). C'est surtout utile avec les méthodes par gradins couchés de la Grand'Combe et de Montceau, qui ne donnent qu'une taille par pilier long et par tranche. Dans la deuxième variante, on arrive aussi à une production très-forte en multipliant les chantiers d'une tranche unique, ressource qu'on n'a pas au même degré avec plusieurs tranches, à cause de l'avance à laisser.

Ainsi les fronts de taille sont placés, tantôt suivant la ligne de pente, avec remblai avançant à mesure par derrière, tantôt suivant la direction, et dans ce cas les remblais avancent à mesure par derrière, ou sont mis en place, une fois une traverse finie. Le front de taille suivant la ligne de pente est plus long et donne par suite un abatage plus économique, mais il ne convient qu'aux charbons assez solides. Le front de taille en direction n'a pas le même avantage ; mais il est plus facile d'en graduer la largeur suivant la friabilité du charbon, et de passer avec lui, quand il le faut, du chantier large à marche continue au chantier étroit bourré en une seule fois après coup.

## CHAPITRE IV.

## MÉTHODE PAR TRANCHES HORIZONTALES.

## § 1. Généralités.

*Description générale.* — Les caractères essentiels de la méthode sont les suivants :

La couche est divisée par des plans horizontaux en tranches de 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50 de hauteur. On prend généralement ces tranches en montant ; on s'élève alors dans chacune sur les remblais de la précédente. Quelquefois cependant, pour des raisons particulières, on prend les tranches en descendant ; on vient se mettre dans chacune d'elles sous les remblais de la précédente.

Le charbon s'en va par le bas de l'étage. Dans toutes les tranches qui suivent la première, il faut le descendre à ce niveau par des rampes, des plans inclinés ou des balances. Les remblais viennent, pour les premières tranches, par le bas de l'étage, pour les autres par le haut ; il faut d'abord les amener au niveau de la tranche par un moyen quelconque, des rampes montantes dans le premier cas, descendantes dans le deuxième, des plans inclinés, des balances, des bures où les matières sont versées, etc.

Le dépilage de chaque tranche est conduit suivant la solidité du charbon. On fait toujours les tailles aussi longues qu'il est possible ; quand le charbon permet de leur donner 3<sup>m</sup> ou plus, on fait marcher le remblayage du même pas que l'abatage, en laissant seulement le vide du chantier et un corridor pour le roulage. Si les chantiers ne peuvent dépasser 2<sup>m</sup>,50, on est obligé d'achever complètement une recoupe avant de la remblayer et de passer à la recoupe voisine. Dans les deux cas, on prend, suivant

les circonstances, les fronts de taille parallèles ou perpendiculaires à la direction, et l'on profite, s'il est possible, des divisions et des débits du charbon pour faciliter l'abatage.

*Conditions que doit remplir la couche.* — Aucune condition ne lui est imposée, *à priori*, d'une manière absolue. Quelles que soient l'allure d'une couche et la nature du charbon, il est toujours possible, à la rigueur, de la diviser en tranches horizontales et de les prendre successivement. Mais en pratique, il faut que la couche ait une traversée horizontale suffisante, une dizaine de mètres au moins. Au-dessous de cette limite, en effet, les tranches ont trop peu de largeur; les voies de roulage ont le même développement que pour une tranche plus large; la proportion du cube à prendre en traçage au cube total sera forte; par suite l'abatage sera coûteux, les frais d'entretien des galeries, répartis sur une faible quantité, donneront un chiffre élevé par tonne.

Quant à l'inclinaison, elle pourra être quelconque. La méthode par tranches horizontales (simple ou avec rabatage) est la seule qui puisse convenir aux couches puissantes et fortement inclinées. Elle se prête aussi aux couches d'inclinaison faible; elle est surtout employée dans ce cas lorsqu'elles forment le dos d'une selle. Alors la traversée horizontale est considérable, et la présence de deux pendages opposés, divergents, générerait si l'on voulait exploiter par tranches inclinées.

La méthode par tranches horizontales se prête aux exigences des allures les plus irrégulières. Sans doute, une couche régulière sera toujours plus commode et plus économique à exploiter; mais quelle qu'en soit l'irrégularité, on pourra diviser le gîte en tranches, circonscrire les tranches par des galeries de ceinture, et enlever méthodiquement, sans rien laisser derrière soi, toute la houille comprise entre elles. C'est ainsi que s'il se rencontre dans les exploitations conduites par les autres méthodes un passage diffi-

cile, un quartier découpé par des failles, une région où les renflements et les étranglements se succèdent, une fin d'étage brisée par suite de l'affaissement des remblais et où l'épaisseur du charbon varie d'un point à un autre; on aura recours à la méthode par tranches horizontales, qui permet presque toujours un déhouillement à peu près complet.

De même la méthode par tranches horizontales peut s'appliquer quelle que soit la nature du charbon. Sans doute, plus il sera friable, plus il faudra limiter le nombre des tranches à prendre successivement les unes au-dessus des autres; mais la méthode ne sera pas pour cela en défaut, à moins que l'on n'ait affaire à un charbon à la fois très-friable et très-inflammable. Alors le simple affaissement de la couronne, après le remblayage d'une première tranche sur une surface un peu étendue, pourra déterminer l'incendie.

Dans les charbons où existent des feux, la méthode permet de se plier aux nécessités qui s'imposent alors. Ainsi on pourra diviser la tranche en quartiers, dont chacun sera barré, au besoin, sans qu'il en résulte une gêne pour la suite de l'exploitation. On pourra aussi diriger les recoupes de manière à ne marcher jamais vers un foyer qu'avec une section faible, par suite peu exposée. Enfin, lorsqu'on devra exploiter sous d'anciens feux peu éloignés, il sera dangereux de laisser à la couronne un massif de charbon où le tassement des remblais pourra amener des fissures et à leur suite l'incendie; on pourra, si l'on a des remblais qui s'y prêtent, prendre les tranches en descendant; si l'on réussit à en déhouiller une dans toute son étendue, on constituera au-dessous des feux supérieurs un barrage horizontal que l'exploitation des tranches suivantes renforcera.

*Avantages et inconvénients.* — Le grand avantage de la méthode est de pouvoir s'appliquer aux couches les plus puissantes, les plus irrégulières, quelle que soit leur inclinaison, quelle que soit la nature du charbon.

Les traçages sont très-développés à proportion quand la couche est peu puissante. Leur importance relative devient faible pour les grandes épaisseurs.

Le dépilage se fait, suivant les cas, par des tailles aussi grandes ou aussi petites qu'il le faut. Les bois n'ont pas besoin d'avoir plus de 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50. Ils s'appuient sur des remblais tassés; si le remblayage se fait peu attendre, on peut souvent les retirer en grande partie.

Le charbon abattu ne tombe pas de haut, il ne glisse pas sur un plan incliné. On peut en général le charger au chantier même; on conserve ainsi tout le gros qui a été produit.

Comme les chantiers sont horizontaux, comme on peut mettre les voies de roulage à leur niveau, il est parfois possible de faire arriver les chevaux jusqu'aux chantiers et de supprimer le roulage par hommes. C'est une grande économie.

Le remblayage est d'autant meilleur que le sol de la tranche étant horizontal, les remblais, lors de la mise en place, n'ont pas de tendance à glisser.

On peut reprocher à la méthode par tranches horizontales divers inconvénients :

Comme les tranches sont à des niveaux différents, on ne peut guère en prendre plusieurs simultanément les unes au-dessus des autres; du moins, elles ne sont pas desservies par les mêmes galeries de roulage. Il faut déjà une couche fort puissante pour que l'on puisse tracer l'une d'elles pendant le dépilage de la précédente. Il s'ensuit qu'une grande production exige en général un champ étendu.

L'exploitation passe, à chaque changement de tranche, d'un niveau à un autre. Il faut donc chaque fois remanier le système d'entrée des remblais et de sortage des charbons. Les voies principales ne peuvent pas suivre tous ces changements de hauteur; il faut, pour les racheter, employer des

moyens de descente, rampes, plans inclinés, balances, ce qui augmente les frais du roulage. Il est difficile d'avoir deux réseaux de voies distincts, l'un pour le remblai, l'autre pour le charbon; on est donc obligé d'avoir un poste de jour et un poste de nuit, et il peut en résulter une gêne.

*Manière d'appliquer la méthode.* — Pour diminuer les dépenses entraînées par les changements de niveaux trop fréquents, il faut autant que possible donner aux quartiers une certaine étendue. En outre, on ne doit pas faire les étages trop hauts : il ne faut pas les trop multiplier, sous peine d'exagérer l'importance des percements; mais il est bon de s'en tenir aux hauteurs que l'on peut racheter par des rampes. Ce sera d'autant plus commode qu'il y aura moins à percer au rocher; aussi est-on conduit à augmenter la hauteur des étages et les inconvénients qui en résultent, quand on fait au rocher les principaux traçages.

On opérera par longues tailles remblayées à mesure, toutes les fois qu'il sera possible de le faire. Outre les avantages généraux d'un abatage plus facile et d'un boisage moins coûteux, on y aura ici un intérêt particulier : on pourra en effet, avec une taille suffisamment longue et des voies de roulage convenablement disposées, faire arriver les chevaux jusqu'au chantier.

#### § 2. Exemples.

*Commentry (fig. 4, 5, 6, Pl. IV).* — La couche forme un fond de bateau allongé. La puissance varie beaucoup d'une région à l'autre; faible dans un quartier, elle atteint ailleurs jusqu'à 10 à 15<sup>m</sup>. L'inclinaison varie également beaucoup; elle va de 10° à 40° et 50°. Ces variations se présentent dans chacune des sections verticales et horizontales. Les failles sont assez nombreuses et quelquefois très-rapprochées. Enfin le charbon est mélangé de beaucoup de nerfs très-peu constants, et des roches éruptives sont venues tourmenter le tout. Le charbon est généralement solide,

c'est-à-dire que l'on peut y tenir des tailles très-longues; en même temps il est facile à abattre, il présente des clivages qui le découpent en parallépipèdes droits. Tant que ces petits prismes restent ensemble, ils forment un mur qui se conserve de lui-même; quand on a une fois déchaussé le bas de la pile, ils viennent tous, il n'y a plus qu'à les prendre à la pelle et à les charger. Il n'y a pas de grisou.

Toutes les circonstances de l'allure, l'irrégularité de la puissance et du plongement, la grande longueur qu'atteint souvent la traversée horizontale, la présence de nerfs variables, etc., concourent pour indiquer l'emploi de la méthode par tranches horizontales. Les étages avaient autrefois 10<sup>m</sup>, aujourd'hui on leur en donne 20. Ils fournissent huit ou neuf tranches de 2<sup>m</sup>,50 chacune, que l'on prend en montant.

Le traçage est réduit à sa plus simple expression. Sur le plan horizontal inférieur de la tranche, on trace deux galeries de ceinture à l'intérieur de la couche, à quelques mètres du mur et du toit. Quand ces galeries sont à plus de 100<sup>m</sup> l'une de l'autre, on en trace une troisième vers le milieu de leur intervalle. Dans le percement on peut être obligé pour l'aérage de relier les deux galeries par des traverses, mais on les écarte tant qu'on le peut parce qu'elles gênent dans le défilage.

Au défilage, si le charbon est solide, on prend d'une des galeries mères à l'autre une traverse dont le parement devient un front de taille; on pousse en battant en retraite vers le puits cette taille, qui peut avoir jusqu'à 100<sup>m</sup> de long. Le remblai suit à mesure par derrière, par piles de 2<sup>m</sup>, de sorte que la largeur du vide ne dépasse jamais 4<sup>m</sup>. Quand on arrive à 15 ou 20<sup>m</sup> d'une traverse, on doit s'arrêter, parce que le pilier long et mince qui reste est trop fatigué; on le prend par deux fronts de taille parallèles aux galeries de ceinture et marchant l'un vers l'autre à partir de

ces galeries. Quand ils ne sont plus qu'à quelques mètres l'un de l'autre, il faut, pour la même raison, enlever par petites recoups la croûte qui les sépare. On voit quel est l'inconvénient des traverses.

Si le charbon n'est pas assez solide pour qu'on puisse ainsi prendre un chantier en ligne droite d'une centaine de mètres, on dispose le front de taille et le parement des remblais en créneaux. Enfin, si le charbon est trop friable pour que l'on puisse opérer ainsi, on prend, à partir de la traverse, des recoups parallèles aux galeries de ceinture et espacées de 15 à 20<sup>m</sup> sur 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50 de largeur. Dès que l'une d'elles est finie, on la remblaye et l'on en prend une autre à côté. L'abatage est alors moins facile, par suite moins économique, et la production en diminue doublement: on a moins de piqueurs et chacun d'eux rend moins.

En même temps que le massif compris entre les galeries de ceinture, on dépèle les parties comprises entre ces galeries, d'un côté, le mur ou le toit, de l'autre. On procède soit par une taille normale à la galerie, soit par petites traverses.

Pendant le défilage d'une tranche, on trace au-dessus des parties déjà remblayées les galeries de la tranche suivante. Elles ne se superposent pas à celles de la tranche en défilage, le mur et le toit de la tranche nouvelle, qu'elles suivent à distance, ne se projetant point sur le mur et le toit de celle-ci. Cette superposition, si elle se produisait, serait gênante.

La production par homme est (avec une large approximation), de 2<sup>t</sup>,6 au traçage, de 5<sup>t</sup>,8 au défilage.

Les chevaux peuvent venir avec les bennes jusqu'au chantier, dans les longues tailles. La recette du puits sert pour trois tranches, à l'aide d'un défaitage pratiqué dans une partie de la galerie de roulage qu'on transforme en rampe. On déplace la recette à la quatrième tranche, et ainsi de suite.

*Montceau-les-Mines.* — La méthode par tranches horizontales est appliquée dans plusieurs quartiers.

1° *Puits Sainte-Marie.* — La couche exploitée est, comme à Sainte-Élisabeth, la couche n° 1 du Montceau. Dans le quartier dont il est question ici, la pente est de 0,25 environ ; la puissance varie de 13 à 14<sup>m</sup> et la traversée horizontale de 40 à 50<sup>m</sup>. Le charbon est dur et assez sujet à prendre feu.

Les étages ont 12 à 20<sup>m</sup> de hauteur ; on les prend en descendant, mais on attaque les premières tranches d'un étage avant l'entier achèvement de l'étage supérieur. Quand l'étage a 18 ou 20<sup>m</sup> de hauteur, on trace vers le milieu une galerie de direction intermédiaire qui amène les remblais du sous-étage inférieur et emmène le charbon du sous-étage supérieur. Le quartier est desservi par un plan incliné à 20° et placé au milieu du charbon. Les tranches, au nombre de cinq à huit, ont 2<sup>m</sup>,50 de hauteur ; on les prend en montant, mais on commence chacune d'elles aussitôt que la précédente a un peu d'avance. Elles sont desservies par des directions tracées au mur.

Dans des régions où le charbon est dur et solide, on procède par grandes tailles de 20 à 25<sup>m</sup>. Les chantiers peuvent être disposés de deux manières, suivant la solidité de la couronne et les dimensions de la couche. Tantôt on mène une traverse contre la limite et l'on prend le parement pour front de taille, en battant en retraite vers le plan incliné ; le remblai suit à mesure ; par derrière on ménage un corridor entre le front de taille et lui. Tantôt on divise la longueur de la tranche par des traverses espacées de 15 à 20<sup>m</sup> ; puis, de l'une d'elles à l'autre, on prend à partir du toit un front de taille parallèle à la direction ; le remblai suit encore par derrière.

Il y a certains avantages à battre en retraite vers la direction plutôt que vers le plan incliné. D'abord l'abatage est plus facile. En effet, on peut prendre pour front de

taille une face parallèle à la stratification ; le charbon aura une tendance à se décoller suivant ce plan et à glisser sur lui, c'est ce qui force à marcher du toit au mur. Ensuite les tailles que l'on a dans la tranche forment, comme développement, l'équivalent d'une taille unique ayant toute la largeur du champ ; tandis que si l'on bat en retraite vers le plan incliné, la taille n'aura pour longueur que la largeur de la tranche, c'est-à-dire une quantité généralement bien moins grande. On y remédiera, il est vrai, en prenant plusieurs traverses entre le mur et le toit et faisant partir de chacune d'elles un chantier de défilage. Mais alors une portion considérable de la galerie de direction devra être entretenue au milieu des remblais.

Pendant qu'on prend une tranche, on a tracé la suivante, et dès que les chantiers ont marché de quelques mètres on en prend d'autres au-dessus, sur leurs remblais. On a ainsi une forte production et un enlèvement rapide du charbon déjà déchaussé.

On a comme production moyenne du piqueur au quartier de Maugrand, exploité par le puits Sainte-Marie, 1<sup>l</sup>,7 au traçage, 5 tonnes au défilage.

2° *Puits Sainte-Élisabeth* (fig. 7, 8, 9, Pl. IV). — L'exploitation porte toujours sur la même couche. Par suite des accidents qui l'ont courbée, elle présente ici la forme d'une sorte de dôme ; avec une puissance de 12 à 15<sup>m</sup>, elle a une traversée horizontale de 100<sup>m</sup>. Le charbon est solide, il a une certaine tendance à s'échauffer, et donne quelquefois, mais rarement, du grisou.

La méthode que je vais décrire est celle qu'on est en train de substituer à la méthode par rabatage dont j'ai parlé plus haut (page 65) ; les étages auront 15<sup>m</sup> de hauteur et donneront six tranches. On mène une galerie au milieu de la couche parallèlement à la plus grande dimension du dôme. En première tranche, on la fait aboutir à la recette du puits ; en deuxième et en troisième tranche, on

la lui relie par une petite rampe; puis on déplace la recette. De chaque côté, on prend des traverses espacées de 20<sup>m</sup>, et on les pousse jusqu'au toit. On a soin de ne pas superposer les galeries d'une tranche à celles de la tranche précédente.

On prend le long du toit et à partir des deux traverses deux recoupes de 3<sup>m</sup> de large que l'on pousse l'une vers l'autre jusqu'à ce qu'elles viennent percer ensemble. Alors on remblaye à partir du milieu, on prend une autre recoupe à côté de la précédente et ainsi de suite.

L'abatage est assez facile en première tranche; le charbon était comprimé par la charge; quand on le déchausse, il tend à sortir de lui-même. En deuxième tranche, il se tasse sur les remblais, s'y coince et est dur à arracher; aux tranches suivantes, il est déjà fissuré et se prend mieux.

Les piqueurs font au massif 1<sup>t</sup>,5, au défilage 1<sup>t</sup>,9.

L'air circule seulement dans la galerie principale; les traverses et les recoupes ne sont aérées que par diffusion. S'il se dégage du grisou dans un point, il est facile d'y avoir un courant d'air direct au chantier. Il suffit de laisser un corridor entre le remblai de la recoupe précédente et le massif.

*Campagnac.* — La couche a en moyenne une épaisseur de 8 à 10<sup>m</sup> et une inclinaison de 0,25, soit une traversée horizontale de 20<sup>m</sup>; elle appartient au même système que celle de Cransac. Le charbon est très-sujet aux incendies, et la partie supérieure de la couche est remplie de feux provenant des anciennes exploitations.

On a pratiqué la méthode par rabatage sur des tranches de 4<sup>m</sup>, avec recoupes à charbon et recoupes à remblai. On a renoncé à cette méthode parce que le réseau des galeries supérieures, disloqué par le défilage, était très-difficile à entretenir. On procède aujourd'hui par tranches horizontales que l'on prend en descendant. Quand une tranche a été remblayée sur toute l'étendue du champ

d'exploitation, elle forme une sorte de barrage horizontal qui s'oppose à la descente des feux supérieurs. Quand on aura répété trois ou quatre fois cette opération, on ne craindra plus autant ces feux et l'on essaiera de prendre, comme à l'ordinaire, un certain nombre de tranches en montant. Actuellement on est très-souvent sous des remblais frais, ce qui exige l'emploi pour les former de matières argileuses de bonne qualité, mais n'a point alors grand inconvénient.

Chaque tranche prend 2<sup>m</sup>,30. Un niveau principal de roulage dessert trois tranches à l'aide d'un petit plan incliné ayant pour pente 0,25 et percé au milieu de la couche.

Dans chaque tranche, on trace une galerie principale en direction sous le toit et une autre vers le mur. Si la traversée dépasse 30<sup>m</sup>, on met la galerie principale vers le milieu, et l'on pratique deux galeries secondaires au mur et au toit. On les relie par des traverses espacées de 20<sup>m</sup>.

On remblaye les traverses et à côté d'elles on en prend d'autres entre les niveaux: elles ont 2<sup>m</sup> de large et 2<sup>m</sup> de haut. Quand l'une d'elles est finie, on rabat les 0<sup>m</sup>,50 qui restent à la couronne, puis on la remblaye.

La production du piqueur est de 2<sup>t</sup>,6 au traçage, de 4 tonnes au défilage.

*Decazeville, mine de Bourran.* — La couche varie, mais assez graduellement, de puissance et d'inclinaison. La partie où l'on emploie la méthode par tranches horizontales est le haut d'une grande selle et l'inclinaison n'est pas forte. La puissance est de 30<sup>m</sup> environ, la traversée horizontale de 150<sup>m</sup>. Le charbon est dur et solide, mais il présente assez souvent des tranchants nets et parallèles suivant lesquels il se détache; il contient aussi des rognons de fer carbonaté lithoïde qui peuvent tomber. Il est sujet aux incendies. Les parties supérieures de la couche sont criblées de vieux travaux dont la plupart contiennent des feux. Une autre

difficulté, c'est que dans ces derniers temps l'exploitation de la selle a porté sur les deux parties d'une grande tranche horizontale adjacentes au toit. Tout le haut de la selle se trouve donc déchaussé sur les deux ailes et soutenu seulement au milieu, d'où résultent des frais de boisage considérables et beaucoup de fissures.

On exploitait par une méthode verticale, un reste de la méthode Roucayrol (page 115). On vient de prendre le parti d'y renoncer à cause des frais de boisage qu'elle entraîne, et d'y substituer la méthode par tranches horizontales.

Les tranches ont 2<sup>m</sup>,50. On a déjà pu prendre sur cette hauteur une surface de 60<sup>m</sup> sur 150<sup>m</sup>, sans amener les feux supérieurs dans les travaux. On se propose de continuer cette tranche dans toute l'étendue du champ d'exploitation, de manière à former au-dessous des anciens travaux une sorte de barrage horizontal. Si l'on y réussit, on prendra ensuite au-dessous deux tranches superposées en montant, enfin on essayera de faire des étages, de quatre ou cinq tranches, par exemple.

On trace le long d'une des limites du champ d'exploitation une galerie principale de roulage. On pousse, à partir de celle-ci et jusqu'à l'autre limite, des traverses espacées de 10<sup>m</sup>; enfin, à 10<sup>m</sup> de la limite et parallèlement à elle, on mène une galerie. On a ainsi une série de piliers carrés de 8<sup>m</sup> de côté.

Pour les prendre, on remblaye les bouts des traverses compris entre la limite et la galerie secondaire tracée à 10<sup>m</sup> d'elle. À côté de chacun d'eux on prend une autre traverse de 2<sup>m</sup> de large allant à la limite. Quand elle est finie, on la remblaye, on en prend une autre à côté et ainsi de suite.

Une fois qu'on a pris, à partir de la limite, une bande large de 10<sup>m</sup>, on trace une autre galerie secondaire à 10<sup>m</sup> de la précédente, et l'on continue ainsi jusqu'à la galerie principale.

La production du piqueur est de 1<sup>t</sup>,4 au massif, 2<sup>t</sup>,2 au défilage avec un parement de remblai.

*Cransac, mine du Fraysse.* — Les couches exploitées font partie, comme les autres couches de Cransac dont j'ai déjà parlé, d'un ensemble plongeant à 20°; ce sont la Grande couche, puissante de 20<sup>m</sup> et la couche du Toit, puissante de 6 à 8<sup>m</sup>. Le charbon est moyennement dur, il est assez exposé aux incendies spontanés. Les parties supérieures sont criblées d'anciens travaux, la plupart incendiés.

Les étages ont 4 à 8<sup>m</sup>. On trace au haut, sur le mur, une galerie à remblai, et au bas, sous le toit, une galerie à charbon. Elles sont reliées à des plans inclinés.

Si la traversée horizontale de la couche ne dépasse pas 15 ou 20<sup>m</sup>, on prend, à partir de la galerie à charbon, des traverses de 2<sup>m</sup> ou 2<sup>m</sup>,50 de largeur, espacées de 20<sup>m</sup> par exemple. On les mène jusqu'au mur et on les continue par des montages qui viennent percer dans la galerie à remblai; alors on remblaye la traverse et le montage, puis on prend une autre traverse à côté et ainsi de suite. Quand on a fini la tranche, on en prend de la même manière une deuxième, puis une troisième, en s'élevant sur les remblais par une petite rampe.

Si la traversée de la couche dépasse 20<sup>m</sup>, on ne peut plus opérer ainsi, à cause des difficultés de roulage, de remblayage et d'aérage qu'on rencontre. On commence par prendre sur toute la hauteur de l'étage des traverses allant du toit au mur, espacées de 30<sup>m</sup> par exemple, et l'on remblaye. L'étage est ainsi divisé en piliers; au milieu de chacun d'eux on trace, à partir du toit, une traverse, on la prolonge par un montage sur le mur. Quand il a percé dans le niveau supérieur, on prend, des deux côtés de la traverse, des recoupes en direction de 3<sup>m</sup> de large; on les mène jusqu'à la limite du pilier et on les remblaye. On en prend d'autres à côté et ainsi de suite.

Alors on rabat la couronne de la traverse principale en

remblayant la sole, de manière à la reporter 2<sup>m</sup> plus haut; on prend de même une deuxième tranche, etc.

La production par homme est environ de 1<sup>t</sup>,2 au traçage, de 2<sup>t</sup>,6 pour la grande couche et de 2<sup>t</sup> pour la petite au défilage.

*La Péronnière, puits Saint-Camille.* — La méthode par tranches horizontales s'applique à la couche dont j'ai décrit plus haut (page 76) l'exploitation par tranches inclinées, aussitôt que l'inclinaison dépasse 0,25 ou 10°.

Les étages ont 10<sup>m</sup> de hauteur et donnent trois tranches. Le traçage est au mur; il se compose d'un niveau supérieur à remblai au haut de l'étage et d'un niveau inférieur à charbon dans la tranche considérée; ils sont reliés par un plan incliné.

On prend, à partir du niveau à charbon, des traverses de 2<sup>m</sup> de largeur allant au mur; puis on les remblaye et l'on en prend d'autres à côté; enfin on passe à la tranche supérieure.

*Saint-Éloy.* — La couche est à peu près verticale; la puissance varie beaucoup; elle semble augmenter à mesure qu'on descend en profondeur; on peut regarder comme assez moyenne une épaisseur de 20 à 30<sup>m</sup>. Le charbon est dur, solide, il se divise généralement en prismes bien nets, mais la direction des tranchants n'est point constante. Il n'est pas très-sujet aux incendies. Il y a beaucoup de nerfs; on s'arrange pour les laisser en place.

L'exploitation porte aujourd'hui encore sur la partie supérieure de la couche, criblée d'anciens travaux incendiés; on remblaye les vides, on enlève les piliers et l'on bourre complètement. Les étages ont 15<sup>m</sup> de hauteur; chacun d'eux fournit six tranches.

On trace au niveau de la tranche des galeries en direction espacées de 10 à 30<sup>m</sup>, suivant la puissance de la couche et la production qu'on veut atteindre. L'une d'elles sert de galerie de roulage principale; elle reçoit les remblais d'une

galerie tracée au haut de l'étage et envoie les charbons au puits par un plan incliné.

On dépile tantôt par traverses, tantôt par grandes tailles, suivant la régularité de la couche et la solidité du charbon. Dans le premier cas, on relie les galeries secondaires à la galerie principale par des traverses espacées de 20 ou 25<sup>m</sup>; puis, à partir de la galerie secondaire, on prend des traverses de 2<sup>m</sup> de large, laissant entre elles des piles de 2<sup>m</sup>; on les pousse jusqu'à 5<sup>m</sup> de la galerie principale et on les remblaye. Alors on prend les piles intermédiaires; elles ne sont pas écrasées, ce qui montre combien le charbon est solide. On finit par l'enlèvement du pilier de 5<sup>m</sup>. Dans le deuxième cas, on n'espace plus les traverses que de 8 à 12<sup>m</sup>; puis, d'une traverse à l'autre, on pousse une taille unique se rabattant sur la galerie principale. Le remblai suit à mesure à une distance suffisante du front de taille.

Le piqueur fait environ 1<sup>t</sup>,4 au massif, 5<sup>t</sup> au défilage.

*La Béraudière, puits Dyèvre et du Crêt-de-Mars.* — La couche exploitée est, comme à Firminy et à Montrambert, la grande masse (n° 3 du système moyen de Saint-Étienne). Au puits Dyèvre, elle est verticale à une extrémité du champ d'exploitation; à l'autre elle plonge à 45°; entre les deux, elle présente tous les intermédiaires. Au puits du Crêt-de-Mars, elle plonge à 30° environ. La puissance varie en direction et en profondeur; elle est généralement très-grande; ainsi, dans la partie verticale, elle atteint 60<sup>m</sup>; la traversée horizontale se tient au-dessus de 40<sup>m</sup>. Le charbon est très-dur au puits du Crêt-de-Mars; il est dur au puits Dyèvre dans la partie inclinée à 45°, il est tendre dans la partie verticale. Le charbon est mi-gras et donne rarement du grisou. Il est assez inflammable; il y a encore quelques incendies provenant des vieux travaux.

On a essayé, il y a quatre ou cinq ans, la méthode par tranches inclinées. On voulait prendre un étage de 7<sup>m</sup> en dix-sept tranches. Mais bientôt on a trouvé le charbon

tellement fissuré qu'on s'est arrêté, de peur d'incendie. Alors on a eu recours à une méthode par tranches horizontales ; on prenait une galerie au milieu de la tranche, puis des traverses allant au mur et au toit ; enfin, entre deux traverses, on menait des recoupes parallèles à la direction. On a été satisfait de cette méthode ; on a seulement cherché à la simplifier et à rendre l'abatage plus facile. C'est ainsi qu'on a été conduit à la méthode actuelle.

Les étages ont 13 ou 14<sup>m</sup> de hauteur et quelquefois 17<sup>m</sup>. Chacun d'eux fournit seulement cinq ou six tranches de 2<sup>m</sup>, grâce au tassement des remblais et à la descente de la couronne qui s'ensuit. On trace au beau milieu de la tranche une galerie de direction principale qui sert à la fois au roulage du charbon et du remblai.

Au puits Dyèvre, dans le charbon friable, on prend de chaque côté de la galerie des traverses de 4<sup>m</sup> de largeur, espacées de 20<sup>m</sup> ; on vérifie à la boussole la direction des parois, de manière à ne point avoir à la fin des piliers en coin. On remblaye à mesure en laissant libres le chantier et un corridor de 1<sup>m</sup>,50 environ. Quand la traverse est finie, on achève le remblayage ; puis on prend une autre traverse pareille le long de la paroi opposée au corridor, de manière à n'avoir le long du chantier que du remblai tassé. Quand il ne reste plus dans chaque pilier qu'une ou deux traverses à prendre, si le charbon y est trop fatigué, on l'enlève par de petites recoupes successives de 2<sup>m</sup> de large, menées à partir du corridor de la dernière traverse et remblayées à mesure.

Au puits du Crêt-de-Mars, dans le charbon dur, on peut donner aux chantiers une largeur de 8 et même de 11<sup>m</sup>. On les prend en créneaux sur toute la longueur de la galerie, et, quand ils ont un peu avancé, on attaque les intervalles. On fait suivre le remblai à mesure, en piles séparées par de petits corridors qui aboutissent chacun à l'extrémité de deux chantiers contigus.

Aux deux puits, on a soin de pousser plus activement le défilage sur un des côtés de la galerie. Dès qu'il a pris un peu d'avance, on monte sur les remblais et l'on trace la mère galerie de la deuxième tranche. Un plan incliné tracé au charbon et se projetant horizontalement, suivant la direction, peut desservir successivement deux ou trois étages. Dès qu'on arrive à la troisième ou à la quatrième tranche d'un étage, on trace la première tranche de l'étage au-dessous.

La production du piqueur est de 2<sup>t</sup>,6 au traçage, 8<sup>t</sup>,7 au défilage au puits Dyèvre et 7<sup>t</sup> au puits du Crêt-de-Mars.

Les remblais proviennent, soit des nerfs de la couche, soit de carrières ouvertes au jour, soit surtout de chambres d'éboulements pratiquées à l'intérieur. On n'est pas toujours maître de régler les éboulements à volonté ; de plus, avec le temps, ils pourraient disloquer la surface et amener les eaux du jour dans la mine ; aussi se prépare-t-on à renoncer aux chambres d'éboulement et à prendre tous les remblais au jour.

*Le Creuzot, fig. 1, 2, 3, Pl. V.* (Voir la note de M. Aumont, *Bulletin de la Société de l'industrie minière*, tome I, et la note de M. Chansselle déjà citée, même recueil, tome XIV.) La couche est fort irrégulière ; l'exploitation actuelle porte sur un dressant à peu près vertical, qui n'est qu'une suite de renflements atteignant 30 ou 40<sup>m</sup> et d'étranglements. Le toit est un schiste noir qui n'est pas trop friable ; cependant il exige toujours, dans les galeries au rocher, un certain boisage. Le charbon, qui varie beaucoup de nature, est presque partout très-friable et a une grande tendance à s'enflammer spontanément. Il dégage en général une certaine quantité de grisou.

Les puits sont creusés au rocher, au toit de la couche, à 150 ou 200 mètres de celle-ci. On ne peut les mettre au mur, parce qu'ils seraient alors, ainsi que tous les travaux au rocher, dans la grauwacke et le granite de la cuvette, où ils coûteraient fort cher.

Lorsqu'on a inauguré au Creuzot, vers 1848, la méthode par tranches horizontales, on prenait des étages de 6<sup>m</sup> qui fournissaient trois tranches. A chacun correspondait une mère galerie au rocher tracée à 60 ou 80<sup>m</sup> de la couche, et reliée à celle-ci, tous les 50<sup>m</sup>, par un travers-banc. On avait ainsi la faculté de barrer, en cas d'incendie, les issues d'un quartier, sans déranger le service du roulage. On s'est bien trouvé de la méthode et on l'a conservée; mais en augmentant les dimensions des quartiers, on a beaucoup diminué la proportion des travaux au rocher. Les étages ont aujourd'hui 20 à 25<sup>m</sup> de hauteur, les quartiers 100 à 150<sup>m</sup> de longueur. Si l'on suppose une traversée horizontale de 20<sup>m</sup>, et la mère galerie à 75<sup>m</sup> de la couche, on trouve par 1.000 tonnes :

Quartier de 6<sup>m</sup> sur 50<sup>m</sup>. . . . 17<sup>m</sup>,30 au rocher.

Quartier de 20<sup>m</sup> sur 125<sup>m</sup>. . . . 3<sup>m</sup>,70 au rocher.

Ainsi l'on a aujourd'hui cinq fois moins de travaux au rocher par tonne de houille.

Les étages de 20<sup>m</sup> fournissent huit ou neuf tranches, ceux de 25<sup>m</sup> dix ou onze; comme toujours, si la couche n'est pas verticale, l'affaissement est plus grand au toit, et l'on y a souvent une tranche de moins qu'au mur.

A mesure que la mère galerie au rocher avance, on trace dans la couche, en première tranche, une galerie principale au mur et une autre au toit, et on les relie en même temps par des traverses, laissant entre elles des piliers de 8<sup>m</sup>,50 de largeur et dont chacune est remblayée aussitôt que la suivante est finie. Le percement achevé, on remblaye celle des galeries principales qui était la plus difficile à soutenir, après avoir enlevé le prisme triangulaire de charbon qui restait au delà.

On refend chaque pilier par une traverse de 2<sup>m</sup>,50 de large, prise en son milieu. Il reste, sur les deux côtés, des piles de 3<sup>m</sup>. On prend à l'extrémité de la traverse, sur un

de ses côtés, et contre la galerie remblayée, un chantier de 2<sup>m</sup> de largeur; on le pousse jusqu'au remblai de la traverse. Alors on remblaye ce vide et l'on prend de la même manière, de l'autre côté de la traverse, la partie symétrique. On remblaye le nouveau vide et le bout de la traverse, et l'on continue. Le défilage marche du même pas dans tous les piliers de la tranche; les plus voisins du puits ont un peu d'avance.

Dès que le défilage a fait quelques progrès, on s'occupe de préparer la deuxième tranche; on s'élève au-dessus des remblais déjà mis en place par une rampe sur le sol du travers-banc, avec relevage de la couronne, et l'on trace une galerie de direction qui sera la galerie principale de la deuxième tranche. On s'aère par de petites traverses mises en communication avec celles de la première tranche, mais en évitant de superposer les traçages. Puis, dès qu'un pilier est fini en première tranche, on commence, au-dessus des remblais, le défilage du pilier de la deuxième tranche.

On exploite ainsi à la fois huit ou dix quartiers à la suite les uns des autres, les plus voisins du puits étant les plus avancés.

Le travers-banc horizontal ou converti en rampe sert au roulage pour les quatre premières tranches. Alors on perce près de la couche et à peu de distance de l'un des travers-bancs du quartier, un bure relié par des galeries à la voie de roulage de la tranche et au travers-banc; on y installe une balance à frein. En même temps, on perce une galerie inclinée à 0,55 environ, rejoignant le travers-banc dans le voisinage de la mère galerie et placée de façon à pouvoir desservir tous les étages qui restent; on la joint à la direction par un petit travers-banc, et l'on y installe un plan incliné automoteur. Chaque fois que l'on passe d'une tranche à l'autre, on doit relever les poulies du plan incliné et de la balance; on travaille alternativement à ces deux appareils de manière à en avoir toujours un en service.

Les remblais viennent en première et en deuxième tranche par la mère galerie de l'étage et le travers-banc. Ensuite ils viennent par la mère galerie de l'étage supérieur et le travers-banc de cet étage jusqu'à un bure pratiqué près de la couche et relié à la galerie principale de la tranche par un petit travers-banc. Le remblai y est versé, puis il est rechargé au fond et roulé par hommes jusqu'aux tailles.

Les services du roulage et du remblayage nécessitent ainsi des travaux accessoires. En en tenant compte et en estimant les travaux au rocher à 35 francs le mètre courant, on a les résultats suivants par tonne :

	TRAVAUX AU ROCHER.			PRIX.
	principaux.	accessoires.	totaux.	
mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	fr. c.
Quartiers de . . . 6 sur 50	0,0173	0,0155	0,0328	1,45
Quartiers de . . . 20 sur 125	0,0037	0,078	0,0115	0,38

On s'épargne, par les dimensions plus grandes données aux quartiers, les deux tiers des travaux au rocher.

L'air vient par le travers-banc, remonte par le bure à remblai et s'échappe par la mère galerie de l'étage supérieur; des portes à guichet, placées sur les travers-bancs, améliorent la répartition entre les divers quartiers. Les chantiers ne sont aérés que par diffusion. En revanche, les percements ne sont jamais loin du courant direct.

*Montceau-les-Mines, puits Sainte-Eugénie.* (Voir M. Buvat, *les Houillères en 1872*.) — La couche est inclinée à 0,45, ou 25°. Elle présente une assez grande régularité. L'épaisseur est de 17<sup>m</sup>, la traversée horizontale de 42. Le charbon est sujet à l'incendie; il donne du grisou. Le puits, qui s'appelait jadis *puits Cinq-Sous*, a chômé plusieurs années à la suite de la grande explosion de 1867; on y a récemment repris le travail et l'on y applique à des étages neufs

la méthode par tranches horizontales. Les travaux sont peu développés encore (\*).

Le champ d'exploitation, limité à l'une de ses extrémités par une faille, a 300<sup>m</sup> de longueur. On y prend deux étages de 14<sup>m</sup> fournissant chacun six tranches. Comme au Creuzot, le traçage est au rocher; mais il est ici dans le mur. Il comprend: trois galeries principales au niveau du bas des deux étages et du haut de l'étage supérieur, à une distance du mur qui varie entre 25 et 40<sup>m</sup>; un plan incliné à 20° au milieu du champ d'exploitation; des travers-bancs espacés de 75<sup>m</sup> partant des galeries principales et allant recouper la couche.

Le dépilage se fait dans chaque tranche à l'aide de galeries de direction au mur et au toit reliées par des traverses; les piliers sont enlevés par des recoupes en direction.

Pour l'arrivée des remblais, chaque travers-banc communique par une balance avec la mère-galerie de l'étage au-dessous. Pour les deux premières tranches, les remblais viennent par la balance, la mère-galerie et les travers-bancs convertis en rampes dans la deuxième tranche. Ces travers-bancs seront relevés pour les tranches suivantes. Pour l'étage inférieur, les remblais descendront d'abord par le plan incliné à la mère galerie moyenne.

Le charbon suit la même marche en sens contraire, passant par les travers-bancs, les balances et la mère galerie.

Les travaux au rocher, comptés à 45 francs le mètre courant, donnent par tonne les résultats suivants :

TRAVAUX			PRIX.
principaux.	accessoires.	totaux.	
mètres.	mètres.	mètres.	fr. c.
0,0039	0,0019	0,0058	0,26

(\*) Une autre explosion, qui a fait 41 victimes, y a eu lieu le 8 novembre 1872.

La proportion des travaux principaux est à peu près la même qu'au Creuzot. Celle des travaux accessoires est bien moindre.

L'air suit en sens inverse le parcours des charbons et des remblais, en passant par les balances, les bures, etc... Il faut un système de portes pour le guider.

### § 5. Comparaison des variantes.

Le défilage des tranches horizontales s'écarte plus que celui des tranches inclinées des dispositions usitées dans le cas de plateures de faible puissance. Toutefois, dans les exemples que je viens de donner, on peut, au milieu des différences de détail, distinguer des traits communs qui se groupent autour de deux types. L'un est caractérisé par des chantiers étroits (4<sup>m</sup> au plus). Quand la traversée horizontale, la solidité, les conditions d'aérage le permettent, ils vont des galeries de direction aux parois; c'est la méthode en travers pure et simple (Montceau, puits Sainte-Élisabeth, — Cransac, mine du Fraysse, — Campagnac, — la Péronnière, — Saint-Éloy, — la Beraudière, puits Dyèvre). Si elle est impossible, on divise la tranche en piliers, par des traverses; chacun d'eux est pris par des recoupes en direction (Montceau, puits Sainte-Élisabeth, — Cransac, mine du Fraysse, — le Creuzot); on retrouve alors, quoiqu'à un degré moindre, le développement des traçages, les difficultés d'entretien, de roulage, d'aérage, etc..., que j'ai reprochés à la deuxième variante de la méthode par rabatage.

L'autre type est celui des grandes tailles. Elles sont en direction (Montceau, puits Sainte-Marie, — Saint-Éloy, — la Beraudière, puits du Crêt-de-Mars) ou en travers (Commeny, — Montceau, puits Sainte-Marie). Les grandes tailles en direction sur une longueur un peu forte ne sont qu'une exception. Je n'ai pas besoin de rappeler les avantages qu'ont les grandes tailles, quand leur emploi est possible,

sur les chantiers étroits; mais on n'a pas toujours la liberté du choix.

On peut aussi considérer à part le caractère qui distingue les exploitations du Creuzot et du puits Sainte-Élisabeth au Montceau, celui du traçage au rocher. De là résultent plusieurs conséquences importantes: indépendance des différents quartiers, qui permet d'isoler l'un d'eux en cas d'incendie, sans que l'exploitation des autres en soit entravée; nécessité de diminuer, autant que possible, le nombre des travers-bancs, par suite d'augmenter la hauteur de l'étage; d'où obligation pour le roulage du remblai et du charbon de franchir de plus grandes différences de niveau, c'est-à-dire remaniement plus compliqué des voies de roulage, manœuvres supplémentaires à faire subir aux matières entre le chantier et le puits. C'est donc là un moyen qui peut être nécessaire, mais qui est incommode et coûteux; on évitera de l'employer toutes les fois que l'on pourra s'en passer.

## CHAPITRE V.

### MÉTHODE VERTICALE.

#### § 1. Généralités.

*Description générale.*— La couche est divisée en étages; dans chaque étage on trace un système de galeries à charbon au bas, un système de galeries à remblai au haut. L'étage est divisé en piliers par des plans verticaux. Chaque pilier est pris sur toute sa hauteur et remblayé avant que l'on ne passe au pilier voisin. Le remblai et le charbon sont jetés dans des cheminées, l'un de la galerie supérieure au chantier, l'autre du chantier à la galerie inférieure.

La hauteur des étages peut varier entre des limites éten-

dues. La dimension des piliers et la manière d'y disposer le chantier dépendent des circonstances (\*).

*Conditions que doit remplir la couche.* — Il faut une traversée horizontale suffisante, sinon les étages seront trop petits et la proportion des traçages trop forte. La traversée verticale du charbon doit aussi être assez grande pour que les étages aient une certaine hauteur.

La méthode pourrait à la rigueur s'appliquer à des charbons quelconques; mais en pratique elle ne convient pas aux charbons durs. En effet, ce dépilage par petits piliers pris successivement sur toute leur hauteur exclut l'emploi des grandes tailles; pour cette raison et pour les autres que j'indiquerai plus loin, on n'emploie la méthode verticale que si l'on y est obligé; c'est ce qui peut arriver pour des charbons très-friables et très-inflammables, qui, une fois déchaussés et mis en mouvement par le tassement du remblai, se fissurent et s'échauffent très-vite. Il est alors nécessaire d'enlever rapidement le massif qui forme la couronne d'une première tranche; il faut pour cela la prendre peu étendue et monter au-dessus avant d'attaquer le dépilage à côté.

*Avantages et inconvénients.* — Le grand avantage et presque le seul est de permettre dans ce cas difficile de déhouiller sans incendie.

La méthode a aussi ce mérite que le roulage des remblais y est indépendant de celui des charbons.

Au point de vue économique, elle présente des inconvénients nombreux.

L'abatage ne peut se faire que par petites recoupes (ce qui, du reste, est inévitable avec les charbons qui exigent la méthode verticale).

Le charbon abattu tombe dans des cheminées, ce qui diminue la proportion du gros.

(\*) M. Roucayrol a fait une application très-soignée de cette méthode aux mines de Firmy.

Comme on ne prend à la fois qu'une tranche dans un pilier et qu'il faut, pour ne pas trop multiplier les traçages, donner aux piliers d'assez grandes dimensions, la production dans un champ d'exploitation limité est faible.

Les traçages sont étendus, puisqu'il faut un double réseau de galeries. A cause de la lenteur du déhouillement, on doit les conserver longtemps, ce qui augmente beaucoup les frais d'entretien. Le réseau supérieur surtout, ébranlé par le dépilage qui se fait près de lui au-dessous de son niveau, use beaucoup de bois.

Le transport des remblais et du charbon est compliqué d'une série de transbordements. Le remblai est versé dans la cheminée, rechargé en bas, puis brouetté au chantier. Le charbon est mené à la cheminée, versé dans celle-ci, chargé en bas. De chacune de ces manœuvres résulte un supplément de frais.

*Manière d'appliquer la méthode.* — On doit, pour diminuer la proportion des traçages, donner aux étages une assez grande hauteur. Cependant, si on les fait trop hauts, on a déjà des tassements considérables dans le pilier, et après qu'on y a enlevé quelques tranches, la couronne peut prendre feu. Il est surtout utile d'augmenter la production, et par suite la rapidité du déhouillement. Il faut pour cela multiplier les piliers autant qu'on le peut sans trop exagérer les traçages. Si la disposition de la couche le permet, il est bon de dépiler plusieurs étages à la fois.

#### § 2. Exemples.

*Decazeville, mine de Bourran.* — La couche est la même que celle à laquelle s'applique la méthode par tranches horizontales décrite plus haut (page 102).

Le champ d'exploitation est divisé en piliers longs par d'anciennes traverses de 6<sup>m</sup> de haut sur 5 de large, prises perpendiculairement aux limites, espacées de 20<sup>m</sup> et remblayées.

L'étage a 6<sup>m</sup>. On trace au bas un niveau principal à charbon, le long d'une des limites, et, au haut, un niveau principal à remblai, à 10<sup>m</sup> en dehors de la même limite. A partir du niveau à charbon, on trace une traverse au milieu de chaque pilier long. A chacune d'elles correspond une traverse supérieure partant du même niveau à remblai et se projetant horizontalement à 2 ou 3<sup>m</sup> de la première. On enlève successivement, dans chaque pilier, des piles de 8<sup>m</sup> de large en battant en retraite vers les niveaux principaux. On trace normalement à la traverse inférieure et au même niveau une recoupe laissant un massif de 6<sup>m</sup> entre elle et la limite; elle va buter des deux côtés contre les vieilles traverses remblayées. On la met en communication avec la traverse à remblai par une cheminée. On prend de chaque côté, contre les vieux remblais, un chantier de 2<sup>m</sup> de large qu'on mène jusqu'à la limite. On jette du remblai par la cheminée et l'on bourre ces vides. On prend d'autres chantiers pareils à côté des premiers et ainsi de suite.

On remblaye la recoupe et l'on opère pour la deuxième et la troisième tranches comme pour la première. Le charbon est jeté dans la traverse du bas par une cheminée ménagée dans le remblai. Les remblais sont rechargés au bas de la cheminée dans laquelle on les jette et brouettés à la taille, d'où une dépense additionnelle qu'on évalue à 0<sup>f</sup>,50 par tonne.

On a un grand réseau de galeries à tracer et à entretenir, et il est difficile de les conserver au niveau supérieur dans le voisinage des dépilages. En quatre mois il a fallu 62.000 mètres de bois pour une production de 16.000 tonnes et 5.000<sup>m</sup> de galeries, soit 3<sup>m</sup>,87 par tonne, ou un peu plus de six cadres par mètre courant de galerie et par an.

Aussi cette méthode est-elle abandonnée et remplacée par la méthode par tranches horizontales dont j'ai parlé.

*La Grand'Combe, dressant de Fournier (fig. 4, 5, 6, 7, 8,*

Pl. V). — La couche a une allure régulière; son inclinaison est de 40 à 45°, sa puissance de 15 à 17<sup>m</sup>, sa traversée horizontale de 22<sup>m</sup> en moyenne. Le charbon est friable, maigre; il donne un peu de grisou, du moins dans les percements; il a une assez grande tendance à s'échauffer; il contient, aux environs du mur et du toit, des nerfs assez nombreux, mais peu importants en général, quoique l'un d'eux, près du mur, ait 0<sup>m</sup>,80 et même dans certains endroits 2<sup>m</sup>.

Le quartier exploité a 75<sup>m</sup> de longueur et 66<sup>m</sup> de hauteur. Tout le traçage est au milieu de la couche. Au haut est une galerie principale à remblai, au bas une galerie principale à charbon; elles sont reliées par un plan incliné suivant une des limites. Les étages ont 10<sup>m</sup> de hauteur; chacun d'eux est desservi par une galerie de direction tracée sous le plan horizontal inférieur. Il y a cinq étages; il reste au-dessous de celui du bas un massif de 16<sup>m</sup> de hauteur pour la protection de la galerie à charbon. Enfin, de la galerie supérieure du quartier à la dernière galerie de l'étage vont des cheminées à remblai de 0<sup>m</sup>,80 de côté, inclinées à 45° et boisées avec des cadres jointifs formés de rondins. Le plan vertical mené normalement à la couche par la paroi d'une cheminée qui regarde le plan incliné sépare deux piliers.

Le dépilage dans chaque étage bat en retraite vers le plan incliné. Chaque pilier donne cinq tranches horizontales de 2<sup>m</sup> de hauteur. Le pilier voisin, du côté opposé au plan incliné, a été pris et remblayé. On commence par tracer une direction allant de la limite du pilier aux remblais et ne se projetant pas sur la galerie de l'étage; on y accède par la cheminée à remblais et une petite traverse. On perce au massif une cheminée contre la limite du pilier; puis, dans la tranche, on prend à partir de la recoupe en direction une traverse de 2<sup>m</sup> de largeur contre les remblais, vers le mur par exemple; on la pousse jusqu'au mur

et on la remblaye, pendant qu'on en prend une en face vers le toit. On continue ainsi à prendre des traverses dans l'ordre indiqué par les numéros de la *fig. 8*. On ménage dans les remblais le prolongement des cheminées à charbon et à remblai pour la tranche suivante.

Dès qu'on a dépilé un pilier au premier étage, en même temps qu'on en attaque un second, on attaque le premier pilier du deuxième étage, et l'on continue jusqu'à la fin à faire avancer le dépilage, suivant une diagonale du quartier, les piliers étant pris dans l'ordre indiqué par les chiffres des *fig. 5* et *6*.

Lorsqu'on a commencé à employer cette méthode, on suivait dans le dépilage de chaque tranche une marche un peu différente. A partir de la cheminée, on prenait une traverse dans toute la largeur de la tranche, puis on prenait une série de recoupes en direction, le long du mur et du toit alternativement. A la fin, quand il ne restait plus à prendre au milieu que trois recoupes dans la première tranche ou une dans les autres, on enlevait le petit massif par des traverses menées à partir de la dernière recoupe, et remblayées avec les portions correspondantes de celle-ci. La présence de nerfs au mur et au toit rendait les recoupes en direction très-difficiles à mener dans ces parties; ces nerfs s'abattent beaucoup mieux dans une traverse normale à la direction; enfin, malgré la précaution de prendre en première tranche la valeur de trois recoupes par des traverses, l'enlèvement de massifs parallèles à la galerie d'étage et près de la couronne de celle-ci en rendait l'entretien difficile.

Le rendement du piqueur varie beaucoup, suivant les tranches et la présence ou l'absence de nerfs; on l'estime comme il suit :

Traçage et 1 <sup>re</sup> tranche. . . . .	1 <sup>1</sup> / <sub>7</sub>
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> tranche. . . . .	2 <sup>1</sup> / <sub>6</sub>
4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> tranche. . . . .	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>

L'air circule de la galerie inférieure à la galerie supérieure par les cheminées des piliers en exploitation; les autres sont fermées. Les chantiers ne sont aérés que par diffusion.

*Remarques sur l'exploitation à ciel ouvert.*

L'exploitation à ciel ouvert de la houille ne peut avoir une très-grande importance. Cependant nos bassins houillers du centre et du sud présentent souvent des affleurements; on peut y exploiter à découvert jusqu'à une profondeur d'autant plus grande que les couches sont plus puissantes. En effet, la profondeur-limite est celle pour laquelle les frais de découvert égalent l'économie réalisée dans l'abatage, le boisage, etc.; elle correspond à une certaine valeur du cube de déblai par mètre cube de houille découvert. Or le cube de déblai par mètre cube de houille, pour une même profondeur, est en raison inverse de la traversée horizontale de la couche (toutes choses égales d'ailleurs).

Quand il s'agit de couches puissantes, les terres et les roches enlevés dans le découvert ont un emploi; elles servent de remblais pour l'exploitation souterraine et remplacent ainsi des matières qu'il faudrait presque toujours abattre dans des carrières spéciales.

Alors les frais de découvert ne devront plus entrer dans le compte des frais de l'exploitation à ciel ouvert; celle-ci pourrait théoriquement être poursuivie avec avantage jusqu'à une profondeur limitée seulement par les difficultés d'épuisement. Mais si l'exploitation souterraine restait constante, il en serait de même de la consommation de remblais, et par suite du volume à déblayer dans un temps donné; la production de houille dans l'exploitation à ciel ouvert, c'est-à-dire l'économie réalisée, serait en raison inverse de la profondeur. Il en résulte qu'on étend les découverts en surface plutôt qu'en profondeur, et qu'on ne les approfondit qu'autant que l'exigent l'étendue des affleurements et la position des puits à remblais.

Aussi prend-on des remblais dans les découverts pratiqués sur les affleurements, à Montceau-les-Mines, au Creuzot, à Cransac, à Decazeville, à Saint-Éloy, à Commentry, etc. Le prix de revient de la houille extraite de ces découverts est inférieur de 2 à 5 francs à celui de la houille provenant de l'exploitation souterraine.

L'exploitation à ciel ouvert est surtout avantageuse, quand il s'agit comme à Montceau-les-Mines, à Cransac, à Decazeville, d'affleurements criblés d'anciens travaux souterrains où le feu s'est déclaré. Elle présente le triple avantage de sauver ce qui reste de charbon dans ces massifs gaspillés, de fournir des schistes brûlés qui forment d'excellents remblais et surtout de délivrer l'exploitation souterraine d'une menace d'incendie toujours suspendue au-dessus de sa tête.

---

## DEUXIÈME PARTIE.

### COMPARAISON DES MÉTHODES.

Il est rare que l'on trouve deux méthodes différentes appliquées dans des conditions bien comparables : la puissance et l'inclinaison des couches, et la dureté du charbon, sa solidité quand il est en couronne, sa disposition plus ou moins grande à prendre feu spontanément, sa tendance au clivage. L'importance et la position des nerfs qui s'y intercalent, la nature des remblais dont on dispose, l'absence, la présence ou l'abondance du grisou, toutes ces circonstances varient souvent d'un point à l'autre de la même mine, à plus forte raison d'une mine à une autre. Les divers articles du prix de revient dépendent encore de deux autres éléments variables, le taux des salaires et l'organisation des

chantiers et du payement. Il ne sera donc pas toujours possible d'apprécier à l'aide de rapprochements numériques précis l'influence de la méthode sur les diverses branches du travail souterrain, et il faudra souvent s'en tenir à des considérations générales plus vagues, mais confirmées par l'ensemble des faits et dont le peu de précision est mieux d'accord avec la nature essentiellement flottante des données.

### CHAPITRE I<sup>er</sup>.

#### AMÉNAGEMENT ET TRAÇAGE.

---

##### § 1. Aménagement.

La marche générale du déhouillement est la même dans toutes les méthodes : on commence par les parties supérieures de la couche, et l'on prend des étages successifs en descendant. L'écartement des plans qui les limitent dépend avant tout de la nature du charbon et des roches encaissantes. Quant à la largeur des étages, mesurée suivant la ligne de plus grande pente, elle varie entre des limites moins éloignées, mais ce sont toujours la solidité plus ou moins grande et la tendance à l'incendie plus ou moins marquée qui la déterminent d'abord. En général, dans les charbons inflammables, on la restreint tant qu'on le peut ; il faut, dès qu'on a coupé le pied d'une masse, l'enlever rapidement avant qu'elle ait eu le temps de s'échauffer. Les plans qui limitent les étages sont horizontaux si l'inclinaison est un peu forte ; si elle est faible, ils sont normaux à la surface.

Une méthode horizontale avec ou sans rabatage est la seule qui permette de prendre, comme à Campagnac, à Cransac (mine de la Balance), etc., des étages de 2<sup>m</sup>,50 à 4<sup>m</sup> seulement de hauteur. La méthode par foudroyage

amènerait constamment des éboulements. La méthode par tranches inclinées appliquée à des étages de faible hauteur conduirait à une proportion de traçages trop forte. La méthode verticale est, d'après sa définition, hors de cause.

Dans les autres cas, il est bon de faire les étages un peu hauts. On y gagne d'avoir moins de travers-bancs à faire et à entretenir, de trouver la partie supérieure de l'étage fissurée et plus facile à abattre, d'exploiter moins souvent sous une couronne de remblai. Mais une trop grande hauteur des étages a, dans toutes les méthodes, des inconvénients : en exagérant les fissurations de la couronne, elle ne lui laisse plus assez de solidité pour l'exploitation par foudroyage ou par rabatage, et elle l'expose aux feux ; dans l'exploitation par la méthode verticale, elle oblige à jeter le charbon de trop haut et à le briser plus qu'il ne serait nécessaire ; dans l'exploitation par tranches horizontales, elle augmente les difficultés de roulage. On arrive ainsi, en dehors du cas exceptionnel de feux très-rapprochés, à donner en général aux étages une hauteur de 10 à 25<sup>m</sup> dans les méthodes par tranches horizontales et par rabatage (quand on peut, dans cette dernière, faire plusieurs tranches).

Quelquefois, dans la méthode par tranches inclinées, on s'arrange pour conserver une partie des avantages d'une grande hauteur d'étages, et éviter une partie de ses inconvénients : on fractionne, comme à Montrambert, chaque étage en sous-étages que l'on prend en montant, et l'on arrive à donner aux étages 25<sup>m</sup> de hauteur, 50<sup>m</sup> de largeur.

### § 2. Proportion des traçages.

Il est important de réduire les traçages autant que possible ; ils retardent le défilage et diminuent la production moyenne par jour et le rendement moyen du piqueur. La proportion de leur cube au cube total varie beaucoup dans chaque méthode (voir aux annexes le tableau n° 1).

Elle est faible (moins de 10 p. 100) dans l'exploitation

sans remblai. Elle y diminue naturellement quand l'épaisseur augmente.

Elle va de 3 à 15 p. 100 dans la méthode par rabatage. Elle est faible quand les tranches sont hautes et les chantiers pris immédiatement entre les galeries à charbon et à remblai principales (première variante, la Mure, Bézenet). Elle est forte quand les tranches sont basses et divisées en piliers desservis à chaque niveau par une traverse (deuxième variante, Gransac, Montceau-les-Mines).

La proportion des traçages est élevée (15 à 20 p. 100) dans la méthode par tranches inclinées, si les étages sont petits et si l'on déplace les galeries à chaque tranche (la Péronnière, Firminy, Épinac, Montceau). Elle est basse (5 à 10 p. 100) si les étages sont hauts et si l'on utilise les mêmes galeries pour plusieurs tranches (Gransac, la Grand'Combe, Montrambert). Souvent, dans le premier cas, l'inconvénient que je signale n'est pas grand ; on trace sur une large section, comme à Firminy, ou l'on élève la galerie d'une tranche par un simple défilage, comme à la Péronnière ; d'une manière ou de l'autre, on augmente le rendement du piqueur au traçage.

Dans la méthode par tranches horizontales, on a peu de traçages (4 à 10 p. 100) lorsque la traversée horizontale est considérable et que l'on prend les fronts de taille à partir des voies principales (Commentry, — Montceau, puits Sainte-Élisabeth, — la Béraudière). La proportion augmente (15 à 30 p. 100) si la traversée horizontale diminue (Montceau, puits Sainte-Marie, — Campagnac, — la Péronnière, — Saint-Éloy), ou si l'on divise, avant le défilage, la tranche en piliers par un réseau de galeries secondaires (Campagnac, Decazeville, Saint-Éloy). Ici, chaque tranche a un traçage, et la hauteur de l'étage n'intervient pas. Le cube à prendre au traçage augmente beaucoup si le défilage commence par une rafente des piliers, comme au Creuzot, mais alors il s'agit d'un charbon friable, et le ren-

dement du piqueur est à peu près le même au traçage qu'au défilage.

Dans la méthode verticale, le traçage atteint une forte proportion (30 p. 100), mais le défilage procède aussi par petits chantiers et la différence est moindre.

Ainsi, dans presque toutes les méthodes, la proportion des traçages peut être faible. Il est naturel qu'elle augmente lorsque, avant le défilage, on divise le massif en petits piliers. On y est souvent conduit par le désir d'augmenter le nombre des chantiers et par suite la production. Souvent aussi les galeries de traçage durent moins longtemps si elles sont multipliées dans l'étage; c'est ce qui arrive dans la méthode par tranches inclinées, lorsqu'on déplace les galeries en passant d'une tranche à une autre.

## CHAPITRE II.

### ABATAGE.

#### § 1. Rendement du piqueur.

Le rendement du piqueur dépend surtout de la dureté du charbon et de sa structure. Toutes choses égales d'ailleurs, il est d'autant plus grand que le chantier est plus long, le charbon mieux dégagé, les plans naturels de division mieux utilisés. C'est ce qui explique la grande différence qui existe sous ce rapport entre le traçage et le défilage. D'une manière générale, le rendement du piqueur au défilage approche du double de son rendement au traçage. Lorsque le rapport de 2 à 1 est notablement dépassé, on peut ordinairement en conclure que les dispositions adoptées sont favorables à l'abatage. Le rapport se rapproche de 1, soit dans le cas de traçages très-larges comme à Firminy et à la Grand'Combe, soit dans celui de char-

bons friables et de chantiers de défilage étroits comme au Creuzot (voir aux annexes le tableau n° 1).

Dans l'examen du rendement au défilage, il faut tenir compte de ce fait que diverses occupations accessoires, le boisage, le chargement, quelquefois le roulage et même le remblayage, absorbent, dans un certain nombre de mines, une partie du temps du piqueur. Pour avoir des résultats à peu près comparables, je ramène tous les cas à celui du piqueur faisant l'abatage et le boisage au chantier, et cela seulement.  $P$  étant la production brute :

1° Si le boisage au chantier est fait par des ouvriers spéciaux,  $n$  étant le rapport du nombre des boiseurs à celui des piqueurs, la production corrigée est  $P \frac{1}{1+n}$ .

2° Si les piqueurs font le chargement, un homme chargeant environ 20 tonnes par jour, la production corrigée est  $\frac{P}{1 - \frac{P}{20}}$ .

3° Si les piqueurs font le remblayage, j'admets qu'un homme met en place 8 mètres cubes par jour;  $v$  étant le cube de remblai par tonne de houille, la production corrigée est  $\frac{P}{1 - \frac{vP}{8}}$ .

La méthode par foudroyage donne pour le rapport des productions au défilage et au traçage 3 ou 4; elle facilite donc l'abatage.

Dans la méthode par rabatage, le rapport est voisin de 2 quand les chantiers sont étroits et peu hauts (Cransac, Montceau-les-Mines); il se rapproche de 3 quand ils sont hauts et larges (la Mure, Bézenet). Il s'agit de charbons durs; la couronne dans cette méthode est suspendue au-dessus du vide et doit tomber facilement.

Dans la méthode par tranches inclinées, l'affaissement

des remblais fait fendre la couronne, et les divisions parallèles à la stratification, s'il y en a, aident à la détacher. S'il y a un clivage à angle droit sur elle, on en profite en la prenant pour direction du front de taille, autant que possible; souvent, quand on a des tailles un peu longues, on a aussi des traçages larges, et le rapport en question se rapproche de 1, mais le rendement absolu est grand. Les résultats les plus remarquables répondent à une couche de 12<sup>m</sup> et à des tailles de 14<sup>m</sup> de long (Montrambert). Presque partout la production augmente à mesure qu'on passe d'une tranche à une autre plus élevée; l'affaissement de la couronne étant plus grand, elle est plus fissurée. Quelquefois, cependant, lorsque le toit vient en charge tout d'une pièce, sans se briser, la deuxième tranche se serré vigoureusement sur les remblais et devient plus difficile à prendre que la première (la Grand'Combe).

Dans la méthode par tranches horizontales, l'abatage est souvent un peu moins facile; on n'est plus aidé par la stratification, ni d'ordinaire par le clivage. Le rapport du rendement au traçage et du rendement au défilage est généralement voisin de 2. Il devient plus grand, soit dans le cas de tailles très-longues (Commentry), soit quand avec un charbon friable on prend des traverses larges (la Béraudière, puits Dyèvre). Il est difficile, dans ce dernier cas, de donner une large section aux traçages. J'ai déjà dit que le rapport se rapproche de 1 dans le cas de charbons friables pris par recoupes étroites (le Creuzot). La facilité de l'abatage augmente encore ici, en général, quand on passe d'une tranche à une autre plus élevée.

La méthode verticale n'est pas favorable à l'abatage, les petits piliers excluent les grandes tailles. On y prévient les éboulements en n'ayant jamais que très-peu de vide à la fois; on procède par recoupes étroites; le rapport se tient vers 1,5.

Le rendement absolu au traçage varie, sauf quelques ex-

ceptions, entre 1<sup>t</sup>,2 et 2 tonnes pour les charbons durs, 2 et 5 tonnes pour les charbons tendres. Le rendement au défilage lui est lié par la relation que je viens d'indiquer. Le rendement moyen, qui augmente quand la proportion des traçages diminue, va de 1<sup>t</sup>,5 à 8 tonnes. L'emploi de grandes tailles pour les charbons durs et de petites recoupes pour les charbons friables tend à diminuer un peu l'écart des rendements correspondant aux deux cas; mais les charbons friables gardent un grand avantage quand on n'a pas trop à craindre l'incendie.

En résumé, la méthode par foudroyage l'emporte sur les autres au point de vue du rendement. Les trois méthodes par rabatage, par tranches inclinées et par tranches horizontales sont toutes les trois à peu près également favorables quand chacune d'elles est appliquée dans de bonnes conditions et d'une manière habile. Enfin, la méthode par tranches verticales a, sous ce rapport, une certaine infériorité.

#### § 2. Prix de l'abatage.

Le prix de l'abatage par tonne dépend de la production du piqueur et de son salaire moyen. Celui-ci varie, en général, de 3<sup>t</sup>,25 à 4<sup>t</sup>,50. Il est plus élevé dans la méthode par foudroyage, parce que les ouvriers y courent plus de dangers et doivent y être choisis avec plus de soin. Dans les autres méthodes, le salaire moyen augmente un peu avec la production, et, par suite, le prix de l'abatage n'est pas tout à fait en raison inverse du rendement moyen du piqueur. De même, en général, le piqueur gagne moins au traçage qu'au défilage, malgré le prix plus élevé qu'on attribue souvent alors à la benne et les primes d'avancement. Ainsi le prix moyen de l'abatage par tonne varie entre des limites plus restreintes que le rendement du piqueur. On peut dire comme moyenne qu'il va de 0<sup>t</sup>,70 à 1<sup>t</sup>,40 pour les charbons tendres, de 1<sup>t</sup>,20 à 2<sup>t</sup> pour les charbons durs.

Certains charbons tendres sont coûteux d'abatage parce qu'il faut y prendre des chantiers étroits. On n'arrive que par exception au prix de 5'; il correspond à des anthracites (la Mure) ou à des charbons très-durs avec feux supérieurs tendant à descendre et, par suite, chantiers étroits (Decazeville).

#### § 5. Organisation des chantiers.

Le mode d'organisation adopté n'est pas une suite nécessaire de la méthode, cependant il en dépend parfois en une certaine façon. Ainsi, dans la méthode par tranches inclinées et la méthode verticale, le charbon abattu n'est chargé qu'au bas du chantier ou d'une cheminée; ce sont les rouleurs qui font le chargement. Dans la méthode horizontale, au contraire, le charbon est chargé au chantier même et souvent les piqueurs font le chargement ou y prennent part. Mais toutes les méthodes laissent la liberté soit de diviser le travail en multipliant les catégories spéciales d'ouvriers (Firminy, Montrambert, etc...), soit de rendre aussi varié que possible le travail des mêmes hommes (la Grand'Combe, Cransac, etc...).

#### § 4. Qualité du produit.

On doit, en général, viser à obtenir la plus forte production possible de gros. Cela dépend surtout de la nature du charbon; cependant, les conditions où il est placé avant l'abatage et la façon dont il est abattu et transporté au point de chargement influent sur le classement du produit. Pour faire beaucoup de gros, il faut avoir des tailles larges, un massif bien dégagé, un havage soigné, quand on le peut; en outre, il faut éviter de faire rouler le charbon abattu sur un plan incliné, de le jeter à la pelle, surtout de le verser dans une cheminée. La proportion du gros est généralement plus forte au défilage qu'au traçage; c'est encore une raison pour restreindre les traçages.

La méthode par foudroyage donne des blocs volumineux qu'il faut souvent refendre pour pouvoir les charger. Elle est donc favorable à la production du gros.

La méthode par rabatage donne une partie au moins de la masse en gros blocs, puisque la première période du défilage dans un chantier n'est autre chose qu'un havage de grande hauteur. Mais, d'un autre côté, le charbon de la couronne tombe d'assez haut sur un talus où il glisse jusqu'au bas, il se brise et pique le remblai frais qui le salit en s'y mélangeant. Cependant elle offre entre les quantités de gros au traçage et au défilage un très-grand écart, ce qui doit lui donner un certain avantage (voir les nombres relevés à Montceau pour le puits Sainte-Marie et le puits Sainte-Élisabeth, annexe n° 3).

Dans la méthode par tranches inclinées, dès que l'inclinaison est un peu forte, les bennes ne viennent pas au chantier, le charbon glisse ou est jeté jusqu'à la galerie inférieure. Il y a encore là une perte de gros.

Dans la méthode par tranches horizontales, au contraire, le charbon abattu est chargé au chantier même sans que rien vienne le briser; c'est un avantage.

Dans la méthode verticale, on jette le charbon dans des cheminées, ce qui la rend peu recommandable si l'on tient à la production du gros.

Toutes les méthodes par remblais avec tranches prises successivement les unes au-dessus des autres, ont en outre un inconvénient commun: l'affaissement de la couronne sur les remblais de la fissure, et l'on voit la proportion du gros diminuer à mesure que l'on a pris plus de tranches (la Grand'Combe, mine du Ravin). Il faut donc, si l'on y tient, se borner à un petit nombre de tranches superposées et multiplier les étages.

C'est ici surtout que des comparaisons précises sont rares. Il faudrait les établir entre les proportions de gros au défilage dans des chantiers donnant la même propor-

tion de gros au traçage. Or, on tient rarement note de ce dernier chiffre.

Comme moyennes, on peut admettre que les charbons tendres donnent 5 à 10 p. 100 de gros (ou plutôt de purgé de menu), les charbons moyens 15 à 30 p. 100, les charbons durs 40 à 60 p. 100; les anthracites seuls dépassent 70 p. 100.

### CHAPITRE III.

#### PRODUCTION.

##### § 1. *Production journalière.*

L'activité de la production a une très-grande importance, au prix actuel de la houille surtout. Pour développer la production, on peut procéder de deux manières : multiplier les champs d'exploitation, ou augmenter la production d'un champ donné. On concilie les deux moyens quand c'est possible; mais souvent les circonstances locales obligent à se contenter d'un seul.

Dans les bassins de nos contrées montagneuses du centre et du sud, la houille affleure généralement. Tant qu'on exploite au-dessus du fond des vallées, le sortage du charbon, l'introduction des remblais, l'écoulement des eaux se font par des galeries. On peut donc multiplier, sans grands frais, les champs d'exploitation, autant que le permet l'étendue exploitable de la concession. On le peut encore, même avec des puits, quand ils n'ont pas une grande profondeur et ne coûtent pas cher. La population ouvrière est disséminée dans des villages répandus le long des vallées et ne se déplace pas facilement, d'autant plus qu'elle possède souvent de petites propriétés; il faut que le travail des mines aille, en quelque sorte, la chercher, en se mettant à proximité des villages. Alors l'ouvrier n'aura pas à abandonner sa maison et son champ, et si la mine est un

peu délaissée au moment de la récolte, on aura pour compensation des avantages hygiéniques et moraux qu'il est inutile de développer. En outre on évitera dans les travaux souterrains ces agglomérations d'ouvriers sur un espace restreint qui donnent aux accidents de si terribles proportions. Mais il faudra, pour ouvrir ainsi des champs multipliés, disposer de vastes concessions, de grandes étendues exploitables, avoir affaire à des couches peu inclinées et ne pas s'enfoncer beaucoup au-dessous du niveau des affleurements.

Quand au contraire les couches exploitables n'ont qu'une faible étendue en plan, quand elles se rapprochent de la verticale, quand il faut creuser des puits profonds et coûteux, surtout quand on a des morts terrains aquifères à traverser avant d'atteindre la houille, il faut, bon gré, mal gré, en venir à des champs d'exploitation peu nombreux et aussi actifs que possible. Ces conditions sont de celles qui se produisent à mesure que l'exploitation d'un bassin dure depuis plus longtemps. Aussi presque partout on a pu commencer par des découverts, puis des carrières souterraines dans la partie superficielle des gîtes; mais avec le temps il a fallu descendre à une plus grande profondeur, centraliser l'extraction et l'épuisement, par suite diminuer le nombre des champs d'exploitation et augmenter leur rendement.

Pour comparer les diverses méthodes au point de vue de l'activité de la production, j'ai calculé l'extraction journalière que donnerait chacune d'elles si on la supposait appliquée à un champ d'exploitation de 500 mètres de longueur (voir aux annexes le tableau n° 1). Les résultats trouvés dépendent naturellement de la production du piqueur et du nombre de piqueurs que l'on peut employer à la fois dans le champ pris comme terme de comparaison, c'est-à-dire du développement total de la ligne des fronts de taille. Chacune des méthodes par rabatage, par tran-

ches inclinées et par tranches horizontales peut, suivant les cas, se prêter à une activité plus ou moins grande. La méthode verticale ne semble pas se concilier avec une forte production. Quelques chiffres sont exagérés, parce qu'ils proviennent d'observations faites sur un champ de 40 à 50<sup>m</sup> de longueur, avec de longues tailles menées de front sur toute cette étendue; or on ne pourrait guère, sans danger, procéder ainsi pour une longueur de 500<sup>m</sup>. Si j'écarte ces nombres, j'arrive aux résultats suivants :

Dans la méthode par rabatage, la production journalière du champ de comparaison est de 250 à 450 tonnes; les nombres les plus bas correspondent aux chantiers en recoupe, les plus élevés aux chantiers en traverses;

Dans la méthode par tranches inclinées, cette production atteint 890 tonnes avec l'exploitation simultanée de quatre ou cinq tranches (Montrambert); avec une seule tranche, elle peut descendre à 125 ou 200 tonnes (Cransac, la Péronnière) et aller jusqu'à 400 et 425 (Firminy, Épinac);

Dans la méthode par tranches horizontales, on part des productions faibles, 85 à 150 tonnes (Campagnac, Cransac, la Péronnière); on trouve ensuite des productions moyennes, 175 à 250 tonnes (Commentry, Decazeville, le Creuzot); on arrive aux grandes productions, 440 tonnes (la Béraudière, puits Dyèvre), et près de 600 tonnes (Montceau-les-Mines, puits Sainte-Marie et Sainte-Élisabeth);

Dans la méthode verticale, on a 100 et 175 tonnes.

Quant à la méthode par foudroyage, elle ne peut atteindre une forte production que si elle s'applique à un champ étendu; car si l'on ne veut pas exagérer outre mesure le gaspillage et le péril, il faut ne laisser tomber le toit qu'en battant en retraite; par suite, on n'aura de chantiers que sur le périmètre du champ, au lieu qu'on peut, dans toutes les méthodes par remblais, les multiplier presque à volonté, dans l'intérieur de celui-ci.

### § 2. Production spécifique.

La production journalière du champ de comparaison n'est pas la vraie mesure de l'activité du déhouillement; elle dépend en effet, non-seulement de la longueur du champ, mais aussi de son étendue. Pour avoir une sorte de *production spécifique*, j'ai calculé dans chaque cas la production annuelle qui correspond à 1 mètre carré du champ d'exploitation (\*), c'est-à-dire de la surface sur laquelle sont répartis, à un moment donné, les chantiers d'abatage. J'ai pris comme production annuelle le produit par 500 de la production journalière d'un champ de 500 mètres; j'ai obtenu l'étendue du champ en multipliant 500 mètres par la traversée horizontale moyenne de la couche, pour les méthodes horizontales, par la largeur de l'étage, mesurée suivant la ligne de plus grande pente, pour la méthode par tranches inclinées; enfin j'ai divisé le premier nombre par le second. Les résultats ainsi trouvés donnent des indications sur la production journalière qu'on a chance de réaliser si l'on applique à une couche la méthode observée dans une couche de dureté analogue, pourvu que dans les deux cas les conditions de l'allure diffèrent assez peu.

J'écarte encore ici les résultats correspondant aux nombres exagérés dont j'ai parlé tout à l'heure. Alors on trouve des productions spécifiques variant de 1 à 17. On peut les grouper en quatre classes :

- De 1 à 3, productions spécifiques. . . . faibles.
- De 3 à 6, productions spécifiques. . . . moyennes.
- De 6 à 12, productions spécifiques. . . . fortes.
- Au-dessus de 12, productions spécifiques. . . exceptionnelles.

Dans la méthode par rabatage, la première variante

---

(\*) C'est M. Mire, ingénieur des mines de la Béraudière, qui m'a suggéré l'idée de calculer cet élément.

(chantiers en travers) donne une production spécifique forte, 7 à 10 (Cransac, couche de la Bifurcation et Bézenet). La deuxième variante (chantiers en direction) donne dans un cas (Cransac, couche de la Bifurcation) une valeur forte, 9,3; dans les autres (Montceau-les-Mines et Cransac, mine de la Balance) des valeurs faibles, 2,5 à 5.

Dans la méthode par tranches inclinées, on trouve quelques valeurs faibles ou moyennes, 1,9 (la Grand'Combe), 3,75 (Cransac, Petite couche); mais on a plus souvent des valeurs fortes ou même exceptionnelles, 11 ou 12 (la Péronnière, Montrambert), 16 ou 17 (Firminy, Épinac). Les chiffres les plus élevés correspondent à des étages d'assez faible hauteur, avec des chantiers nombreux et actifs répartis sur toute la longueur de la tranche.

Dans la méthode par tranches horizontales, la production spécifique ne monte pas aussi haut. Elle se tient dans les valeurs faibles, 1,5 à 3 (Commentry, Campagnac, Decazeville) ou moyennes, 3 à 5 (Montceau-les-Mines, puits Sainte-Marie et Sainte-Élisabeth, — Cransac, — la Péronnière, — la Béraudière, puits Dyèvre, — le Creuzot). Cette infériorité relative tient à plusieurs raisons. Par exemple on ne voit pas dans la méthode par tranches horizontales donner aux chantiers des largeurs aussi fortes, sauf dans le cas de longues tailles, et alors on agit sur un champ d'exploitation vaste, à grande traversée horizontale. Quelquefois on a de longs fronts de taille parallèles à la direction, et l'on trouverait une production spécifique de 13 ou même de 20 (Saint-Éloy, — la Béraudière, puits du Crêt-de-Mars), si l'on supposait à ces fronts de taille 500<sup>m</sup> de longueur; mais les dangers d'incendie, d'éboulement, etc., obligent à se tenir bien loin de ce nombre.

La méthode verticale est celle qui donne la production spécifique la plus faible, 1 seulement.

La production spécifique dépend : 1° du rendement du piqueur; 2° du nombre de piqueurs que l'on peut placer

sur une étendue donnée du champ d'exploitation. Le second élément dépend lui-même du développement total des fronts de taille par mètre du champ et de l'espace qu'on assigne à chaque piqueur. Ce dernier varie un peu avec le mode d'organisation des chantiers; il est subordonné surtout à la facilité plus ou moins grande avec laquelle on recrute le personnel des piqueurs. On met deux piqueurs sur un front de taille de 2<sup>m</sup> ou 2<sup>m</sup>,50 dans presque tous les traçages, et quelquefois dans les dépilages, surtout lorsqu'il s'agit de charbons durs que l'on abat principalement à la poudre (Cransac, couche de la Bifurcation, et Petite couche, — Decazeville); l'homme a besoin alors de moins de place que s'il travaille au pic. Mais le plus souvent, dans le dépilage, on assigne à choquer homme une largeur de 2 à 4<sup>m</sup>; c'est le moyen de tirer le meilleur parti d'un personnel insuffisant. Dans la méthode par foudroyage, on écarte les hommes bien plus encore: ils peuvent ainsi faire tomber la couronne en gros blocs sans que l'éboulement compromette les voisins.

Le développement total des fronts de taille varie beaucoup avec les détails de la méthode. Si on le compare à la surface du champ d'exploitation, on trouve, pour 1<sup>m</sup> courant de front de taille (voir aux annexes le tableau n° 1):

Dans la méthode par rabatage, 75 à 125 mètres carrés avec le dépilage par traverses (Cransac, couche de la Bifurcation, — Bézenet), 225 à 400 mètres carrés avec le dépilage par recoupes (Montceau-les-Mines, — Cransac, mine de la Balance);

Dans la méthode par tranches inclinées, 20 à 100 mètres carrés en général (la Péronnière, Firminy, Épinac, Montrambert), 125 à 160 mètres carrés au plus (Cransac, Petite couche, — la Grand'Combe);

Dans la méthode par tranches horizontales, rarement moins de 100 mètres carrés (Montceau-les-Mines, puits Sainte-Marie et Sainte-Élisabeth, — Saint-Éloy), 125 à

200 mètres carrés en moyenne (Campagnac, — Gransac, — la Péronnière, — la Béraudière, puits Dyèvre, — le Creuzot) et jusqu'à 300 mètres carrés (Decazeville) et 500 mètres carrés (Commentry);

Dans la méthode verticale, 300 à 550 mètres carrés.

Ainsi, quand on cherche à obtenir la plus grande production possible sur un espace restreint, la méthode par tranches inclinées a un avantage marqué; les méthodes par rabatage et par tranches horizontales viennent ensuite, chacune laissant à cet égard une grande latitude; la méthode verticale est la moins avantageuse.

Quant au nombre des piqueurs que l'on occupe sur un espace donné, il varie bien davantage, puisqu'il dépend de deux éléments, dont un, l'espacement des piqueurs, est subordonné à des considérations auxquelles le choix de la méthode est étranger. On a en général par piqueur :

Dans la méthode par rabatage (dépilage par traverses) et dans la méthode par tranches inclinées, 75 à 200 mètres carrés;

Dans la méthode par tranches horizontales, 200 à 500 mètres carrés;

Dans la méthode par rabatage (dépilage par recoupes), 400 à 500 mètres carrés;

Dans la méthode verticale, 600 à 700 mètres carrés;

Par exception, dans la méthode par tranches inclinées, 600 mètres carrés (la Grand'Combe), et dans la méthode par tranches horizontales, 1.100 mètres carrés (Commentry).

#### § 5. *Durée du déhouillement.*

Il n'y a pas d'élément plus variable. Le temps que l'on met à prendre une tranche dépend de sa hauteur et de la production journalière. De même, la durée d'un étage dépend du nombre de tranches qu'il comprend et de la durée de la tranche. Dans les charbons très-exposés aux incendies, il ne faudra pas que l'étage et par suite la tranche

dure trop. Dans les autres cas, il ne faudra pas mener les tranches trop lentement, sous peine d'augmenter les frais d'entretien des galeries; la durée des étages aura moins d'importance. Je continue à supposer, pour la comparaison, que le champ a 500<sup>m</sup> de longueur (voir aux annexes le tableau n° 1).

Dans la méthode par foudroyage, on a pour la durée des étages 1 an 1/2 à 2 ans ou 2 ans 1/2; mais pour peu que le charbon soit inflammable, on n'ira pas jusqu'au bout sans incendie.

Dans la méthode par rabatage, les tranches ont 4 à 6<sup>m</sup> de hauteur; elles durent de 4 mois à 2 ans et parfois bien plus (la Mure). Quelquefois les étages n'ont qu'une tranche; quelquefois ils en ont plusieurs et durent 4 ou 6 ans. Cela dépend du nombre de tranches qu'on peut superposer.

Dans la méthode par tranches inclinées, les tranches durent ordinairement peu, 35 à 100 jours (la Péronnière, Firminy, Épinac). Les étages, même avec dépilage successif des diverses tranches, ne durent que 6 mois à 1 an, sauf une exception (la Grand'Combe, 4 ans 1/2). C'est évidemment là un avantage au point de vue de l'entretien des galeries et de l'incendie.

Dans la méthode par tranches horizontales, il est rare qu'on prenne une tranche en 4 ou 6 mois; d'ordinaire on y met 8 à 20 mois. Quant à l'étage, la durée moyenne est de 2 ans à 4 ou 5 ans, quelquefois plus (Commentry).

Enfin, dans la méthode verticale, la durée des tranches, et celle des étages à proportion, est bien plus longue que partout ailleurs.

Tous ces calculs relatifs à la durée du déhouillement supposent un dépilage marchant régulièrement avec un nombre constant de piqueurs et un rendement moyen uniforme; ils ne tiennent pas compte des retards qui peuvent

se produire. Par conséquent, les résultats n'ont qu'une valeur comparative. Ils seront augmentés assez fortement dans la pratique.

## CHAPITRE IV.

## PERFECTION DU DÉHOUILLEMENT.

La méthode par foudroyage, quand elle s'applique à une couche très-dure de 3 mètres de puissance, permet un déhouillement complet (la Mure); mais quand il s'agit de couches plus puissantes, d'un charbon sujet à se fissurer et à s'enflammer, l'incendie vient presque toujours interrompre le dépilage. On essaye plus tard de rentrer dans les quartiers où il s'est produit, mais on ne les exploite jamais qu'imparfaitement. On évalue la perte à Montceau à 30 p. 100 au moins de la masse totale.

Les méthodes par remblais donnent théoriquement un déhouillement complet, mais en pratique on ne le réalise pas toujours. Ainsi, lorsqu'on laisse des piliers de protection le long des galeries de roulage, des plans inclinés, etc..., on cherche bien à enlever ces piliers une fois le champ d'exploitation terminé, mais on y trouve le charbon brisé, le toit fendu et très-difficile à soutenir; l'incendie a une grande tendance à s'y déclarer, et l'on ne peut souvent en retirer qu'une partie. De même, quand on prend un certain nombre de tranches les unes au-dessus des autres, il reste au haut de l'étage, par suite des tassements inégaux qui se produisent alors au mur et au toit, un prisme triangulaire de charbon brisé et irrégulier; en général, quelle que soit la méthode adoptée pour le reste de l'étage, on enlève ce prisme par une méthode horizontale plus ou moins rudimentaire: dans ces conditions, sous des remblais disloqués, on fait toujours des pertes.

Il est fort difficile de comparer à ce point de vue les diverses méthodes par remblais. Les pertes varient d'un quar-

tier à l'autre de la même mine; quand elles sont dues aux feux, ceux-ci se produisent plus ou moins tôt. D'un autre côté, il est rare que l'on puisse obtenir une évaluation des pertes: on ne trouve pas toujours une méthode pratiquée depuis un temps assez long pour qu'il y ait des observations faites à cet égard; puis on ne se résigne guère à regarder comme définitivement abandonnée une région où il reste de la houille. Je citerai seulement les nombres suivants: à Montceau, dans l'exploitation par rabatage du puits Sainte-Élisabeth, la tranche étant prise sous des remblais de mauvaise qualité, on perd une croûte de 0<sup>m</sup>,50 à la couronne, et, une fois sur dix, le prisme de 2<sup>m</sup> de large qui supporte la galerie supérieure, soit 12 p. 100; dans l'exploitation par tranches horizontales des puits Sainte-Marie et Sainte-Élisabeth, on estime la perte à 5 p. 100. On peut sans doute s'en tenir à ce dernier chiffre pour les méthodes par remblais appliquées dans de bonnes conditions. On gagne donc pour une couche de 6 à 8<sup>m</sup>, en les substituant à la méthode par foudroyage, au moins 25 p. 100 de la masse totale.

En général, soit  $v$  le prix de vente,  $a$  le prix de revient sans remblai,  $r$  le prix du remblai par tonne,  $b$  et  $b'$  les pertes en unités p. 100 par foudroyage et avec remblais, le bénéfice net sera dans un cas:

$$(100 - b)(v - a);$$

dans l'autre:

$$(100 - b')(v - a - r),$$

et il y aura profit à remblayer si l'on a:

$$\frac{100 - b'}{b - b'} r < v - a.$$

Avec les nombres précédents, si le remblai coûte 1<sup>f</sup> par tonne, l'emploi en est avantageux dès que le prix de vente dépasse de plus de 3<sup>f</sup>,80 le prix de revient sans remblai.

(Je suppose que le prix de revient, déduction faite du remblai, est le même de part et d'autre).

Pour éviter les pertes autant que possible, il faut donner aux étages une certaine hauteur, puisque la partie supérieure de chacun d'eux est compromise, mais sans l'exagérer; il faut en outre s'abstenir tant qu'on le peut de laisser des piliers de protection, et surtout de les garder longtemps.

#### CHAPITRE V.

##### BOISAGE ET REMBLAYAGE.

###### § 1. Boisage.

Cet important élément du prix de revient dépend surtout de la nature de la couronne. Là encore une comparaison un peu précise des diverses méthodes est impossible (voir les exemples donnés aux annexes).

La méthode par foudroyage emploie peu de bois dans les dépilages, du moins à la Muré et à Montceau.

Dans les méthodes par remblais, on doit s'attendre à trouver les frais de boisage par tonne plus élevés qu'ils ne le sont dans l'exploitation des couches de 2 mètres de puissance. En effet, dès qu'on a pris une tranche dans un étage, on a une couronne plus ou moins fissurée et difficile à tenir; en outre les bois reposent sur un sol de remblais inégalement tassés dans lequel ils s'enfoncent souvent. Le premier inconvénient est d'autant plus sensible qu'on prend plus de tranches superposées, le second d'autant plus qu'on s'élève sur des remblais plus frais. Aussi, dans la méthode par rabatage et dans la méthode verticale, les frais de boisage sont élevés dès que le charbon n'est pas très-dur; les divers points de la couronne sont soutenus très-inégalement, ce qui donne des mouvements brusques au voisinage des derniers

chantiers remblayés; et les bois sont toujours placés sur du remblai plus ou moins frais. Dans les autres méthodes, le boisage du chantier est à peu près le même, toutes choses égales d'ailleurs; cependant, peut être, dans la méthode par tranches horizontales, la couronne, si la couche est presque verticale, pèse un peu plus sur les bois et ceux-ci ont un peu plus de tendance à entrer dans les remblais.

Souvent on peut, dans le remblayage, retirer une partie des bois. C'est ce qui a lieu surtout quand ils ne sont pas trop fortement chargés, par suite de la nature de la couronne ou du peu de temps qui s'écoule entre la formation et le remblayage d'un vide. Ainsi l'on pourra retirer plus de bois dans le cas de tailles un peu longues et de remblais se tenant toujours à une faible distance du front de taille que dans celui de recoupes remblayés seulement après leur entier achèvement.

La consommation de menu bois dépend souvent de la nature des parois; elle est forte en général quand on forme des prismes de remblai d'une certaine hauteur à côté desquels on vient travailler peu de temps après (méthode par rabatage et méthode verticale); il faut alors beaucoup de garnissages pour les maintenir, surtout quand on a comme remblai du sable ou du gravier.

On paye généralement, dans le centre et le sud de la France, les étais 0<sup>f</sup>,30 à 0<sup>f</sup>,60 le mètre courant. La pose soit par les piqueurs, soit par les boiseurs, revient à environ 1<sup>f</sup> ou 1<sup>f</sup>,20 par cadre. Si l'on ne fait pas resservir de vieux bois, la main-d'œuvre forme 1/3 à 2/5 de la dépense totale du boisage. On peut dire qu'on est dans des conditions favorables quand on ne dépense pas par tonne plus de 1<sup>m</sup>,50 de bois, ce qui donne 0<sup>f</sup>,30 de main-d'œuvre et environ 0<sup>f</sup>,60 de fournitures. On est encore dans la moyenne quand on consomme 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50 de bois par tonne, soit 0<sup>f</sup>,40 à 0<sup>f</sup>,60 de main-d'œuvre, 0<sup>f</sup>,75 à 1<sup>f</sup>,25 de fournitures. Les

frais de boisage deviennent exceptionnellement forts quand ils dépassent 2<sup>f</sup>. Quand on fait resservir environ un tiers des bois, la main-d'œuvre forme la moitié de la dépense totale.

Quant au boisage des galeries, on trouve en général qu'il est plus coûteux quand on a un réseau supérieur au-dessous du niveau duquel on vient dépiler ; c'est le cas dans les méthodes par rabatage, par tranches inclinées et dans la méthode verticale.

L'entretien des galeries devient plus difficile en général quand elles doivent subsister au milieu des remblais, surtout si ceux-ci se tassent beaucoup ; mais si l'on doit choisir entre un traçage précédant de longtemps le dépilage et des galeries à garder dans les remblais, on préfère souvent le second mal au premier ; c'est ainsi qu'à la Grand'-Combe (mine du Ravin) on fait marcher à la fois le traçage et le dépilage à partir du plan incliné, au lieu, comme autrefois, de tracer jusqu'à la limite et de dépiler en battant en retraite.

#### § 2. Remblayage.

Dans les exploitations par remblais, la nature des matériaux dont on dispose a souvent une certaine influence sur le choix de la méthode. Ainsi la méthode par rabatage conduit à mettre en place des prismes de remblai de 4 à 6 mètres de hauteur, à côté desquels on vient travailler ensuite ; sous peine de dépenser beaucoup de bois pour les maintenir et d'y réussir mal, il faut éviter d'employer ainsi des graviers, des sables ou autres matières incohérentes ; l'argile, au contraire, convient. De même si l'on a des incendies au-dessus de sa tête, un remblai argileux pourra les empêcher de descendre, tandis qu'ils traverseraient un remblai pierreux. L'argile est surtout indiquée pour le cas où l'on prend des étages peu élevés ; elle est bien plus aisée à maintenir en couronne que des pierres. Mais les pierres

et surtout les galets, mis en place avec soin, tassent bien moins que l'argile dont le volume se réduit de 50 p. 100 et plus. On les préférera donc, comme ménageant mieux la couronne, lorsqu'on prendra un certain nombre de tranches les unes au-dessus des autres.

Les remblais proviennent : 1° des nerfs de la couche et des entailles faites au rocher (du moins quand les matières ainsi obtenues ne sont pas spontanément inflammables) ; 2° de vides faits exprès, soit au jour, soit, très-rarement, à l'intérieur. La majeure partie des remblais sont pris dans des carrières. La descente se fait, soit par de simples balances, soit, quand la profondeur dépasse 2 ou 300 mètres, par des puits installés comme des puits d'extraction, dont la machine sert de frein ; l'usage de la contre-vapeur est utile dans ce cas. Je n'ai pas à insister sur ces points.

Je dirai un peu plus loin quelques mots du transport intérieur des remblais. Les bennes de remblai doivent être déchargées, autant que possible, au chantier. La mise en place est plus facile si les remblais tombent d'un niveau supérieur que s'ils viennent simplement à pied d'œuvre. Dans le premier cas une partie de ces remblais se placent d'eux-mêmes par le versement : c'est ce qui a lieu dans les méthodes par rabatage et par tranches inclinées (si l'inclinaison est un peu forte), et il y a là pour ces méthodes un certain avantage économique ; mais tout ce qui reste de vide au-dessus du niveau de la galerie à remblai doit forcément être bourré à la pelle.

Quand l'abatage se fait par des tailles un peu larges, le remblai suit le front de taille à quelque distance et avance en même temps que lui ; quand l'abatage se fait par des chantiers de la largeur d'une galerie, on est obligé de les pousser jusqu'au bout avant d'en commencer le remblayage, et d'attendre que celui-ci soit fini pour prendre une autre recoupe à côté. Dans ce second cas, le service est bien moins régulier, en même temps que le toit prend

plus de jeu avant d'être soutenu et que l'on dépense plus de bois; c'est ce qui est inévitable dans la méthode par rabatage et assez fréquent dans les autres quand elles s'appliquent à des charbons tendres.

La quantité de remblai qu'on emploie par tonne dépend de la nature du remblai, du soin avec lequel on le tasse et un peu du mode de paiement (à la benne mise en place ou au mètre cube de vide rempli). Toutes choses égales d'ailleurs, le remblayage est d'autant meilleur que la consommation de remblai par mètre cube de vide rempli est plus grande. Elle va de 6 à 9 hectolitres, ce qui fait 5 hectolitres à  $\frac{7}{10}$  hectol., 5 par tonne.

Le prix de l'hectolitre de remblai varie avec la facilité du piochage dans la carrière, la distance du point d'entrée aux chantiers et les moyens de transport employés, le mode et le soin de la mise en place. Le piochage et le chargement peuvent coûter de 0<sup>f</sup>,015 à 0<sup>f</sup>,08 l'hectolitre, la mise en place de 0<sup>f</sup>,025 à 0<sup>f</sup>,07; le roulage peut, suivant les cas, descendre à 0<sup>f</sup>,02 ou 0<sup>f</sup>,03 et monter à 0<sup>f</sup>,10 ou 0<sup>f</sup>,12. Somme toute, l'hectolitre revient à 0<sup>f</sup>,08 au moins et 0<sup>f</sup>,25 au plus. Pour une tonne de charbon, on a de 0<sup>f</sup>,45 à 1<sup>f</sup>,60 de remblai. Les nombres les plus fréquents vont de 0<sup>f</sup>,15 à 0<sup>f</sup>,20 l'hectolitre, de 0<sup>f</sup>,90 à 1<sup>f</sup>,20 par tonne de charbon.

Le travail de la mise en place est fait ordinairement par des remblayeurs spéciaux, quelquefois par les piqueurs. Il coûte plus cher dans ce dernier cas, les piqueurs étant moins vigoureux et moins exercés à ce genre d'ouvrage. La quantité mise en place par homme et par jour va de 60 à 150 hectolitres, suivant les ouvriers employés et la distance de l'endroit où ils prennent les bennes au front de taille; elle se tient très-souvent dans le voisinage de 100 hectolitres avec des remblayeurs spéciaux et le remblai rendu presque à pied d'œuvre, ce qui correspond à un prix de 0<sup>f</sup>,05 à 0<sup>f</sup>,04 par hectolitre.

## CHAPITRE VI.

## TRANSPORTS INTÉRIEURS.

Le transport intérieur du charbon se divise généralement en trois parties: 1<sup>o</sup> transport du front de taille au point de chargement des bennes; 2<sup>o</sup> transport du point de chargement à une galerie principale de roulage; 3<sup>o</sup> transport de la galerie principale jusqu'au jour ou jusqu'au fond du puits.

Ce dernier transport se fait presque toujours par chevaux, sauf dans le cas particulier où l'on peut l'effectuer par la seule action de la pesanteur (\*). Le tracé et l'écartement des voies principales de roulage sont déterminés par l'allure de la couche, la position du champ à exploiter, le prix des percements au rocher, plus que par la méthode adoptée.

Le chargement des bennes doit se faire autant que possible au front de taille. C'est ce qui a lieu d'ordinaire dans les méthodes par rabatage et par tranches horizontales. Dans la méthode par tranches inclinées, cela ne se peut plus guère dès que la pente dépasse 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,12. Alors si elle n'est pas assez forte pour que le charbon glisse de lui-même au bas du chantier, il faudra le faire rouler ou le jeter à la pelle, ce qui exigera, par exemple, un homme pour trois ou quatre piqueurs. Dans la méthode verticale, il faut brouetter le charbon à la cheminée et l'y verser.

Le transport des bennes à la galerie principale de roulage se fait par divers moyens. Souvent elles vont plus ou moins directement à une galerie d'étage qui aboutit à un

(\*) Les moyens de transport mécaniques, si usités en Angleterre, ne sont point employés dans nos bassins houillers du centre et du sud, et il semble que l'irrégularité des couches s'y oppose presque partout à leur introduction.

plan incliné au pied duquel passe la galerie principale. La première partie du trajet se fait dans des voies généralement sinueuses, à parement de remblais, par suite étroites et médiocrement entretenues; elles ne desservent qu'un ou deux chantiers chacune; on ne peut alors employer les chevaux. Le parcours doit donc être réduit autant que possible. Les galeries d'étage n'ont pas d'ordinaire une circulation assez active et une largeur assez grande pour occuper un cheval et sont desservies par des rouleurs; c'est une raison pour ne pas trop éloigner les plans inclinés les uns des autres. Il ne faut pas, d'un autre côté, les rapprocher trop, car chacun d'eux exige un certain personnel, trois jeunes gens au moins, quelle que soit la circulation.

Mais quand on le peut, on évite absolument les plans inclinés qui grèvent la tonne de 0',04 à 0',06 en manutention, entretien, etc., et qui obligent presque à employer des rouleurs dans les galeries d'étage. Si les conditions locales permettent de déplacer facilement les recettes, de racheter quelques différences de niveau par des rampes et d'avoir une production suffisante dans un étage, on peut se passer de plans inclinés. On y parviendrait souvent dans la méthode par rabatage, surtout quand les tranches ont 6 mètres de hauteur, et dans la méthode par tranches inclinées où toutes les tranches d'un étage ont leur pied sur le même plan horizontal. C'est rarement possible avec la méthode par tranches horizontales, où l'on change de niveau chaque fois qu'on passe d'une tranche à l'autre. Cependant j'ai cité des exemples où, avec quelques rampes, on arrive dans ce cas à faire prendre les bennes au chantier par les chevaux qui les mènent au puits sans rupture de charge (Commentry, — Montceau-les-Mines, puits Sainte-Élisabeth). Mais généralement, dans cette méthode, on est obligé, surtout quand on fait des galeries principales au rocher, de descendre dans chaque étage à partir de la deuxième ou de la troisième tranche tout le charbon au bas

de l'étage par des plans ou des balances, sinon il faudrait trop de travers-bancs.

Les bennes de remblai sont ordinairement menées par des chevaux à un plan incliné; de là elles vont aux chantiers, soit par un réseau de galeries établies au haut de l'étage, soit par les voies mêmes qui servent au sortage du charbon. Dans le second cas, il y a un peu moins de galeries à entretenir; mais on est presque astreint à ne pas faire le transport du remblai et celui du charbon aux mêmes heures; en outre, si les deux matières marchent en sens contraire, l'une va forcément à contre-pente. Aussi le double réseau de galeries existe-t-il généralement dans la méthode par rabatage, la méthode par tranches inclinées, la méthode verticale, souvent même il se retrouve dans la méthode par tranches horizontales; mais alors l'emploi de balances, de plans inclinés ou de bures pour descendre le remblai est inévitable, tandis que dans les deux premières méthodes on peut souvent s'en dispenser, ainsi que des rouleurs, aux mêmes conditions que dans le sortage du charbon.

Quant au prix du roulage, il dépend d'abord de la distance, ensuite de la pente et de l'état d'entretien des voies. Quand il y a deux réseaux distincts de galeries pour le sortage du charbon et l'arrivée des remblais, on peut combiner les pentes de telle sorte que les matières transportées aillent toujours en descendant. On peut compter alors 7 à 10 tonnes transportées à 100 mètres pour l'effet utile du rouleur, 500 à 500 tonnes transportées à 100 mètres pour celui du cheval. L'entretien des voies est meilleur, et par suite l'effet utile plus grand, quand le sol est plus solide. C'est un avantage de la méthode par tranches inclinées où la voie de fond de l'étage est portée par le massif vierge, sur la méthode horizontale où, sauf en première tranche, elle a un sol de remblai.

## CHAPITRE VII.

## AÉRAGE. — INCENDIES. — ACCIDENTS.

§ 1. *Aérage.*

Lorsqu'on a deux réseaux distincts de galeries, l'un pour le charbon, l'autre pour le remblai, le premier sert ordinairement à l'entrée de l'air, le second à la sortie; comme celui-ci est en général à un niveau supérieur, ce courant suit une marche ascensionnelle. On peut lui faire balayer les fronts de taille toutes les fois qu'ils vont transversalement d'une galerie à une autre ou qu'ils sont entre deux galeries parallèles à leur direction et marchent de l'une vers l'autre en s'appuyant d'un côté contre des remblais; il suffit dans ce dernier cas de ménager toujours un couloir entre le remblai et le massif. Cela sera facile dans les méthodes par tranches inclinées et par tranches horizontales, et dans la seconde période de la méthode par rabatage. Dans la première période de cette méthode et dans la méthode verticale, les chantiers ne peuvent guère être aérés que par diffusion. Il en est de même quand on a dans l'étage une seule galerie et que les tailles en partent pour aller aux remblais ou aux épontes, ce qui est le cas dans certaines méthodes par tranches horizontales (la Béraudière, le Creuzot). On devra s'imposer l'aérage direct dans les mines à grisou.

Je n'ai pas besoin d'insister sur l'utilité d'un remblayage complet pour diriger, répartir et conserver le courant.

§ 2. *Incendies.*

La plupart des couches puissantes sont exposées à s'enflammer spontanément. La méthode d'exploitation doit :

1° éviter de provoquer les feux; 2° permettre de leur faire leur part sans trop de perte, s'ils se déclarent. Souvent les parties supérieures de la couche sont criblées d'anciens incendies qui ont une grande tendance à se propager le long des fissures jusqu'aux travaux placés au-dessous, d'où une troisième condition à remplir, celle de ne pas les faire descendre.

Pour ne pas avoir d'incendie dans un champ d'exploitation une fois terminé, il faut y laisser aussi peu que possible de matières combustibles et d'accès à l'air. On tâche de déhouiller complètement, de retirer les bois, et l'on remplit les vides par un bon remblai.

Pour ne pas faire naître de feux pendant le défilage on doit, une fois la couronne brisée par le tassement des remblais inférieurs, venir vite la prendre sans lui laisser le temps de s'échauffer. La méthode par rabatage, si l'on prend des tranches successives les unes au-dessus des autres, ne le permet pas. Dans la méthode par tranches inclinées, on peut mener très-rapidement chaque tranche sur l'étendue d'un étage, et même dépiler à la fois plusieurs tranches superposées; on peut donc l'employer dans des couches inflammables, quand le nombre des tranches n'est pas trop grand. La méthode par tranches horizontales se plie fort bien aux exigences de cette situation; on y ménage la couronne à volonté en donnant peu de hauteur aux étages, en les réduisant même au besoin à une seule tranche. La méthode verticale est spécialement combinée pour amener l'enlèvement rapide de toute la masse dont le pied a été une fois déchaussé; elle convient pour des couches très-inflammables, pourvu qu'on ne l'applique pas sur une hauteur trop grande.

La descente des anciens incendies, quand on est verticalement au-dessous d'eux, est bien plus difficile à éviter. On a quelquefois réussi à la prévenir par l'emploi des rabatages ou de la méthode verticale; mais le procédé le

plus sûr quand on est près d'eux est la méthode horizontale par tranches prises en descendant. Cette méthode est celle qui permet le mieux de leur présenter un front étroit.

Pour pouvoir localiser un incendie qui se déclare, il est bon de diviser le champ d'exploitation en un certain nombre de piliers dont chacun peut être privé d'air par l'interception d'une galerie ou de deux, embranchées sur les voies principales et faciles à barrer, sans que celles-ci soient compromises (ce qui rappelle les *panneaux* des couches moyennes), on peut le faire dans toutes les méthodes (Montceau-les-Mines et Cransac pour la méthode par rabattage; Firminy et Montrambert pour la méthode par tranches inclinées; Montceau-les-Mines, puits Sainte-Marie et Sainte-Élisabeth, le Creuzot, pour la méthode par tranches horizontales; Decazeville et la Grand'Combe pour la méthode verticale). Dans les couches très-inflammables, lorsque l'on a en exploitation un champ très-étendu, on assure la circulation, quoi qu'il arrive, en perçant les galeries principales de roulage au rocher. Mais c'est une dépense d'au moins 0<sup>f</sup>,30 à 0<sup>f</sup>,40, sans tenir compte des frais indirects (augmentation des frais de roulage, etc.).

### § 3. *Accidents.*

La méthode par foudroyage est bien plus dangereuse que les méthodes par remblais, surtout si elle s'applique à une épaisseur un peu forte et à des charbons qui ne sont pas très-durs.

Parmi les méthodes par remblais, la méthode par rabattage augmente un peu les chances d'éboulement. Les résultats numériques que l'on m'a fournis dans les mines ne reposent pas sur des périodes assez longues, ni heureusement sur des accidents assez nombreux pour qu'on puisse les comparer.

Tout au plus peut-on prendre la moyenne générale des cas de mort et la rapprocher de la moyenne générale con-

statée sur l'ensemble des mines de France (pour 1864, la dernière année dont les résultats soient publiés).

CAS DE MORT PAR AN.	Pour un million	Sur
	de tonnes de houille.	10.000 ouvriers.
Grandes couches exploitées par remblai. . . . .	10	33
Moyenne générale de la France. . . . .	16	24

La proportion de la mortalité à la population ouvrière est plus forte dans le cas de couches puissantes où, malgré le remblayage, les éboulements sont plus fréquents; mais la proportion de la mortalité à l'extraction est moindre, parce que la production de l'ouvrier est à peu près double de la moyenne générale.

## CHAPITRE VIII.

### CHOIX D'UNE MÉTHODE.

Toutes les méthodes que j'ai passées en revue ont leurs avantages et leurs inconvénients; pour chacune d'elles il existe des conditions d'allure où les avantages sont plus marqués, les inconvénients moins sensibles. On ne peut donc en recommander ni en repousser aucune *à priori*. Dans chaque cas particulier il y aura un choix à faire, et ce sera l'étude du gîte et des circonstances locales qui le dictera. Une fois la méthode adoptée en principe, les détails dépendront des mêmes éléments et en outre des exigences générales d'une bonne exploitation. Il sera souvent difficile de satisfaire à toutes les conditions du problème, mais on cherchera, autant que possible, à ne trop s'écarter d'aucune d'elles.

#### § 1. *Exploitation sans remblais.*

*Méthode par foudroyage.* — Si la couche n'a pas plus de 3 ou 4 mètres de puissance et 20 à 25° d'inclinaison, si le

toit est solide, nettement détaché, exempt de toute disposition à s'enflammer; si le charbon est dur, difficile à abattre et ne tend pas lui-même, une fois tombé, à s'échauffer, enfin s'il n'y a pas de grisou, la méthode par foudroyage, appliquée avec soin, peut donner de bons résultats.

Les inconvénients sont alors fort atténués; la solidité du toit et du charbon, leur séparation nette, la faible hauteur laissée en couronne, rendent les éboulements prématurés plus rares et moins importants. Les mêmes raisons et l'absence d'inflammabilité suppriment à peu près les causes de perte.

Alors on profite des avantages de cette méthode: absence de remblai, abatage facile, forte production de gros, faible proportion de traçage, au total prix de revient peu élevé.

Mais il est rare, du moins en France, que toutes les conditions indiquées se trouvent réunies, et dès que l'une d'elles n'est pas remplie, les éboulements, les incendies, le danger et le gaspillage qu'ils entraînent obligent à renoncer à la méthode par foudroyage.

Si on peut l'appliquer, on aura le choix entre des dispositions assez variées. D'une manière générale, on évitera d'entretenir des galeries à travers les éboulements; on commencera donc par un traçage dans toute l'étendue du champ à exploiter, puis se plaçant dans le défilage à l'extrémité la plus éloignée du point de sortage, on battra en retraite vers lui. En second lieu, on procédera par fronts de taille aussi grands que possible. Enfin on arrangera ces fronts de taille en gradins pour rompre la ligne d'éboulement, et la brisée résultant de cet ensemble de gradins aura une direction générale intermédiaire entre celles des horizontales de la couche et celle de sa ligne de plus grande pente.

Le traçage se fera sur le mur. Généralement il divisera la couche en piliers longs. Les galeries seront parallèles à la direction dès que l'inclinaison sera de 10 ou 15° et abou-

tiront à un plan incliné; si l'inclinaison est moindre, elles pourront monter, suivant la ligne de pente ou obliquement, en s'embranchant sur une voie de fond. La largeur des piliers sera de 8, 10, 15<sup>m</sup>, suivant les cas. Si la couronne est très-solide, on pourra, une fois les galeries sorties des piles de protection, les mener larges, au grand profit de l'abatage.

Puis on dépilera. Généralement le front de taille sera perpendiculaire à la grande dimension du pilier. Il pourra lui être parallèle et s'appuyer d'un côté au massif, de l'autre aux éboulements; mais alors il sera presque nécessaire d'employer un moyen de soutènement, mur ou boisage, pour isoler ceux-ci du chantier. En même temps on rabattra la couronne des galeries de traçage.

L'air viendra par la galerie du fond, suivra les fronts de taille et s'échappera par le haut.

On pourrait, si on le voulait, diviser d'abord les piliers longs par des traçages transversaux; mais, sauf quelques traverses nécessaires pour l'aérage, cela ne ferait que fatiguer la couronne sans utilité.

On obtiendra ainsi, dans les conditions que j'ai indiquées, un déhoulement à peu près complet et très-économique. On n'aura pas à employer de bois de plus de 2<sup>m</sup> de longueur. Si l'on trouve à bon marché des bois de 3 ou 4<sup>m</sup>, l'épaisseur pourra être un peu plus grande; on disposera les tailles en gradins droits ou renversés et on les soutiendra. Si la couche fournit des remblais, on en profitera pour former des murs qui limiteront l'éboulement et l'empêcheront de gagner le chantier.

Mais les tailles étant toutes à la périphérie du champ d'exploitation, la production sera faible, à moins qu'on ne dispose d'un champ fort étendu.

#### § 2. Exploitation par remblais.

Dès que la puissance est supérieure à 3 ou 4<sup>m</sup> (sauf

dans le cas exceptionnel que je viens d'indiquer) ou l'inclinaison à 25°, dès que le toit n'est pas solide ou présente quelque inflammabilité, dès qu'il y a du grisou, il faut, sous peine de gaspillage et d'accidents, adopter une des méthodes par remblais, surtout au prix où est aujourd'hui le charbon. Le choix dépend encore de l'allure.

*Méthode par tranches inclinées.* — Si l'inclinaison ne dépasse pas 35 à 40°, la puissance 10 à 15<sup>m</sup>, suivant la résistance du charbon à l'écrasement et sa tendance à l'incendie, si celle-ci n'est pas trop grande, si l'allure a une certaine régularité, la méthode par tranches inclinées peut s'appliquer. Son emploi est favorisé par la présence d'un clivage facile suivant la stratification, ou mieux encore de nerfs réguliers.

Elle donne, comme avantages, une faible proportion de traçages, une grande latitude dans la conduite du défilage et le chiffre de la production, un boisage assez aisé, une organisation facile du roulage, une mise en place du remblai économique. Il faut restreindre la perte de gros pendant la descente du charbon le long des chantiers et surtout prendre garde aux incendies qui peuvent naître à la suite de l'affaissement de la couronne.

Les tranches auront 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50 d'épaisseur; on les prendra en montant, sous peine d'être toujours sous du remblai frais. Il y a deux cas à distinguer, suivant l'inclinaison, la puissance et l'inflammabilité.

*Premier cas.* — Si l'inclinaison ne dépasse pas 15 à 20° ou la puissance 6 à 8<sup>m</sup>, ou s'il n'y a pas à craindre l'incendie, on pourra, sans exagérer la hauteur de l'étage ou sans s'en préoccuper, lui donner une largeur (suivant la pente) de 100 à 200<sup>m</sup>. Chaque tranche sera traitée comme une plateure de 2<sup>m</sup> d'épaisseur à remblayage complet. La méthode par grandes tailles, suivant la direction, ne peut guère s'appliquer à une distance un peu grande de la voie du fond, parce qu'alors, pour

prendre plusieurs tranches à la fois, il faudrait faire passer les galeries à remblai de chacune d'elles au-dessus du chantier de la précédente. On aura donc toujours une disposition présentant en plan, à un moment donné, une série de piliers longs séparés par des galeries en direction. Chacun d'eux aura une largeur de 15 à 20 ou même 25<sup>m</sup>. Le remblai viendra de la galerie supérieure, le charbon s'en ira par la galerie inférieure. Un plan incliné desservira toutes les galeries. Si l'on ne tient pas à une production très-forte, on n'aura qu'un chantier par pilier. Alors le défilage partira du plan incliné et marchera vers la limite. Le traçage ne se fera jamais qu'à mesure; il pourra être large et la masse ne sera point fatiguée; les fronts de taille seront parallèles soit à la ligne de plus grande pente, soit à la direction, suivant la largeur qu'ils pourront avoir, les clivages, etc. Le remblai suivra à mesure en laissant un corridor pour le passage de l'air, du charbon, etc. Les bennes pourront venir au chantier se remplir et se vider, pourvu que la largeur du pilier ne soit pas trop grande, si l'inclinaison est un peu forte. Les piliers du haut seront les plus avancés. On prendra les diverses tranches à la fois, chacune d'elles ayant une certaine avance sur celle qui est au-dessus. Il suffira d'une direction pour deux tranches; les chantiers de la seconde lui seront reliés par de petites rampes. On avancera ainsi jusqu'à 100 ou 150<sup>m</sup> du plan incliné, distance qu'un rouleur avec un aide peut encore parcourir en une fois.

Chaque pilier ne donnant qu'un chantier, la production sera faible, à moins que l'on n'opère sur un champ très-étendu. On pourrait l'accroître en prenant sur chaque pilier plusieurs chantiers, mieux encore, si le charbon est dur, en attaquant chacun d'entre eux par une série de grandes tailles montantes. Mais on aurait plus de peine à répartir également le courant d'air: on fatiguerait bien plus le massif; enfin on s'interdirait la faculté de prendre à la fois

plusieurs tranches superposées. Si le charbon est trop friable, et surtout s'il est disposé à l'incendie, on se bornera à un chantier par pilier et à une faible production, ou l'on acceptera, dès que la pente le permettra, les dispositions que je vais maintenant indiquer.

*Deuxième cas.* — Si l'inclinaison dépasse 15 ou 20° et la puissance 6 ou 8<sup>m</sup>, si de plus il y a des chances d'incendie, on ne peut plus impunément avoir au-dessous d'une planche de charbon une hauteur de remblai presque égale à la traversée verticale de la couche. On ne doit pas s'exposer à un déhouillement lent de la masse une fois déchaussée, ni à l'invasion d'une grande surface par l'incendie. On divise par des plans horizontaux le quartier en étages et on les enlève successivement en descendant; chacun donne des tranches que l'on prend en montant. Les étages auront 5 à 10<sup>m</sup> de hauteur, de telle sorte que leur largeur (suivant la pente) soit de 12 à 15<sup>m</sup>. On limite ainsi la hauteur maximum de remblai sous du charbon à la hauteur de l'étage; on se donne les moyens de mener presque de front, dans chaque étage, l'exploitation des diverses tranches; enfin on restreint l'incendie, s'il éclate, à l'étendue de l'étage. Généralement la galerie à charbon sera sur le plan horizontal inférieur, près du toit, la galerie à remblai sous le plan horizontal supérieur, au mur. Chaque tranche sera en relation avec elles par des traverses. Si l'on prend à la fois plusieurs tranches, ce qui sera d'autant plus utile que la tendance à l'incendie sera plus grande, les galeries de niveau correspondantes seront obliques et devront être souvent remaniées. Chaque tranche sera, du reste, prise par tailles montantes ou couchées, aussi multipliées qu'il y aura lieu. Le remblai sera versé par la voie du haut. Le charbon roulera sur le talus formé par le mur jusqu'à la voie du bas. L'air viendra par le bas et s'en ira par le haut; il balayera directement les tailles, mais la difficulté de la répartition subsistera.

Quand dans le cas d'une faible inclinaison, le charbon est dur et la puissance ne dépasse pas 3 ou 4<sup>m</sup>, on peut, en conservant les traits généraux de l'exploitation par tranches inclinées (premier cas), enlever la deuxième tranche à mesure par un rabatage. Il faut que l'on ait des remblais argileux pouvant se soutenir, sans trop de difficulté, sur cette hauteur de 3 ou 4<sup>m</sup>.

Si l'inclinaison dépasse 40°, de sorte que les remblais aient une grande tendance à glisser, ou si l'allure est trop irrégulière pour que l'on ait des tranches de quelque étendue, ou si la puissance va au delà de 12 à 15<sup>m</sup> et oblige à exagérer le nombre des tranches, la méthode par tranches inclinées ne convient plus. La méthode par tranches horizontales pourrait toujours s'employer alors, mais dans certains cas on lui préfère la méthode par rabatage.

*Méthode par rabatage.* — Elle est indiquée si le charbon est dur, sans grisou, et si la traversée horizontale ne dépasse pas 25 à 30<sup>m</sup>. Il sera utile d'avoir un remblai argileux. L'exploitation marchera par larges traverses allant de l'une des directions principales à l'autre et prenant chacune 5 ou 6<sup>m</sup> de hauteur. On aura un abatage et un remblayage plus faciles, une forte production, une faible proportion de traçages. Les étages comprendront trois ou quatre tranches successives prises à partir du bas. Ils devront être hauts à cause des pertes qu'on fait dans le rabatage quand on a des remblais à la couronne. Dans chaque tranche on tracera au bas une direction à charbon, sous le toit, et au haut une direction à remblai, sur le mur. Les traverses de dépilage seront aussi multipliées qu'il y aura lieu. Elles auront 2<sup>m</sup>,50 à 3<sup>m</sup> de largeur; on laissera au besoin contre le remblai une croûte que l'on prendra en revenant; il vaudra mieux s'arranger pour n'avoir en paroi que du remblai tassé. L'aérage ne sera très-bon dans une traverse que pendant le rabatage.

*Méthode par tranches horizontales.* — Si la couche ne

remplit pas toutes les conditions particulières exigées pour l'application des méthodes par foudroyage, par tranches inclinées et par rabatage, si en même temps le charbon n'est pas assez friable et assez inflammable pour que l'emploi de la méthode verticale soit nécessaire, on aura recours à la méthode par tranches horizontales.

Les étages auront 15 à 20<sup>m</sup> de hauteur dans le cas général où l'on fera tous les traçages au charbon. Il y aura ainsi six à huit tranches de 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50; on tracera chacune d'elles pendant le dépilage de la précédente, au-dessus de la partie déjà remblayée. Quand on le pourra, on reliera par des rampes la tranche à un niveau inférieur à charbon et à un niveau supérieur à remblai servant pour tout l'étage. Si cela est trop onéreux, on descendra charbon et remblai par des plans inclinés, ou, si la circulation est active, par des balances. Il y aura avantage à éviter ainsi pour les remblais les manipulations supplémentaires qu'exige le versement dans un bure.

La disposition des travaux peut varier beaucoup. On procédera soit par grandes tailles de plus de 5 ou 6 mètres, soit par chantiers étroits.

*Premier cas. Grandes tailles.* — On emploiera les grandes tailles toutes les fois que la solidité du charbon le permettra. On y gagnera au point de vue de l'abatage, du roulage et de l'aérage, et l'on aura l'avantage d'un remblayage continu, suivant de près le front de taille. On pourra prendre celui-ci parallèle à la direction; il partira d'une galerie de ceinture tracée le long d'un des bords de la tranche. La disposition sera presque la même que dans le cas d'une plateure mince; le front de taille sera en créneaux, le remblai suivra par derrière, en laissant des galeries de roulage au milieu ou au bout des chantiers. La galerie de ceinture et les voies de roulage, sauf la première et la dernière, seront barrées par des portes, de telle sorte que le courant d'air passe le long du front de taille.

Si la traversée horizontale est considérable, la grande taille pourra être prise en travers. Tant que sa longueur ne dépassera pas 80 ou 100 mètres, il suffira de deux galeries de ceinture vers les bords de la tranche; le charbon sortira par l'une, le remblai viendra par l'autre. L'air fera le tour en suivant le front de taille. Si la longueur est plus grande, on ajoutera des galeries de direction intermédiaires. Les chevaux pourront venir jusqu'au chantier: d'où une grande économie dans le roulage. Quand la prudence l'exigera, on brisera le front de taille en créneaux; le roulage sera un peu moins aisé. La production par mètre carré du champ et par an sera généralement moindre ici qu'avec les grandes tailles en direction, les grandes tailles en travers devant être assez écartées les unes des autres.

*Deuxième cas. Chantiers étroits.* — Quand la solidité du charbon ne sera pas assez grande pour qu'on puisse tenir des chantiers de 5 à 6 mètres au moins de largeur, on procédera par chantiers plus étroits; ils seront généralement menés en travers, chacun d'eux étant pris à côté de remblais déjà tassés. Si on le peut, on donnera 3 ou 4 mètres de largeur à ces traverses, de manière à faire avancer le remblai à mesure en ne laissant qu'un corridor. Si le vide ne doit pas dépasser 2<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50, on tracera chaque traverse entièrement et on la remblayera ensuite en une fois.

Le traçage se composera simplement d'une galerie au milieu de la tranche, si l'aérage par diffusion suffit aux chantiers; sinon, on pourra prendre les traverses entre deux galeries de ceinture, en laissant toujours dans la mise en place des remblais un corridor entre la dernière pile et la masse.

Enfin, si la longueur à donner aux traverses semble trop grande pour la solidité de la couronne, on se contentera d'en tracer ce qu'il faudra pour diviser la tranche en piliers suffisamment étroits, et l'on prendra chacun d'eux par des

recoupes partant des traverses. On aura ainsi une bien plus forte proportion de traçages, de plus grandes difficultés de roulage, etc. Il ne faudra employer cette ressource que s'il est impossible de faire autrement.

**Traçage au rocher.** — On exécutera un traçage principal au rocher si l'on est très-exposé à l'incendie et si le champ d'exploitation a une longueur de 300 ou 400 mètres au moins qui permette de le diviser en plusieurs quartiers indépendants. Le traçage comprendra des galeries d'étage et des travers-bancs de quartier ; on les placera autant que possible dans le mur. Pour en diminuer le nombre, on donnera aux étages 20 ou 25 mètres de hauteur, aux quartiers 100 à 150 mètres de longueur. Il faudra, pour la descente des remblais et du charbon, des plans inclinés, ou mieux des balances, à partir de la troisième ou de la quatrième tranche. Du reste, les travaux seront disposés dans chaque tranche comme je viens de l'indiquer pour le cas des chantiers étroits. Les grandes tailles provoqueraient trop facilement l'incendie.

Le traçage au rocher peut s'appliquer aussi aux autres méthodes, mais alors il est encore plus coûteux.

**Méthode verticale.** — Si l'on a un charbon à la fois très-friable et très-inflammable et une inclinaison forte, l'incendie se déclare, dans la méthode par tranches horizontales, dès que l'on veut donner aux tranches quelque étendue. Alors il faut les restreindre beaucoup, c'est-à-dire recourir à la méthode verticale. Les étages auront 6 à 10 mètres de hauteur, les piliers 8 à 10 mètres de largeur. Chacun d'eux sera pris par tranches successives de 2 mètres communiquant par des cheminées avec le niveau supérieur à remblai et le niveau inférieur à charbon. Le défilage de la tranche se fera toujours par chantiers étroits communiquant par un bout de galerie avec les cheminées. On attaquera plusieurs étages à la fois en prenant un pilier dans chacun et donnant de l'avance à ceux du haut. J'ai déjà si-

gnalé les inconvénients graves de cette méthode, au point de vue de la production, du boisage, des transports, etc. Mais dans le cas exceptionnel que j'indique, elle est presque seule à permettre un bon déhouillement.

(Voir les ANNEXES, pages 162 à 166.)

AN-  
NEXES

TABLEAU N° 1. — DONNÉES NUMÉRIQUES

SUR LE TRAÇAGE, L'ABATAGE ET LA PRODUCTION.

MÉTHODES.	DÉSIGNATION DES MINES.	DIMENSIONS moyennes de la couche (A).			HAUTEUR DES ÉTAGES.	PROPORTION p. 100 du cube à enlever.		
		Pente.	Épaisseur.	Traversées horizontales.		au traçage.	au déplage.	
Par foudroyage.	La Motte (la Mure), couche des Trois bancs.	0,25	3,00	12,50	25,0	8,5	91,5	
	Montceau, puits Lucy.	0,30	12,00	40,00	33,0	4,7	95,3	
Par rabatage.	Cransac, le Fraysse, Bifurcation.	0,34	4,00	12,00	7,0	13,6	86,4	
	La Motte (la Mure), Grande couche.	9,00	13,00	13,20	28,0	3,6	96,4	
	Bézenet.	1,00	17,50	24,00	24,0	6,5	93,5	
	Montceau, puits Sainte-Elisabeth.	0,25	15,00	60,00	14,0	11,6	88,4	
Par tranches inclinées.	Montceau, la Balance.	0,23	32,00	150,00	4,5	9,2	90,8	
	Cransac, le Fraysse, Petite couche.	0,34	4,00	12,00	7,0	10,0	90,0	
	La Péronnière, puits Saint-Camille.	0,20	10,00	58,00	2,5	14,0	86,0	
	La Grand'Combe, mine du Ravin.	0,13	6,00	52,00	62,0(1)	9,0	91,0	
	Montceau, puits Lucy.	0,30	12,00	40,00	33,0	18,0	82,0	
	Firminy, puits Monterrad n° 2.	0,52	8,00	21,00	7,0	18,4	81,6	
	Epinac, puits Fontaine-Bonnard.	0,66	8,00	15,00	10,0	16,0	84,0	
	Montrambert, puits Devillainne.	0,6	12,00	24,00	25,0	5,3	91,7	
	Par tranches horizontales.	Commentry	0,14	12,00	90,00	20,0	4,2	95,8
		Montceau, puits Sainte-Marie.	0,25	13,00	50,00	16,0	15,5	84,5
— puits Sainte-Elisabeth.		—	13,00	100,00	15,0	9,8	90,2	
Campagnac.		0,25	7,50	30,00	2,5	22,4	77,6	
Decazeville, mine de Bourran.		0,11	32,00	150,00(9)	2,5	28,8	71,2	
Cransac, le Fraysse, Grande couche.		0,34	20,00	60,00	6,0	7,3	92,7	
— couche du Toit.		0,34	7,00	21,00	6,0	12,8	87,2	
La Péronnière, puits Saint-Camille.		0,75	10,00	15,00	10,0	16,7	83,3	
Saint-Eloy.		6,00	29,00	30,00	15,0	29,4	70,6	
La Béraudière, puits Dyèvre.		Vertic.	48,00	48,00	14,0	4,0	96,0	
— puits du Cret-de-Mars.	1,00	34,00	48,00	14,0	4,0	96,0		
Verticale.	Le Creuzot.	Vertic.	22,00	22,00	20,0	47,8	52,2	
	Montceau, puits Sainte-Eugénie.	0,45	17,00	42,00	14,0	—	—	
Verticale.	Decazeville, mine de Bourran.	0,11	32,00	150,00(9)	6,0	30,4	69,6	
	La Grand'Combe, dressant de Fournier.	1,00	17,00	23,00	10,0	29,0	71,0	

## OBSER-

(A) Les dimensions moyennes sont relatives uniquement aux quartiers pris pour exemples et figurés dans les planches.

(B) Les nombres marqués \* sont très-douteux.

(C) Les corrections faites à la production journalière moyenne sont celles que j'indique page 125.

(1) C'est la hauteur du quartier exploité par piliers longs.

(2) Le boisage au chantier est fait par des ouvriers spéciaux.

PRODUCTION journalière du piqueur (B)			PROPORTION p. 100		PRODUCTION JOURNALIÈRE d'un champ de 800 mètres.	PRODUCTION par mètre carré du champ et par an.	LONGUEUR TOTALE des fronts de taille.	SURFACE DU CHAMP par piqueur.	DURÉE du déhouillement	
au traçage.	au déplage (urnée).	moyenne (corrigée) (C).	de gros.	de menu.					d'une tranche.	d'un étage.
tonnes.	tonnes.	tonnes.			tonnes.	tonnes.	mètres.	m <sup>2</sup>	Jours.	Jours.
0,9	2,7	2,6	80	20	110	350,0	—	—	—	495
2,0	8,3	8,0	—	—	830	4,98	450,0	555	—	680
1,4	2,6	2,5	27	73	310	9,3	144,0	70	—	116
0,67	1,6 (3)	1,5	80	20	16 (7)	—	12,5 (7)	—	—	8 à 9 ans.
1,8	6,6	6,3	50	50	430	10,3	100,0	190	500	6 ans.
1,9	4,0	3,65	47	53	267	2,67	132,0	227	373	4 ans.
1,4	1,7 (3,4)	1,9	45	55	340	2,5 (5)	100,0	400	637	637
1,4	2,6 (4)	2,7	27	73	125	3,75	62,5	200	260	260
—	8,0	—	Var.	Var.	200	12,0	62,5	200	60	240
2,9	3,8	3,7	60	40	400	1,91	2.016,0	578	—	4 ans 1/2
—	—	—	—	—	—	—	56,0	—	—	—
5,0	5,2 (2)	4,0	8	92	425	17,0	98,0	89	34	136
1,8	3,6 (2)	2,3	20	80	400	16,0	362,5	67	57	171
3,0	8,2 (2)	6,3	5	95	890	10,7	776,0	231	—	297
2,6	5,8 (4)	7,3	10	90	232	1,6	90,0	1.125	405	11 ans.
1,7	3,0	2,8	52	48	388	2,9	364,0	317	248	5 ans.
1,5	2,9	2,3	—	—	576	3,46	600,0	250	237	5 ans.
2,6	4,1 (3)	4,6	—	—	85	2,55	50,0	400	228	228
1,4	2,2	1,95	45	55	216	2,16	170,0	300	394	394
1,2	2,6 (3,4)	3,3	27	73	179	1,78	200,0	450	4 ans.	4 ans.
1,2	2,0 (3,4)	2,7	27	73	131	3,9	125,0	200	489	489
—	3,0	—	Var.	Var.	104	4,0	50,0	300	264	2 ans 3/4
1,4	3,0 (3)	2,9	50	50	675	13,5	450,0	66	58	228
2,6	8,7 (2)	6,6	7	93	437	5,3	200,0	500	140	2 ans.
2,6	7,0 (2)	4,8	35	65	1.750	21,0	1.000,0	100	35	175
4,0	4,2 (2)	3,5	18	82	175	3,75	88,0	320	112	3 ans.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	2,5	2,2	45	55	109	1,05(6)	100,0	620	4 ans 1/2	4 ans 1/2
1,7	2,7 (3,4)	3,0	5	95	175	1,1	134,0	708	—	18 ans (8)

## VATIONS.

(3) Les piqueurs font le remblayage.

(4) Les piqueurs font le chargement.

(5) Le champ d'exploitation a 60 mètres de large.

(6) Le champ d'exploitation a 60 mètres de large environ.

(7) Il s'agit d'un seul étage.

(8) C'est la durée du déhouillement d'un quartier de 66 mètres de hauteur.

(9) C'est la traversée horizontale du champ d'exploitation.

## N° 2. — EXEMPLES DE FRAIS DE BOISAGE.

## MONTCEAU-LES-MINES.

PAR TONNE.

QUARTIERS.	MENUS bois.	CHANDELLES. — États.	TOTAL des bois.	MAIN- d'ŒUVRE.	TOTAL du boisage.
Sainte-Elisabeth (raba- tage) . . . . .	francs. 0,368	francs 0,922	francs. 1,29	francs. 0,57	francs. 1,86
(1) Sainte-Marie (tranches horizontales) . . . . .	0,165	0,68	0,843	0,675	1,52
(2) Sainte-Marie (tranches horizontales) . . . . .	0,188	0,407	0,595	0,322	0,917

(1) Quartier de Sainte-Hélène. — (2) Quartier de Maugrand.

## ÉPINAC. — PUISITS FONTAINE-BONNARD.

(Méthode par tranches inclinées.)

	UNITÉ.	PRIX de l'unité.	CONSOM- MATION par tonne.	FRAIS par tonne.
Chêne extra. . . . .	Mètre.	francs. 0,45	0,006	francs. 0,004
Chêne ordinaire. . . . .	—	0,35	0,2	0,069
Bois blanc ordinaire. . . . .	—	0,35	1,966	0,687
Barres de mine. . . . .	Mille.	46,00	0,00157	0,072
Fagots. . . . .	—	60,00	0,00034	0,02
Croutes, chêne. . . . .	Mètre.	0,10	0,19	0,02
Liteaux. . . . .	—	0,40	0,014	0,02
Bois divers. . . . .	»	»	»	0,07
Total. . . . .				0,962
Main-d'œuvre. . . . .	Journée.	3,34	0,164	0,54
Total par tonne. . . . .				1,502

## LA GRAND'COMBE.

Consommation de bois par tonne en mètres.

	MINE du ravin. (Tranches inclinées).	DRESSANT de Fournier. (Méthode verticale.)
Piquets pin. . . . .	0,87	0,43
Garnitures pin. . . . .	0,09	0,38
Garnitures diverses. . . . .	0,04	0,15
Piquets chêne. . . . .	»	0,05
Vieux piquets pin. . . . .	0,03	0,02
Ecoins. . . . .	0,01	0,06
Piquets pin de la forêt. . . . .	»	0,16

## N° 3. — EXEMPLE DE CLASSEMENT DU PRODUIT.

PROPORTION POUR 100.

MONTCEAU-LES-MINES. QUARTIERS.	AU TRAÇAGE.				AU DÉPILAGE.			
	Purgé de menu.	Menu.	Chauffé.	Rocher.	Purgé de menu.	Menu.	Chauffé.	Rocher.
Sainte-Elisabeth (raba- tage) . . . . .	30	57	10	3	44	43	10	3
(1) Sainte-Marie (tranches horizontales) . . . . .	47	42	8	3	51	37	9	3
(2) Sainte-Marie (tranches horizontales) . . . . .	41	49	8	2	40	51	7	2

(1) Quartier de Sainte-Hélène. — (2) Quartier de Maugrand.

## N° 4. — EXEMPLES DE FRAIS DE REMBLAYAGE.

## MONTCEAU-LES-MINES.

Par chariot de 4hectol,5 (depuis le moment où le cheval l'a quitté).

	SAINTE-ÉLISABETH. Rabatage.	SAINTE-MARIE. Tranches horizontales.
Roulage. . . . .	francs. 0,059	francs. 0,066
Mise en place. . . . .	Chariots jetés à . . . 0,10 — 19 0/0 Chariots relevés à 0,12 — 76,1 — Chariots à 2 jets } à 0,10 — 4,9 —	relevés à fr. 0/0 à 2 jets } à 0,13 — 100 de pelle } à 0,10 — 37
Total. . . . .	0,186	0,238

## ENSEMBLE DES FRAIS.

	SAINTE-ÉLISABETH. Rabatage.		SAINTE-MARIE (1). Tranches horizontales.	
	Par chariot.	Par tonne.	Par chariot.	Par tonne.
Piochage au jour, etc., descente.	fr. 0,22	fr. 0,275	fr. 0,392	fr. 0,61
Transport au fond. . . . .	0,057	0,071	0,238	0,37
Mise en place. . . . .	0,186	0,233	0,65	0,98
Main-d'œuvre totale. . . . .	0,463	0,579	0,19	0,302
Fournitures, réparations. . . . .	»	»	0,82	1,282
Total général. . . . .	»	»	»	»
Volume de remblai par tonne.	0 <sup>m</sup> 3,569		0 <sup>m</sup> 3,7	

(1) Les frais de remblayage sont à très-peu près les mêmes dans l'exploitation par tranches horizontales de Sainte-Elisabeth.

CRANSAC. — PETITE COUCHE (*rabatage*).

	PAR CHARIOT	PAR TONNE.
	DE 1 <sup>m</sup> 3.	
	fr.	fr.
Piochage au jour et chargement. . . . .	0,60	0,37
Roulage à 1.000 mètres. . . . .	0,23	0,14
Mise en place. {	Déchargement. . . . .	0,15
	2 jets de pelle 1/2 à 0',15. . . . .	0,375
	Murs de parement. . . . .	0,15
Total de la main-d'œuvre. . . . .	1,465	0,92

0<sup>m</sup>3,61 de remblai par tonne.

## EXPLICATION DES PLANCHES.

Les dessins représentent tous, sauf les *fig. 4, 5, 6* de la Pl. V, les types théoriques dont on se rapproche autant qu'on le peut dans l'exploitation des mines auxquelles ils se rapportent; les couches qui y figurent sont ramenées approximativement à leur allure moyenne.

## PLANCHE II.

- Fig. 1 à 4. — *La Mure, mine de la Motte-d'Aveillans, couche des Trois-Bancs*. — Ensemble de la méthode : Fig. 1, coupe; — fig. 2, plan. — Détails des chantiers : Fig. 3, coupe; — fig. 4, plan.
- Fig. 5 à 8. — *Bézenet*. — Ensemble de la méthode : Fig. 5, coupe; — fig. 6, coupe montrant la façon dont se présente la quatrième tranche. — Détails des chantiers : Fig. 7 et 8, coupes à divers moments du rabatage.

## PLANCHE III.

- Fig. 1 et 2. — *Bézenet* (suite). — Ensemble de la méthode : Fig. 1, plan. — Détails des chantiers : Fig. 2, plan.
- Fig. 3 à 6. — *La Grand-Combe, mine du Ravin*. — Ensemble de la méthode : Fig. 3, plan; — fig. 4, coupe. — Détails : Fig. 5, coupe du chantier; — fig. 6, coupe du faisceau de couches exploité.
- Fig. 7. — *Montrambert, puits Devillainne*. — Ensemble de la méthode; coupe.

## PLANCHE IV.

- Fig. 1 à 3. — *Montrambert, puits Devillainne* (suite). — Détails du chantier : Fig. 1, coupe par un chantier de première tranche; — fig. 2, coupe par un chantier de troisième tranche; — fig. 3, coupe en long.
- Fig. 4 à 6. — *Commentry*. — Ensemble de la méthode : Fig. 4, coupe;

- fig. 5, plan. — Détails des chantiers : Fig. 6, chantier en créneaux.
- Fig. 7 à 9. — *Montceau-les-Mines, puits Sainte-Élisabeth*. — Ensemble de la méthode : Fig. 7, coupe; — fig. 8, plan. — Détails du chantier : Fig. 9, plan.

## PLANCHE V.

- Fig. 1 à 3. — *Le Creuzot*. — Ensemble de la méthode : Fig. 1, coupe; — fig. 2, plan. — Détails du chantier : Fig. 3, plan.
- Fig. 4 à 8. — *La Grand-Combe, dressant de Fournier*. — Ensemble de la méthode : Fig. 4, coupe; — fig. 5, élévation; — fig. 6, plan. — Détails du chantier : Fig. 7, coupe; — fig. 8, plan.

## TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION, 47. — Des couches puissantes de houille en France, 48. — Aperçu historique, 48. — Classification des méthodes actuelles, 51. — Caractères d'une bonne méthode, 52. — Définitions, 54.

## PREMIÈRE PARTIE. — DESCRIPTION DES MÉTHODES.

- CHAP. I. MÉTHODE PAR FOUROYAGE. — § 1. *Généralités*, 55. — Description générale, 55. — Avantages et inconvénients, 55. — § 2. *Exemples*, 56. — *La Mure, la Motte-d'Aveillans, couche des Trois bancs*, 56. — *Montceau-les-Mines, puits Lucy*, 57.
- CHAP. II. MÉTHODE PAR RABATAGE. — § 1. *Généralités*, 59. — Description générale, 59. — Conditions que doit remplir la couche, 59. — Avantages et inconvénients, 60. — Manière d'appliquer la méthode, 61. — § 2. *Exemples*, 62. — *Cransac, mine du Fraysse, couche de la Bifurcation*, 62. — *La Mure, la Motte-d'Aveillans, Grande couche*, 63. — *Bézenet*, 64. — *Montceau-les-Mines, puits Sainte-Élisabeth*, 65. — *Cransac, mine de la Balance*, 67. § 3. — *Comparaison des variantes*, 68.
- CHAP. III. MÉTHODE PAR TRANCHES INCLINÉES. — § 1. *Généralités*, 70. — Description générale, 70. — Conditions que doit remplir la couche, 71. — Avantages et inconvénients, 72. — Manière d'appliquer la méthode, 74. § 2. *Exemples*, 75. — *Cransac, mine du Fraysse, Petite couche*, 75. — *La Péronnière, puits Saint-Camille*, 76. — *La Grand-Combe, mine du Ravin*, 77. — *Montceau-les-Mines, puits Lucy*, 81. — *Firminy, puits Monterrad n° 2*, 83. — *Epinac, puits Fontaine-Bonnard*, 86. — *Montrambert, puits Devillainne*, 87. — § 3. *Comparaison des variantes*, 89.
- CHAP. IV. MÉTHODE PAR TRANCHES HORIZONTALES. — § 1. *Généralités*, 91. —

Description générale, 91. — Conditions que doit remplir la couche, 92. — Avantages et inconvénients, 93. — Manière d'appliquer la méthode, 95. § 2. *Exemples*, 95. — Commentry, 95. — Montceau-les-Mines. puits Sainte-Marie, 98. — Montceau-les-Mines, puits Sainte-Elisabeth, 99. — Campagnac, 100. — Decazeville, mine de Bourran, 101. — Cransac, mine du Fraysse, Grande couche et couche du Toit, 103. — La Péronnière, puits Saint-Camille, 104. — Saint-Éloy, 104. — La Béraudière, puits Dyèvre et puits du Crêt-de-Mars, 105. — Le Creuzot, 107. — Montceau-les-Mines, puits Sainte-Eugénie, 110. — § 3. *Comparaison des variantes*, 112.

CHAP. V. MÉTHODE VERTICALE. — § 1. *Généralités*, 113. — Description générale, 113. — Conditions que doit remplir la couche, 114. — Avantages et inconvénients, 114. — Manière d'appliquer la méthode, 115. — § 2. *Exemples*, 115. — Decazeville, mine de Bourran, 115. — La Grand'Combe, dressant de Fournier, 116.

Remarques sur l'exploitation à ciel ouvert, 119.

## DEUXIÈME PARTIE. — COMPARAISON DES MÉTHODES.

CHAP. I. AMÉNAGEMENT ET TRAÇAGE. — § 1. *Aménagement*, 121. — § 2. *Proportion des traçages*, 122.

CHAP. II. ABATAGE. — § 1. *Rendement du piqueur*, 124. — § 2. *Prix de l'abatage*, 127. — § 3. *Organisation des chantiers*, 128. — § 4. *Qualité du produit*, 128.

CHAP. III. PRODUCTION. — § 1. *Production journalière*, 130. — § 2. *Production spécifique*, 133. — § 3. *Durée du déhouillement*, 136.

CHAP. IV. PERFECTION DU DÉHOUILLEMENT, 138.

CHAP. V. BOISAGE ET REMBLAYAGE. — § 1. *Boisage*, 140. — § 2. *Remblayage*, 142.

CHAP. VI. TRANSPORTS INTÉRIEURS, 145.

CHAP. VII. AÉRAGE, INCENDIES, ACCIDENTS. — § 1. *Aérage*, 148. — § 2. *Incendies*, 148. — § 3. *Accidents*, 150.

CHAP. VIII. CHOIX D'UNE MÉTHODE. — § 1. *Exploitation sans remblais*, 151. — Méthode par foudroyage, 151. — § 2. *Exploitation par remblais*, 153. — Méthode par tranches inclinées, 154. — Méthode par rabatage, 157. — Méthode par tranches horizontales, 157. — Méthode verticale, 160.

ANNEXES, 162.

EXPLICATION DES PLANCHES, 166.

## POUVOIR CALORIFIQUE ET CLASSIFICATION DES HOUILLES

Par M. L. GRUNER.

La valeur réelle d'une houille dépend de son *pouvoir calorifique* et d'un certain nombre de propriétés accessoires, parmi lesquelles il convient de citer : la *cohésion* ou *friabilité* (\*), la proportion ainsi que la nature chimique des *cendres*, et surtout ce que j'appellerai le *pouvoir agglomérant*, c'est-à-dire, la propriété grâce à laquelle le combustible se ramollit partiellement sous l'action de la chaleur, et peut même subir une véritable fusion.

Toute classification sérieuse et rationnelle des houilles devrait être basée sur l'*ensemble* de ces propriétés. Malheureusement on ne connaissait encore, jusque dans ces derniers temps, que d'une façon assez imparfaite le pouvoir calorifique réel des houilles.

On a cru pouvoir y suppléer par l'analyse élémentaire. Dulong a proposé la formule

$$P = 8080C + 34462 \left( H - \frac{O}{8} \right),$$

(\*) Les Allemands ont adopté le nom de *Transport-Fähigkeit*; c'est la propriété de pouvoir résister plus ou moins aux chocs sans se réduire en menu. Pour la mesurer, on met dans un tonneau en bois, pouvant tourner autour de son axe horizontal, 100 morceaux de houille du poids uniforme d'environ 500 grammes chaque.

Après cinquante tours d'une vitesse donnée, on criblé le contenu et mesure la proportion de gros qui reste. La marine française a également essayé la cohésion de la houille par ce procédé.

où P représente le pouvoir calorifique cherché, C le poids de carbone,  $\left(H - \frac{O}{8}\right)$  le poids de l'hydrogène *libre*, c'est-à-dire l'hydrogène *total*, moins celui que l'on suppose déjà brûlé en *eau* par l'oxygène que renferme la houille. Sans doute Dulong n'attribuait à cette formule qu'une sorte de valeur *industrielle*. Il savait fort bien que l'on ne pouvait, au point de vue calorifique, assimiler une combinaison chimique ternaire à un simple mélange de carbone et d'hydrogène, et que l'hydrogène n'était pas, dans la houille, simplement combiné à l'oxygène. Mais on croyait au moins à cette époque que le carbone et l'hydrogène, considérés comme corps simples, possédaient toujours le même pouvoir calorifique. On ignorait alors l'influence de la constitution moléculaire sur la calorificité des corps; on ne savait pas que la chaleur de combustion d'un corps, simple ou composé, est en général d'autant plus considérable que la condensation moléculaire est moins avancée.

Or il est établi aujourd'hui, par les travaux de MM. Favre et Silbermann, Regnault, Berthelot et autres, que la chaleur de combustion comme les chaleurs spécifiques varient avec la densité.

On sait que si le carbone, extrait du charbon de bois, développe. . . . .	8080
Le charbon des cornues à gaz, plus dense, n'en donne que. . . . .	8047
Le graphite naturel. . . . .	7797
et le diamant seulement. . . . .	7770
On sait aussi que le pouvoir calorifique du soufre <i>crystallisé</i> est de. . . . .	2262
tandis que celui du soufre <i>amorphe</i> , plus dense, coulé fondu dans l'eau, n'est que de. . . . .	2217

Il suit de là que, pour pouvoir appliquer la formule de Dulong aux houilles, il faudrait substituer au pouvoir calorifique de l'hydrogène *gazeux* celui de l'hydrogène *solidifié*; et, à la place du chiffre 8080, qui représente la cha-

leur de combustion d'un carbone dont la densité réelle est, d'après M. Violette, supérieure à *deux*, un nombre plus élevé correspondant à la *moindre* condensation du carbone dans les houilles. Je dirai bientôt quels nombres approximatifs il faudrait adopter pour l'hydrogène et le carbone, si l'on voulait se servir de la formule de Dulong. Pour le moment, je voudrais seulement faire remarquer que le procédé proposé par Berthier ne conduit pas plus que la formule de Dulong au pouvoir calorifique réel des combustibles. Ce procédé suppose, en effet, que la chaleur produite est proportionnelle à l'oxygène consommé, hypothèse qui fait également abstraction de l'état de condensation plus ou moins avancé des éléments combustibles.

Avant d'aller plus loin, citons encore l'exemple d'un combustible *composé*, dont le pouvoir calorifique varie également avec le degré de condensation moléculaire: je veux parler des nombreux hydrocarbures *isomères*, représentés par la formule  $C^{2n}H^{2n}$ , dont les chaleurs de combustion ont été déterminées par MM. Favre et Silbermann dès 1852 (\*).

	calories.
Le gaz oléfiant $C^2H_4$ donné. . . . .	11858
L'amylène $C^4H^{10}$ . . . . .	11491
Le paramylène $C^{20}H^{20}$ . . . . .	11503
Le carbure $C^{22}H^{22}$ . . . . .	11262
Le cétène $C^{32}H^{32}$ . . . . .	11118
Le métanylène $C^{40}H^{40}$ . . . . .	10928

De ces cinq derniers nombres, correspondant à des hydrocarbures liquides, MM. Favre et Silbermann ont pu conclure qu'à chaque nouvelle addition d'une molécule  $C^2H^2$ , la chaleur de combustion diminuait de  $37^{cal},48$  par unité de poids du composé.

La même diminution de pouvoir calorifique se manifeste dans les composés ternaires. Toute chaleur dégagée par le

(\*) *Annales de physique et de chimie*, 5<sup>e</sup> série, t. XXXIV.

fait de la condensation est irrévocablement perdue pour l'acte de la combustion. Or les houilles sont des composés ternaires *diversement* condensés, et c'est là ce qui fait que la simple analyse *élémentaire*, qui n'apprend rien sur le *mode* de combinaison, ne peut rien apprendre non plus sur leur pouvoir calorifique, et ne peut ainsi servir à apprécier leur valeur industrielle.

M. le professeur Stein (de Dresde) est même allé plus loin; il affirme, dans son travail sur les houilles de la Saxe (1857), page 11, « que l'analyse élémentaire n'apprend rien sur les propriétés réelles d'une houille ». Cette assertion me paraît cependant par trop absolue; elle est en opposition avec le travail si consciencieux de M. Regnault, qui conclut de ses analyses « que la composition élémentaire des houilles de la formation carbonifère ne varie, pour les houilles d'une même qualité, qu'entre des limites très-resserrées » (\*).

Cette divergence entre les conclusions des deux savants chimistes s'explique par la nature spéciale des houilles de la Saxe. Les unes, celles du bassin de *Plauen*, renferment en moyenne 22,5 p. 100 de cendres, et celles du bassin de *Flöha* même 44,87 p. 100; or, on sait que, dans ces conditions, l'analyse élémentaire *exacte* est impossible. Les autres, celles du bassin de *Zwickau*, contiennent toujours une proportion fort élevée de *fusain* minéral (*Russkohle*), dont la nature est, comme on sait, tout à fait anormale, le fusain contenant souvent plus de 10 p. 100 d'eau, tandis que la matière combustible proprement dite ne renferme guère plus de 3 à 3,5 p. 100 d'hydrogène, ce qui modifie nécessairement la composition moyenne, ainsi que les propriétés, des houilles ordinaires de ce bassin. On ne peut donc généraliser les conclusions de M. Stein; il faudrait se garder surtout de les étendre aux houilles plus pures

(\*) *Annales des mines*, 3<sup>e</sup> série, t. XII, p. 205.

des autres bassins. D'un autre côté, on ne saurait pas davantage admettre sans restrictions les conclusions opposées de M. Regnault. Il est aujourd'hui certain que la composition *élémentaire* des houilles ne s'accorde pas toujours avec leurs propriétés essentielles, c'est-à-dire avec leurs pouvoirs *agglomérant* et *calorifique*. Ce désaccord vient, en effet, de se manifester, d'une façon très-frappante, par la détermination directe du pouvoir calorifique de certaines houilles, détermination que l'on doit à MM. Scheurer-Kestner et Ch. Meunier, de Mulhouse (\*). Je dois ajouter que ces recherches scientifiques s'accordent d'ailleurs avec les résultats généraux des travaux entrepris, il y a quelques années, au point de vue industriel, soit par le docteur Brix de Berlin, soit par les soins de la marine de l'État, tant en Angleterre qu'en France.

En étudiant avec quelque attention l'ensemble de ces divers travaux, on arrive à cette conclusion, que j'avais déjà cru pouvoir tirer, il y a longtemps, de l'examen des houilles du bassin de la Loire, « que la valeur réelle d'une houille peut mieux être appréciée à l'aide de l'analyse immédiate que par l'analyse élémentaire » (\*\*). L'analyse *immédiate*, qui consiste à distiller les houilles dans une cornue et à en incinérer le résidu, permet, en effet, d'apprécier directement le pouvoir *agglomérant*, ainsi que la nature et la proportion des cendres. De plus il est facile de montrer, surtout à l'aide du travail de MM. Scheurer-Kestner et Meunier, que le pouvoir *calorifique* croît et décroît avec la proportion de *carbone fixe* laissé par la distillation. Cela est du moins vrai pour les houilles proprement dites, mais non pas toujours pour les anthracites et les lignites.

Le tableau suivant contient le résumé des recherches de MM. Scheurer-Kestner et Meunier. Il donne, dans une pre-

(\*) *Annales de physique et de chimie*, 4<sup>e</sup> série, t. XXI et XXVI.

(\*\*) *Annales des mines*, 5<sup>e</sup> série, t. II, p. 511.

mière colonne, le pouvoir calorifique réel; dans les suivantes, la composition élémentaire; puis les pouvoirs calorifiques calculés, soit d'après la loi de Dulong, soit d'après le carbone et l'hydrogène total contenus; enfin, dans la dernière, la proportion de coke ou de carbone fixe; le tout en faisant abstraction des cendres et en supposant les houilles séchées vers 110°.

ORIGINE des combustibles.	Pouvoir calorifique réel.	COMPOSITION des combustibles.			Pouvoir calorifique de C+H.	Pouvoir calorifique d'après la loi de Dulong.	Proportion de carbone fixe (ou charbon) par 100 de combustible sec et privé de cendres.
		C	H	O+Az			
Houille anthraciteuse du Creuzot.	9456	92,36	3,66	3,98	8724	8552	88,1
Houille maigre du puits Saint-Paul du Creuzot.	9263	90,79	4,24	4,97	8607	8683	93,2
Houille grasse à courte flamme du puits Chaptal du Creuzot.	9622	88,48	4,41	7,11	8670	8563	86,4
Houille grasse de Ronchamp se rapprochant des houilles à courte flamme (moyenne de quatre échantillons).	9077	88,32	4,79	6,89	8790	8494	73,0
Houille grasse d'Anzin (Nord).	9257	84,47	4,21	11,32	8277	7789	77,2
Houille grasse de Denain (Nord).	9050	83,94	4,43	11,63	8310	7810	70,3
Houille grasse à longue flamme de Duttweiler (Saarbrück).	8724	83,82	4,60	11,58	8358	7858	63,5
Houille grasse à longue flamme de Sultzbach (Saarbrück).	8603	83,35	5,17	14,48	8517	8024	64,4
Houille grasse à très-longue flamme de von der Heydt (Saarbrück).	8402	81,56	4,98	13,46	8306	7727	60,4
Houille sèche à longue flamme de Montceau (Saône-et-Loire), coke à demi agglutiné.	8325	78,58	5,23	16,19	8151	7455	60,6
Houille demi-sèche à longue flamme des couches supérieures de Friedrichsthal (Saarbrück). Le coke est peu agglutiné.	8457	78,97	4,67	16,36	7990	7287	58,5
Houille sèche à longue flamme de Louisenthal (Saarbrück). Coke non agglutiné.	8215	76,87	4,68	18,45	7824	7032	59,0
Lignite très-gras de Bohême ou lignite-bitume.	7924	76,58	8,27	15,15	9038	8387	25
Lignite gras de Manosque.	7363	70,57	5,14	23,99	7576	6542	48,8
Lignite sec de Manosque.	7006	66,31	4,85	28,84	7029	5788	46,8
Lignite sec du Rocher bleu.	6480	72,98	4,01	22,98	7289	6300	52,0
Bois fossile, passant au lignite (Bohême), ou bois bitumineux.	6358	66,51	4,72	28,77	7001	5760	50,4
Bois bitumineux, autre échantillon.	6311	67,60	4,55	27,85	7030	5831	51,4
Cellulose (C <sup>12</sup> . H <sup>10</sup> . O <sup>10</sup> ).	3622	44,44	6,17	49,39	5717	3580	28 à 30

Si maintenant nous comparons entre eux les divers

nombre que renferme ce tableau, nous constaterons sans peine que plusieurs houilles de composition presque identique ont des pouvoirs calorifiques fort différents, mais que les chaleurs de combustion augmentent et diminuent avec les proportions de coke et semblent ainsi dépendre surtout des éléments volatils. Ainsi la houille du puits Chaptal au Creuzot, et celle de Ronchamp renferment des proportions presque identiques de carbone et d'hydrogène :

Le Creuzot.	C. 88,48	H. 4,41	O. 7,11
Ronchamp.	C. 88,52	H. 4,78	O. 6,89

et cependant le pouvoir calorifique du premier combustible est de 9622, celui du second de 9077.

Mais aussi, malgré cette identité de composition, la houille du Creuzot ne fournit que 19,6 p. 100 de matières volatiles, lorsque celle de Ronchamp en donne 27 p. 100. La première est, d'après cela, une houille grasse à *courte flamme*, la seconde, une houille grasse *ordinaire*. Le mode de combinaison des éléments est tout autre dans les deux cas. L'hydrogène et l'oxygène emportent plus de carbone lorsqu'on distille la houille de Ronchamp; par suite, dans ce combustible, l'union des gaz avec le carbone est plus intime que dans celle du Creuzot; par suite aussi, au moment même où cette combinaison plus intime s'est constituée, une plus grande somme de chaleur fut dégagée et perdue. Plus la proportion de matières volatiles est considérable, moins le pouvoir calorifique est grand.

Comparons encore les deux houilles de notre bassin du Nord (Anzin et Denain) aux deux charbons de Duttweiler et de Sultzbach du bassin de Saarbrück. La composition *élémentaire* est peu différente :

HOUILLES DU NORD.		HOUILLES DE SAARBRÜCK.	
C. . . . .	83,94 et 84,47	Contre. . .	83,82 et 83,35
H. . . . .	4,43 — 4,21		51,77 — 51,78
O. . . . .	11,63 — 11,32		11,58 — 11,48
	<u>100,00</u> <u>100,00</u>		<u>100,00</u> <u>100,00</u>

tafidis que l'analyse *immédiate* donne :

matières volatiles 29,5 et 22,8	Contre. . .	36,5 et 35,6
et en coke 70,5 — 77,2		63,5 — 64,4
<u>100,0</u> <u>100,0</u>		<u>100,0</u> <u>100,0</u>

c'est-à-dire, que les houilles du Nord sont des charbons *gras ordinaires*, celle d'Anzin même presque un charbon à *courte flamme*, lorsque les deux houilles de Saarbrück sont des charbons *gras à longue flamme*.

Or les pouvoirs calorifiques sont respectivement :

POUR DENAIN.	ANZIN.	DUTTWEILER.	Saarbrück
9050	9257	8724	8603 calories.

On a donc ici encore, pour des compositions élémentaires fort semblables, des différences de calorificité variant de 500 à 600 calories, différences qui croissent et décroissent dans le même sens que les proportions de coke.

Enfin, en poursuivant encore l'examen du tableau, on voit aussi que, pour les autres houilles, le pouvoir calorifique varie dans le même sens que la teneur en carbone fixe.

Les charbons les plus pauvres en coke développent le moins de chaleur.

Ainsi le charbon

De von der Heydt laisse. . .	60,4 de coke et produit	8462	calories.
Celui de Friedrichsthal. . .	58,5 . . . . .	8457	
Celui de Montceau. . . . .	59,0 . . . . .	8325	
Celui de Louisenenthal. . .	60,6 . . . . .	8215	

Il y a cependant là aussi quelques anomalies. Louisenenthal et le Montceau (Saône-et-Loire), par exemple, développent moins de chaleur que le Friedrichsthal, tout en laissant plus de coke; et Louisenenthal fournit 247 calories de moins que Von der Heydt, quoique les proportions de coke soient presque identiques. Cela doit tenir très-probablement à la circonstance que, dans les matières volatiles elles-mêmes, les trois éléments ne sont pas toujours constitués de la même façon.

Malgré cela, il n'en est pas moins vrai que le pouvoir calorifique décroît d'une manière générale avec la proportion de coke, et que l'analyse immédiate peut ainsi conduire, d'une façon approximative, au pouvoir calorifique. Cependant il convient de faire remarquer encore que la proportion de coke décroît plus rapidement que le pouvoir calorifique. En comparant les extrêmes, on trouve

$$\text{Pour le rapport des pouvoirs calorifiques. . . } \frac{9622}{8215} = 1,17$$

$$\text{Et pour celui des proportions de coke. . . . } \frac{80,4}{59,0} = 1,56$$

Cette réserve faite, il n'en demeure pas moins vrai que l'analyse immédiate fournit une image plus vraie des propriétés essentielles des houilles (pouvoir calorifique, pouvoir agglomérant et cendres) que l'analyse élémentaire; et, comme elle exige d'ailleurs beaucoup moins de temps et d'habileté, elle est en tous cas préférable au point de vue industriel. J'ajouterai qu'en poursuivant l'étude des diverses classes de houille, j'aurai l'occasion de faire ressortir, par d'autres exemples encore, le contraste que présentent bien souvent entre elles l'analyse élémentaire et l'analyse immédiate.

Quant à présent, je voudrais appeler l'attention sur un autre fait qui se dégage aussi du tableau précédent :

Le pouvoir calorifique *réel* de tous les combustibles, à

part celui du lignite-bitumineux de Bohême qui, par sa forte dose en hydrogène, se rapproche des pétroles (\*), est non-seulement plus considérable que le pouvoir calorifique calculé d'après la formule de Dulong, mais encore, en ce qui concerne les anthracites et les houilles proprement dites, plus élevé que la somme des calories dues au carbone et à l'hydrogène total, pris à l'état isolé et abstraction faite de l'oxygène.

Ainsi la houille du puits Chaptal a donné 9622 calories, lorsque C+H correspondent à 8670.

La houille de Ronchamp fournit . . . . .	9077	contre	8790
La houille de Denain . . . . .	9050	contre	8510
La houille de Louisenthal . . . . .	8215	contre	7824
Etc., etc., etc.			

M. Scheurer-Kestner, frappé de cette apparente anomalie, en tire la conclusion que la combinaison du carbone et de l'hydrogène a dû se faire, dans les houilles, avec absorption de chaleur, à la façon des composés explosibles. Mais cette anomalie n'est réellement qu'apparente. La houille n'a aucun des caractères des substances explosibles, et si le pouvoir calorifique réel est supérieur au nombre calculé, cela provient uniquement, comme je l'ai fait remarquer déjà, de ce fait que l'on a recours pour le carbone au chiffre de 8080 calories, tandis qu'il faudrait prendre un nombre plus voisin de 11214, qui est le pouvoir calorifique théorique du carbone gazeux (\*\*). En tout cas il est évident, même

(\*) Le pétrole et les roches à pétrole forment une série tout à fait distincte des houilles. Ils sont caractérisés par une teneur fort élevée en hydrogène qui leur communique un pouvoir calorifique considérable, malgré la faible proportion de carbone fixe. Je classe, dans la série du pétrole, les bitumes solides, les lignites bitumineux de Bohême, le boghead d'Écosse, le jayet, certaines variétés de Cannel-coal, etc.

(\*\*) Voici comment on arrive au nombre de 11214 calories. On sait que le carbone développe 2473 calories, lorsqu'il se trans-

en ne considérant ce nombre de 11214 calories que comme le résultat d'une spéculation purement théorique, que le carbone peu condensé des houilles doit produire plus de chaleur que le carbone pur, extrait du charbon de bois. D'autre part, pour l'hydrogène solidifié, il faudrait choisir un nombre inférieur au chiffre 34462 calories qui correspond à l'hydrogène gazeux donnant de l'eau, prise également à l'état de gaz.

Il est facile de s'assurer que l'on arriverait à des valeurs moins éloignées de la vérité si l'on adoptait, par exemple, 9000 calories pour la chaleur de combustion du carbone de la houille, et 50.000 calories pour celle de l'hydrogène solidifié. On trouverait ainsi, en faisant abstraction de l'oxygène :

Pour la houille d'Anzin . . . . .	8865	au lieu de	9257
Pour la houille de Denain . . . . .	8885		9050
Pour la houille grasse à courte flamme du puits Chaptal du Creuzot . . . . .	9286		9622
Pour la houille de Ronchamp . . . . .	9585		9077
Pour la houille sèche de Montceau . . . . .	8641		8525
Pour la houille sèche de Louisenthal . . . . .	8522		8215

L'accord n'est cependant pas satisfaisant; on voit en particulier que le calcul donne des valeurs trop peu élevées pour les houilles riches en carbone fixe, et, au contraire, trop fortes pour celles qui laissent peu de coke.

forme en oxyde de carbone, et ce dernier gaz produit à son tour 8080 - 2475 = 5607 calories, lorsqu'il se combine avec un nouvel équivalent d'oxygène, c'est-à-dire qu'en apparence des quantités égales d'oxygène développent des quantités fort inégales de chaleur. Je dis en apparence, parce que, dans le premier cas, le carbone solide passe à l'état gazeux, tandis que, dans la combustion de l'oxyde de carbone, c'est du carbone déjà gazeux qui brûle. Or si l'on admet, avec M. Rankine, que la loi de Welther reste vraie dès que les réactions chimiques ne sont ni suivies ni accompagnées de changements d'état, on voit que l'excès de 5607 sur 2475, soit 5134 calories, doit précisément correspondre à la chaleur absorbée par la gazéification du carbone; par conséquent, le carbone gazeux développerait 8080 + 5134 = 11214 calories, s'il donnait directement de l'acide carbonique.

En résumé, il est évident que le mode de combinaison des éléments d'une houille est trop variable pour qu'il soit possible de déduire le pouvoir calorifique de la simple analyse élémentaire.

Il faut donc, ou déterminer directement par expérience le pouvoir calorifique de chaque espèce de houille, ou bien se contenter des moyennes auxquelles on arrive en combinant les expériences de Mulhouse, résumées dans le tableau précédent, avec les nombreux essais industriels faits à Berlin par M. le docteur Brix, et, en France ainsi qu'en Angleterre, par les marines de l'État.

Je donnerai les chiffres, auxquels on arrive ainsi, en faisant connaître les autres propriétés des diverses sortes de houille, et j'aborde dès maintenant l'étude proprement dite de ces combustibles minéraux.

On sait que tous les combustibles, sauf peut-être certains pétroles et certains graphites, sont d'origine végétale. Les uns, comme le bois et la tourbe, se forment encore journellement sous nos yeux; les autres, les combustibles minéraux, depuis longtemps enfouis dans le sein de la terre, ont subi des modifications qui ont profondément altéré leur nature première: la couleur est graduellement passée du blanc au brun et au noir. La densité a plus que doublé. L'oxygène et l'hydrogène ont disparu en partie, entraînant avec eux un peu de carbone. L'oxygène surtout se trouve éliminé, en sorte que le combustible solide, ainsi modifié, contient, en général, d'autant plus de carbone et d'autant moins d'oxygène que l'altération est plus avancée.

En consultant les analyses élémentaires, on constate que dans la substance ligneuse pure, la cellulose, la proportion d'oxygène surpasse d'un dixième celle du carbone, tandis que dans les combustibles les plus altérés, les anthracites,

elle n'atteint que le quarantième de la teneur en carbone. La décroissance relative de l'hydrogène est sensible aussi quoique beaucoup moins prononcée. Dans la cellulose, on trouve par 1000 de carbone 139 d'hydrogène; dans les houilles, il en reste 75 à 40; dans les anthracites 40 à 15.

Enfin, comme l'oxygène disparaît plus rapidement que l'hydrogène, les divers combustibles peuvent surtout être caractérisés par le rapport de  $\frac{O}{H}$  (\*), ou encore par la proportion de charbon que fournit la distillation du combustible supposé sec et sans cendres.

Je résume ces données dans le tableau suivant, destiné, bien entendu, à marquer les types; car ici, comme en toutes choses, il n'y a pas de règle sans exception; et, au fond, les divers combustibles forment une série parfaitement continue depuis le bois jusqu'au graphite.

NOMS DES COMBUSTIBLES.	RAPPORT	PROPORTION de charbon fourni par le combustible sec et pur.
	de $\frac{O}{H}$ ou de $\frac{O + Az}{H}$	
Dans la cellulose pure, on trouve. . . . .	8	0,28 à 0,30
Dans les bois (cellulose et matière incrustante). . . . .	7	0,30 à 0,35
Dans les tourbes et les bois fossiles. . . . .	6 à 5	0,35 à 0,40
Dans les lignites proprement dits (1). . . . .	5	0,40 à 0,50
Dans les houilles. . . . .	4 à 1	0,50 à 0,90
Dans les anthracites. . . . .	1 à 0,75	0,90 à 0,92

(1) Mais non dans les lignites bitumineux, qui se rapprochent des pétroles, et sont, comme eux, exceptionnellement riches en hydrogène.

Parmi ces combustibles, les houilles sont de beaucoup les plus importants; ce sont les seuls dont je m'occuperai ici.

La densité des houilles pures, peu chargées de cendres, est comprise entre 1,25 et 1,35; les plus riches en carbone

(\*) Ou le rapport  $\frac{O + Az}{H}$ ; mais la proportion d'azote est toujours très-faible.

sont les plus denses. Le poids du mètre cube en morceaux varie de 700 à 900 kilogrammes.

Les houilles comprennent des combustibles de propriétés variées. Au point de vue industriel, on peut distinguer *cinq types*, dont les caractères sont nettement tranchés; mais là aussi il y a passage graduel d'un type à l'autre; on peut hésiter, quant à la classe, lorsqu'on arrive aux combustibles *limites*, servant de passage d'un type à l'autre.

La composition élémentaire des houilles est comprise entre les chiffres extrêmes que voici :

Carbone . . . . .	75 à 93
Hydrogène . . . . .	6 à 4
Oxygène (y compris l'azote) . . . . .	19 à 5

100

Les cinq types sont caractérisés dans le tableau ci-joint; c'est la classification dont j'ai fait usage, depuis longtemps, dans mon *Cours de métallurgie*; c'est le résumé des nombreux essais ou analyses, dont le détail sera donné dans la description proprement dite de chacun des types.

NOMS des cinq types ou classes.	COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE.			RAPPORT de $\frac{O}{H}$ (1)	PROPOR- TION de charbon fourni par la distillation.	NATURE et aspect du charbon obtenu.
	C	H	O (1)			
Houilles sèches à longue flamme . . . . .	75 à 80	5,5 à 4,5	19,5 à 15	4 à 3	0,50 à 0,60	Pulvérisent ou tout au plus fritté.
Houilles grasses à longue flamme, ou charbons à gaz . . . . .	80 à 85	5,8 à 5	14,2 à 10	3 à 2	0,60 à 0,68	Fondu, mais très- fendillé.
Houilles grasses propre- ment dites, ou charbons de forge . . . . .	84 à 89	5 à 5,5	11 à 5,5	2 à 1	0,68 à 0,74	Fondu, moyenne- ment compacte.
Houilles grasses à courte flamme, ou charbons à coke . . . . .	88 à 91	5,5 à 4,5	6,5 à 5,5	1	0,74 à 0,82	Fondu, très-com- pacte, peu fendillé.
Houilles maigres ou an- thraciteuses . . . . .	90 à 93	4,5 à 4	5,5 à 3	1	0,82 à 0,90	Fritté ou pulvéri- sant.

(1) L'oxygène comprend en réalité l'azote, mais la proportion d'azote dépasse rarement 1 p. 100 du poids des combustibles.

Cette classification diffère peu de celle de M. Regnault. Mes trois premiers types correspondent aux trois premiers genres de ce savant. La différence porte sur les deux derniers. Je sépare complètement les houilles des anthracites proprement dites, et je laisse dans la classe des houilles *maigres* les charbons dont le coke conserve encore une certaine tendance à se friter. Je nomme les houilles du quatrième type *grasses à courte flamme* et non *houilles fortes et dures*, pour éviter tout équivoque. On sait que les houilles à courte flamme sont appelées *dures* par M. Regnault, d'après la qualification adoptée dans le Nord, parce qu'elles *durent* au feu, tandis qu'au fond, comme on le verra, ces houilles sont les plus tendres et les plus friables de toutes.

J'insiste aussi sur la différence à établir entre les houilles *sèches* et les houilles *maigres*. Le plus souvent, on emploie indifféremment l'un et l'autre terme pour désigner par là un charbon *non collant*. Je propose, pour éviter toute confusion, de réserver le mot de *sec* pour le premier type, où l'absence du pouvoir agglomérant est dû, comme dans les lignites, à la forte proportion d'oxygène, et d'appliquer par contre le terme de *maigre* uniquement aux houilles peu grasses qui passent aux anthracites, par suite de la forte teneur en carbone et de la faible proportion d'hydrogène. On remarquera encore que cette classification est surtout basée sur l'analyse *immédiate*, c'est-à-dire sur la proportion et la nature du résidu de la distillation, qui correspond, d'ailleurs, comme je l'ai montré, au pouvoir calorifique. Les colonnes, qui donnent la composition élémentaire, montrent cependant, en allant du premier type au dernier, un accroissement graduel du carbone et une décroissance correspondante de l'oxygène, mais on constate, en même temps, qu'il n'y a pas toujours concordance réelle. Ainsi, certaines houilles à *longue flamme* renferment plus de carbone et moins d'oxygène que plusieurs charbons de *forge*,

qui laissent cependant une proportion plus forte de coke. Ces anomalies tiennent, comme on l'a vu, au mode de combinaison si varié des éléments et à leur degré de condensation plus ou moins avancé.

Les cinq types de houille se reconnaissent déjà, jusqu'à un certain point, par les caractères extérieurs; mais il convient pourtant, si l'on veut éviter toute erreur, de les soumettre à l'analyse immédiate. Les houilles à longue flamme, voisines des lignites, sont relativement dures, sonores au choc, tenaces, à cassure inégale, d'un noir mat, et à poussière plutôt brune que noire. A mesure que l'oxygène diminue et que, par suite, la proportion d'eau, fournie par la distillation, tend à décroître, on voit la houille devenir plus friable, moins sonore, plus noire et plus dense. L'éclat augmente surtout avec la proportion d'hydrogène, et, avec l'hydrogène aussi, le pouvoir agglomérant. Enfin, les houilles qui passent aux anthracites sont d'un noir pur, et de nouveau, en général, un peu moins tendres que les houilles grasses à courte flamme.

Ces diverses propriétés sont, au reste, notablement modifiées par les éléments terreux. La densité et la dureté croissent avec la teneur en cendres, tandis que l'éclat tend à diminuer.

La combustibilité et l'étendue de la flamme dépendent des éléments volatils. Les houilles voisines des lignites s'enflamment aisément, elles brûlent avec flamme longue et fuligineuse; on les appelle *flambantes*. Celles qui sont peu riches en matières volatiles, et surtout en hydrogène, s'enflamment et brûlent moins facilement; elles se consomment plus lentement; elles *durent* au feu; la flamme est d'ailleurs courte et peu enfumée.

La combustibilité des houilles dépend aussi de la nature des cendres. Lorsqu'elles sont ferrugineuses et calcaires, elles encrassent et empâtent les grilles sous forme de *mâchefer*. Les cendres, purement argileuses ou siliceuses, res-

sent pulvérulentes et gênent beaucoup moins la combustion. Dans les cendres argileuses, on rencontre pourtant presque toujours, comme dans les argiles les plus réfractaires, une faible proportion de potasse ou de soude. Le phosphate de chaux s'y montre également (\*) et contribue, avec les alcalis, à donner aux cendres des houilles des propriétés fertilisantes.

La classification ci-dessus adoptée s'accorde non-seulement avec le pouvoir calorifique, mais encore, jusqu'à un certain point, avec l'âge géologique. Ainsi, dans la plupart des bassins houillers, on constate que les couches supérieures sont plus riches en matières volatiles que les couches inférieures. Cependant, cela n'est vrai que pour les couches d'un même bassin, et il faut de plus ajouter pour les couches qui se succèdent le long d'une même verticale; car les houilles varient souvent d'un bassin à un autre, et, de plus, dans un bassin donné et dans une même couche, en passant de l'un des bords du bassin à l'autre. Ainsi la grande couche de Rive-de-Gier est à longue flamme vers l'extrémité orientale du bassin et anthraciteuse à son extrémité occidentale. Dans le pays de Galles, les houilles sont grasses à l'est, maigres à l'ouest. Dans le bassin d'Ahun (Creuse), une même couche fournit du charbon maigre vers le milieu du bassin, et du charbon gras aux deux extrémités, à moins de 3000 mètres de la partie médiane, etc., etc. Ainsi encore les houilles d'Écosse sont à longue flamme et sèches, quoique appartenant à la formation houillère inférieure, et les houilles des Alpes sont anthraciteuses même dans les parties les plus modernes du terrain carbonifère.

Passons maintenant de ces généralités à l'étude spéciale des cinq types, en commençant par celui qui se rapproche le plus des lignites.

(\*) MM. Le Châtelier et L. Durand-Claye ont prouvé récemment que les cendres de certaines houilles tenaient parfois 0,50 et jusqu'à 1 p. 100 d'acide phosphorique.

## 1° Houilles sèches à longue flamme.

Ce type est caractérisé par la nature spéciale du coke. Lorsqu'on distille la houille en morceaux, les fragments se fendillent, mais conservent leur forme; en tout cas il n'y a ni fusion, ni agglomération, et lorsqu'on opère sur de la houille en poudre, le coke reste pulvérulent; c'est ce qu'exprime le nom de *Sand Kohle* (charbon sableux) donné à ces houilles par les Allemands. A la vérité, les houilles *maigres* de la cinquième classe donnent également un coke non déformé, ni aggloméré, mais les deux types ne sauraient se confondre, car les houilles sèches laissent au maximum 60 p. 100 de coke, et brûlent toujours avec flamme *longue* enfumée, tandis que les houilles *maigres* produisent pour le moins 80 p. 100 de coke, et, par cela même, une flamme *courte* et claire. Les premières ressemblent aux lignites secs, les dernières aux anthracites.

Les houilles sèches, comme les lignites secs, sont en général dures, compactes et peu friables, quoique d'une densité faible (1,25). Le poids du mètre cube en fragments est de 700 kilogrammes. La cassure est unie, ou conchoïdale, plus ou moins esquilleuse; de là le nom de *splintcoal* des Anglais. La couleur est rarement d'un noir pur, en tout cas la poussière est brune. Comme leur nom l'indique, ces charbons brûlent avec flamme et fumée abondantes; ce sont des charbons *flambants*.

La composition *élémentaire* moyenne des houilles sèches peut être représentée par :

Carbone. . . . .	75 à 80
Hydrogène. . . . .	5,5 à 4,5
Oxygène. . . . .	19,5 à 15,5

100

où le rapport  $\frac{O + Az}{H}$  est compris entre 4 et 5.

La composition *immédiate* est donnée par (\*) :

Charbon non aggloméré.

méré. . . . . 50 à 60

Eau ammoniacale. . . . . 12 à 5

Bitumé. . . . . 18 à 15

Gaz. . . . . 20 à 20

} matières volatiles  
50 à 40

100

D'après les essais de MM. Scheurer-Kesner et Ch. Meunier, le pouvoir calorifique des charbons secs à longue flamme, déduction faite des cendres, est en moyenne de 8200 à 8500 calories. Mais certains charbons, plus rapprochés des lignites, doivent développer au maximum 8000 calories; par contre, les houilles voisines des charbons gras doivent atteindre 8500 calories.

Les houilles tout à fait sèches sont rares en France. On ne peut guère citer que celle de Noroy dans les marnes irisées des Vosges. Dans le terrain houiller proprement dit, les houilles qui s'en approchent le plus donnent un coke légèrement *fritté*, formant la transition *aux houilles grasses* à longue flamme. Tels sont les charbons des couches les plus élevées de Blanzay et du Montceau (Saône-et-Loire), analysées par MM. Regnault et Scheurer-Kestner, les charbons des parties hautes des bassins de l'Allier et de l'Aveyron, et ceux du bassin de Saint-Eloi, dans le Puy-de-Dôme.

En Allemagne les charbons *secs* se rencontrent surtout dans la partie supérieure du bassin de la haute Silésie; on en trouve également à Saarbrück; mais là abondent plutôt, ainsi que dans la basse Silésie, les charbons à coke légèrement *fritté* (les *Sinter-Kohlen*) qui passent déjà aux charbons gras comme ceux de Blanzay.

Dans le Royaume-Uni, les charbons *secs* sont fournis par

(\*) Les compositions immédiates des divers types sont extraites de mon travail sur les houilles de la Loire. *Annales des mines*, 5<sup>e</sup> série, t. II.

l'Écosse, le Derbyshire, le Staffordshire, etc., où ils servent, en Écosse surtout, à l'état brut dans les hauts fourneaux. Dans les parties inférieures de ces mêmes bassins, on arrive graduellement, comme en Allemagne, aux charbons *mi-gras* à coke plus ou moins fritté.

Voici quelques analyses se rapportant à ce premier type :

ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles déduction faite des cendres.			Matières volatiles dans les houilles pures sans cendres	NATURE et aspect du coke.	OBSERVATIONS.
	C	H	O + A			
Composition moyenne de onze couches de la Haute-Silésie.	78,87	5,14	15,09	»	Pulvérulent ou très-peu fritté.	Analyses du docteur Heintz dans l'ouvrage de M. Brix.
Composition moyenne de trois couches de la mine Königin-Louise (Haute-Silésie).	80,39	5,16	14,45	»	Coke fritté.	Extrait du même ouvrage. Le charbon passe aux houilles grasses.
Houille de Hartley (New- castle).	79,54	5,63	14,83	39,05	Coke fritté.	Houille analysée par M. de Marsilly.
Houille sèche de Louisen- thal (Saarbrück).	76,87	4,68	18,45	41 0/0	Coke pulvérulent.	Analyse de M. Scheurer-Kes- ner, déjà citée page (174).
Composition moyenne des couches supérieu- res de Saarbrück.	75,75	4,87	19,38	41,90/0	Coke pulvérulent.	Analyses de M. Gash, de Saarbrück (1)
Houille très-dure de la mine Louise (Haute- Silésie).	74,16	5,57	20,27	»	Id.	Analyse du docteur Heintz.
Grande couche du Sud- Staffordshire, moyenne des quatre bancs.	78,00	4,79	17,21	»	Id.	Extrait de la métallurgie de M. Percy.
Houille de Blanzy, pa- reille à la houille du Montceau citée p. (174).	78,26	5,35	16,39	43 0/0	Légèrement fritté.	Analyse de M. Regnault.
Splintcoal d'Écosse, à la limite des charbons gras; moyenne de trois couches.	80,98	5,42	13,60	»	Coke fritté.	Extrait de la métallurgie du docteur Percy.
Moyenne du système su- périeur de Saarbrück.	75,75	4,87	19,38	45,51	Coke pulvérulent.	Analyses de M. Gash, ingé- nieur de l'usine à gaz de Saarbrück (1).

(1) Mémoire sur les houilles de Saarbrück, par M. Gash, t. XVI du Journal des mines de Berlin.

Ce tableau montre que les houilles commencent à devenir collantes dès que la proportion de carbone atteint 80 p. 100, et lorsque l'oxygène descend au-dessous de 15 p. 100.

Cette proportion-limite de 80 de carbone sur 15 d'oxygène et d'azote, correspond par suite aux charbons à coke fritté (*Sinter-Kohlen*), qui servent de lien entre les houilles sèches et les houilles grasses. Ces charbons-limites donnent à la calcination 40 à 41 p. 100 de matières volatiles.

Il convient de citer ici, comme variété spéciale de houille sèche à longue flamme, le charbon appelé *fusain* minéral en France, et *Russ-kohle* (charbon ayant l'apparence de la *suié*) en Allemagne.

Le fusain minéral est une substance tendre et friable, d'un noir terne, qui a l'apparence et la structure fibreuse d'une tige ligneuse carbonisée. En France ce fusain ne constitue jamais de véritables couches; il forme seulement des veines, de quelques millimètres d'épaisseur, dans le plan de séparation de deux bancs contigus de houille ordinaire d'une même couche. On ne les trouve d'ailleurs en général que vers les parties hautes des terrains houillers.

En Saxe ce fusain est beaucoup plus abondant, et caractérise certaines couches par sa profusion relative.

La *Russ-kohle* se distingue surtout par sa pauvreté en hydrogène, qui bien souvent ne dépasse pas 3 p. 100.

Sa composition est en moyenne, d'après le professeur Stein, de :

C. . . . .	76 à 82
H. . . . .	3,50 à 5
O + Az. . . . .	20,50 à 15

100

Avec une pareille teneur en hydrogène, on conçoit aisément que ces sortes de houilles ne puissent coller au feu. Le coke est entièrement pulvérulent; aussi, lorsqu'une

couche est formée, en proportions presque égales, de houille grasse ordinaire et de fusain minéral, il en résulte des mélanges qui se comportent d'une façon anormale lorsqu'on les soumet à la distillation. Cette circonstance explique plusieurs des anomalies singulières que l'on rencontre dans les analyses de M. le professeur Stein de Dresde, se rapportant aux bassins houillers de la Saxe.

La houille sèche de Louisenthal a donné à MM. Scheurer-Kestner et Meunier (pag. 174) 8215 calories, et la houille-limite du Montceau 8525 calories. Mais les extrêmes, comme je l'ai déjà dit, peuvent atteindre 8000 et 8500 calories.

Citons encore les expériences de vaporisation, entreprises par le docteur Brix à Berlin, en vue du pouvoir calorifique industriel, et celles dont M. Scheurer-Kestner s'est occupé, concurremment avec ses expériences calorimétriques proprement dites. (*Bulletin de la Société de Mulhouse*, 1868.)

ORIGINE des houilles.	PROPORTION d'eau.	PROPORTION de cendres.	POIDS D'EAU à 60° vaporisée par kilog. de houille brûlée.		OBSERVATIONS.
			Marchande.	Pure.	
	dans la houille par 100.		kilog.	kilog.	
Houille sèche de la mine Louise (Haute-Silésie) . . . . .	3,65	6,83	6,28	7,02	Expériences du docteur Brix. La vapeur s'échappe à 112° C.
Houille à coke fritté de la mine Gerhardt (Saarbrück) . . . . .	5,10	6,84	6,85	7,78	Id.
Houille sèche de la mine Léopold (Silésie supérieure) . . . . .	4,10	5,10	6,10	6,72	Id.
Houille sèche de Louisenthal (Saarbrück) . . . . .	3,57	12,28	6,06	7,29	Expériences de M. Scheurer-Kestner.
Houille sèche du Montceau (Saône-et-Loire) . . . . .	4,97	10,28	6,20	7,41	Id.

Ainsi les houilles sèches proprement dites ne vaporisent guère plus de 6 kilogrammes à 6<sup>k</sup>,30 d'eau à la température de 112°; ou 6<sup>k</sup>,70 à 7<sup>k</sup>,50, lorsqu'on considère les houilles pures et sèches; tandis que, dans les mêmes circonstances, les bonnes houilles grasses à courte flamme

vaporisent, comme nous le verrons, 8 kilogrammes à 8<sup>k</sup>,50 à l'état marchand, ou 9 kilogrammes à 9<sup>k</sup>,50 lorsqu'on les suppose sans cendres ni eau. Si l'on voulait passer de ces unités aux calories proprement dites, il suffirait de les multiplier par 640, chiffre qui représente le nombre de calories absorbées par l'eau, quand on la chauffe depuis 0° jusqu'à l'état de vapeur à 112° centigrades.

Ces résultats s'accordent d'ailleurs avec les données fournies par des expériences analogues fort nombreuses, faites par les marines anglaise et française. Ces essais constatent tous la supériorité des charbons à courte flamme, et, en général, l'accroissement de pouvoir calorifique proportionnellement au coke fourni par la carbonisation.

Le pouvoir calorifique industriel des houilles sèches est, par suite, d'après ce qui précède, les trois quarts du pouvoir calorifique utile des houilles grasses à courte flamme.

C'est le même rapport que celui qui existe entre les proportions de coke: 55 à 75, et 60 à 80. Ce résultat confirme les conclusions déjà tirées des expériences calorimétriques de MM. Scheurer-Kestner et Meunier.

## 2° Houilles grasses à longue flamme, ou charbons à gaz.

Ce type diffère du précédent par la nature du coke. Lorsqu'on carbonise ces houilles, les fragments changent de forme et se fondent, ou bien, lorsqu'on opère sur de la poussière, les grains isolés s'agglomèrent en une masse unique plus ou moins poreuse. Entre les deux premiers types se trouvent les charbons-*limites*, dont le coke est simplement *fritté*, ou légèrement déformé: ce sont les *Sinter-Kohlen* des Allemands.

Les houilles grasses à longue flamme sont encore, en général, dures et tenaces, quoique déjà à un moindre degré

que les houilles sèches (\*). La cassure est plutôt lamelleuse qu'unie ou esquilleuse. La densité des fragments, peu chargés de cendres, est généralement comprise entre 1,28 et 1,50; le mètre cube en morceaux pèse 700 à 750 kilogrammes. La couleur est plus noire que celle des charbons secs, leur éclat plus vif.

Les houilles de ce type, comme leur nom l'indique, brûlent encore avec flamme et fumée abondantes; ce sont aussi des houilles *flambantes*, faciles à enflammer, brûlant rapidement, ce qui les fait rechercher lorsqu'on a besoin de coups de feu vifs et rapides et non d'une chaleur modérée, uniforme et soutenue.

La composition *élémentaire* des houilles grasses à longue flamme est comprise entre les limites suivantes :

Carbone. . . . .	80 à 85
Hydrogène. . . . .	5,8 à 5
Oxygène et azote. . . . .	14,2 à 10

100

où le rapport :  $\frac{O+Az}{H}$  se maintient entre 3 et 2.

La distillation lente donne, d'autre part :

Coke aggloméré. . . . .	60 à 68	} matières volatiles 40 à 52.
Eau ammoniacale. . . . .	5 à 3	
Bitume. . . . .	15 à 12	
Gaz. . . . .	20 à 17	

100

La proportion de gaz est plutôt inférieure à celle que donnent les houilles sèches, mais le gaz est plus éclairant; et comme le coke, à cause de sa consistance, a plus de va-

(\*) Cette moindre dureté des houilles grasses à longue flamme, par opposition aux houilles dures sèches (*splint-coal*), est marquée, dans le nord de l'Angleterre, par le nom de *cherry-coal* (charbon-cerise).

leur que celui des houilles sèches, on se sert en général, pour la fabrication du gaz d'éclairage, des charbons gras à longue flamme; on les désigne quelquefois, par ce motif, dans le commerce, sous le nom de *charbons à gaz*. Ils produisent en grand, dans les usines, 240 à 260 litres de gaz par kilogramme de houille, et même en petit, par une calcination plus rapide, jusqu'à 300 ou 350 litres. On les utilise rarement pour la fabrication du coke métallurgique. D'abord, par le fait de l'abondance des matières volatiles, elles donnent moins de coke que les deux types suivants; puis ce coke est toujours léger, friable et poreux.

D'après les expériences de MM. Scheurer-Kestner et Meunier, le pouvoir calorifique des houilles grasses à longue flamme est en moyenne de 8500 à 8800 calories. Ainsi le tableau général (page 174) donne, comme chaleur de combustion des trois houilles grasses à longue flamme de *Duttweiler*, *Sultzbach* et *Von der Heydt* (Saarbrück), les nombres 8724, 8603, et 8462 calories.

Les houilles grasses à longue flamme sont, en France, beaucoup plus répandues que les charbons secs. Dans le Pas-de-Calais et la Loire, les couches les plus élevées des deux bassins en sont formées. Les charbons de Commentry et une partie de ceux de Blanzay appartiennent également à la catégorie des charbons à gaz. A Mons, en Belgique, on les connaît sous le nom de *stenus* gras, tandis qu'on appelle *stenus* secs les houilles, moins riches en carbone, dont le coke est à peine fritté. Les bons charbons de Newcastle sont de même des houilles à gaz; et à Saarbrück, comme en Silésie, on voit les charbons à gaz succéder aux charbons secs, lorsqu'on passe des couches supérieures aux couches moyennes et inférieures du bassin.

Je réunis dans le tableau qui suit les analyses d'un certain nombre de houilles grasses à longue flamme.

ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles, déduction faite des cendres.			Matières volatiles dans les houilles pures, sans cendres, par 100.	NATURE et aspect du coke.	OBSERVATIONS.
	C	H	O + Az			
Houille de Commentry.	82,92	5,30	11,78	36,7	Coke fondu métalloïde.	Analyses dues à M. Reghaut.
— d'Épinac. . . . .	83,22	5,23	11,55	37,3	Coke fondu, mais non boursoufflé.	
— de Sultzbach. . . . .	82,57	5,02	12,41	36,0	Coke fondu, peu boursoufflé.	Analyses dues à M. Gasch (1).
— de Duttweiler. . . . .	82,90	5,10	11,97	36,2		
— de Heinitz. . . . .	81,52	4,97	13,71	38,0		
Moyenne du système inférieur de Saarbrück.	82,08	5,04	12,88	38,3		
Moyenne des sept couches inférieures de Friedrichsthal. . . . .	80,25	5,23	14,52	40,0	Idem.	Le charbon des couches inférieures de Friedrichsthal est à la limite des charbons gras.
Moyenne de trois couches de Bruay, Marlies, Bully (Pas-de-Calais). . . . .	83,42	5,82	10,76	36 à 39	Coke bien fondu, léger.	Analyses dues à M. de Marsilly.
Flenu gras de Mons, moyenne de quatre couches. . . . .	85,20	5,66	9,14	31 à 32,8	Coke bien fondu, léger.	Analyses dues à M. de Marsilly. Ce charbon forme la transition aux houilles grasses ordinaires.

(1) Les analyses de quelques houilles du même district, par M. Scheurer-Kestner, se trouvent dans le tableau général (page 174). Elles s'accordent avec celles de M. Gasch.

À l'appui des expériences de MM. Scheurer-Kestner et Meunier, qui ont trouvé, pour le pouvoir calorifique des houilles grasses à longue flamme, 8500 à 8800 calories, citons les résultats de quelques essais de vaporisation, en particulier ceux du docteur Brix et de MM. Scheurer-Kestner et Meunier eux-mêmes.

ORIGINE des houilles.	PROPORTION d'eau	PROPORTION de cendres	POIDS D'EAU à 100° C. vaporisée vers 112° C. par kilo. flamme de houille brûlée		OBSERVATIONS.
			mar- chande.	pure.	
			dans la houille, par 100.		
Houille des couches supérieures de Friedrichsthal (Saarbrück)	1,00	12,70	6,31	7,73	Houille demi-grasse à 41,5 p. 100 de matières volatiles.
Houille de Sultzbach.	1,63	10,46	6,61	7,76	Houille grasse à longue flamme proprement dites, du bassin de Saarbrück.
— de Duttweiler.	1,75	13,25	6,79	8,25	
— de Heinitz. . . . .	1,79	11,57	6,91	7,83	
— de Attenwald.	2,54	13,50	6,95	8,27	
— de Heinitz, couche Blücher (Saarbrück) . . . . .	2,00	2,28	7,83	8,18	Echantillons très-peu chargés de cendres.
Houille de Duttweiler, couche Natzmer. . . . .	1,50	1,11	7,80	8,01	

On peut conclure de ce tableau que les houilles grasses à longue flamme, supposées sèches et sans cendres, et donnant 60 à 68 pour 100 de coke, peuvent vaporiser en moyenne 8 kilogrammes d'eau. Les limites extrêmes sont 7<sup>k</sup>,50 pour les houilles à coke simplement fritté (*Sinter-Kohlen*), et 8<sup>k</sup>,50 pour les houilles voisines des charbons gras ordinaires. Les houilles marchandes, à 10 pour 100 de cendres et d'eau, ne dépassent guère 7 kilogrammes à 7<sup>k</sup>,50. D'après les essais faits à Woolwich et à Portsmouth, les charbons gras à longue flamme de Hartley (Newcastle) vaporisent 7 kilogrammes à 7<sup>k</sup>,75 d'eau, lorsque les proportions de cendres et d'eau atteignent 5 à 8 pour 100 du poids de la houille, résultat qui ne diffère guère des chiffres précédents.

### 3° Houilles grasses proprement dites, ou charbons de forge.

Les charbons de ce troisième type sont noirs, à éclat vif, peu durs, d'une structure plus ou moins feuilletée ou lamelleuse. Ils brûlent avec flamme moins longue, moins enfumée, plus brillante que les charbons des deux types précédents. Au feu, ils se ramollissent, ou fondent même

Essais du  
Dr Brix. M. Scheurer-Kestner.

complètement, à la façon de la résine ou du brai. Tout en renfermant moins de matières volatiles que les charbons à longue flamme, ils gonflent davantage sous l'action de la chaleur. Par suite de la fusion, ou du ramollissement, que le charbon éprouve au feu, le menu se colle et s'agglutine en masses compactes, ce qui le rend éminemment propre au travail de la forge; il forme *voûte*, dans le foyer du maréchal, au-dessus de la pièce de fer que l'on se propose de chauffer; de là, les noms de charbons de *forge*, *fine-forges*, houilles *marécales*, sous lesquelles on désigne ce type dans le commerce. Cette même propriété le rend également apte à donner de bons cokes, de là aussi les termes de charbons *collants*, la qualification anglaise de *caking-coal* et le nom allemand de *Back-Kohle*. Il faut remarquer toutefois que ces derniers termes ont en réalité un sens plus général, ils conviennent aux trois types de charbons *gras*, et en effet, il peuvent tous trois servir comme charbons à *gaz*, charbons de *forge* et charbons à *coke*; seulement le premier type convient spécialement pour le *gaz*, à cause de l'abondance des matières volatiles; le dernier, celui des charbons gras à courte flamme, pour le *coke*, à cause de la proportion élevée de carbone fixe et de la compacité du résidu charbonneux. Ainsi, quoique les houilles grasses proprement dites servent très-souvent pour la fabrication du *coke* et quelquefois pour celle du *gaz* d'éclairage, on doit cependant préférer, pour le *coke*, les charbons à courte flamme (le quatrième type), et, pour le *gaz*, les houilles grasses à longue flamme (le deuxième type).

La densité moyenne des houilles grasses est de 1,30, et le poids du mètre cube en morceaux, de 750 à 800 kilogrammes.

La composition élémentaire des houilles grasses proprement dites correspond aux chiffres suivants :

Carbone	84 à 89,0
Hydrogène	5 à 5,5
Oxygène et azote	5 à 5,5
	100

où le rapport  $\frac{O + Az}{H}$  est compris entre 2 et 1.

L'analyse immédiate conduit, d'autre part, aux nombres suivants :

Coke compacte et bien fondu	68 à 74	
Eau ammoniacale	5 à 1	} matières volatiles
Bitume	15 à 10	
Gaz	16 à 15	
	100	52 à 26.

Les expériences calorimétriques de MM. Scheurer-Kestner et Meunier donnent, pour le pouvoir calorifique des houilles grasses pures, sans cendres ni eau, 8800 à 9300 calories. On peut citer spécialement les charbons de Ronchamp, de Denain et d'Anzin du tableau général (page 174).

Les houilles grasses proprement dites sont fort abondantes en France; elles se rencontrent surtout dans le bassin de Saint-Étienne et dans la partie moyenne des bassins du Nord et du Pas-de-Calais. Elles abondent aussi, en Belgique, autour de Liège et dans la partie inférieure du bassin de Mons, en Westphalie (bassin de la Ruhr) et dans la zone inférieure du bassin houiller du nord de l'Angleterre (Yorksshire). Dans le pays de Galles le charbon gras proprement dit existe seulement aux environs de Newport, vers l'extrémité orientale de ce bassin.

Voici, outre la houille grasse de Ronchamp, dont la composition est donnée dans le tableau général (page 174), les analyses de quelques charbons gras de divers pays, appartenant à la classe des charbons de forge.

ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles, déduction faite des cendres.			MATIÈRES volatiles dans la houille pure sans cendres, par 100.	NATURE et aspect du coke.	OBSERVATIONS.
	C	H	O+Az			
Houille de la Grand-Croix (Nive-de-Gier).	Partie supérieure de la grande couche.	89,04	5,23	5,73	31,5	Fondu, très-boursoufflé.  bien fondu, mais moins boursoufflé.
	Partie inférieure de la grande couche.	89,07	4,93	6,100	30,2	
Houille grasse de New- castle.		89,19	5,31	5,50	"	Coke bien fondu.
Houille grasse de Dur- ham (Yorkshire).		85,43	5,30	9,27	"	Id.
Moyenne de cinq cou- ches de Denain, près Valenciennes.		86,79	5,54	7,67	32,8 à 35,0	Id.
Moyenne de neuf cou- ches du bassin de Va- lenciennes.		87,75	5,19	7,06	26,2 à 32,3	Id.
Moyenne de trois cou- ches de Lens, Her- sin et Billy-Montigny (Pas-de-Calais).		87,59	5,43	6,98	24 à 32	Id.

Les charbons de Bochum et d'Essen, en Westphalie, sont aussi, d'après les analyses du docteur Heintz, principalement des charbons gras, dont la composition rentre en général dans les moyennes précédentes. A Bochum cependant on rencontre, en outre, dans les parties hautes, quelques charbons à longue flamme, dont la teneur en carbone descend à 82 p. 100 et dont l'oxygène et l'azote réunis atteignent les chiffres de 12 à 13 p. 100.

Lorsqu'on parcourt ces analyses des houilles grasses, on est frappé du défaut d'accord entre la composition élémentaire et la proportion des matières volatiles que donne la distillation. Ainsi les houilles de la Grand-Croix, qui renferment 89 p. 100 de carbone contre 11 d'éléments gazeux, donnent 30 à 32 p. 100 de matières volatiles, tandis que les charbons de Valenciennes et du Pas-de-Calais, qui renferment

moins de 82 p. 100 de carbone et plus de 12 p. 100 d'éléments gazeux, ne donnent souvent à la distillation que 24, 26, au plus 32 p. 100 de matières volatiles. Le contraste est plus grand encore, lorsqu'on compare la houille de Ronchamp à celle du puits Chaptal du Creuzot, dont les analyses sont données par le tableau général (page 174). Comme je l'ai déjà fait remarquer, les compositions élémentaires sont presque identiques, et cependant on ne peut ranger les deux houilles dans la même classe; la première est une houille grasse ordinaire à 27 p. 100 de matières volatiles, tandis que celle du puits Chaptal est un charbon à courte flamme qui ne produit que 19,6 p. 100 de matières volatiles; et cette différence correspond précisément à un excès de chaleur de combustion de 545 calories au profit de la houille à courte flamme. Le même contraste existe, comme on l'a vu, entre les houilles de Denain et d'Anzin et celles de Duttweiler et de Sultzbach (page 176).

On peut d'ailleurs remarquer que ce défaut d'accord entre la composition élémentaire et l'analyse immédiate se manifeste surtout lorsqu'on compare des houilles de bassins différents: Ronchamp et le Creuzot; Saarbrück et le bassin du Nord; la Loire et le Pas-de-Calais.

Passons, pour clore ce qui concerne les houilles grasses proprement dites, aux essais de vaporisation qui ont servi à apprécier leur valeur relative.



calories. A partir de là, et jusqu'aux anthracites, la chaleur de combustion s'affaiblit sensiblement, par suite de l'amoindrissement de la teneur en hydrogène. Du reste, la seule houille appartenant à ce type, qui ait été expérimentée par M. Scheurer-Kestner, est celle du puits Chaptal du Creuzot qui a donné 9662 calories (page 174); mais la valeur calorifique supérieure de ce type résulte aussi, comme nous le verrons, des essais de vaporisation.

En France, les charbons gras à courte flamme se rencontrent, outre le Creuzot, vers la base des bassins de Saint-Étienne, du Gard, de Brassac, d'Ahun, du Nord, etc.; en Belgique ils sont surtout abondants autour de Charleroy; en Angleterre, dans le pays de Galles et plus spécialement auprès de la ville de Cardiff.

Citons, comme exemples, les analyses de quelques houilles de ce type :

ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles, déduction faite des cendres.			MATIÈRES volatiles dans la houille pure sans cendres. Par 100.	NATURE et aspect du coke.	OBSERVATIONS.
	C	H	O+Az			
Houille du puits Henry (Rive-de-Gier), couche bâtarde. . . . .	90,53	5,05	4,42	23,7	Fondu.	Analysées par M. Regnault.
Houille de Rochebelle près Alais (Gard). . . . .	90,55	4,92	4,53	22,3	Complètement fondu.	
Houille du puits Chaptal du Creuzot. . . . .	88,48	4,41	7,11	19,5	Id.	Analysée par M. Scheurer-Kestner.
Moyenne de six couches, dites <i>finés forges</i> , de Mons. . . . .	88,66	4,88	6,46	22,2	Bien fondu.	Analysées par M. de Marsilly.
Moyenne de sept couches du Centre (Belgique). — Un peu moins grasse que les précédentes. . . . .	89,09	4,75	6,12	19,75	Id.	Id.
Moyenne de trois couches de Charleroy. . . . .	89,29	4,80	5,91	18,31	Id.	Id.

Ces analyses prouvent, comme celles du troisième type, que la proportion des matières volatiles est loin de s'accorder, d'une manière générale, avec l'analyse élémentaire; et ce désaccord se manifeste ici encore plus spécialement,

lorsqu'on compare des houilles de bassins différents; le Gard et Rive-de-Gier, avec le Creuzot et les bassins belges; à composition égale, les houilles de ces derniers bassins donnent plus de coke et développent plus de chaleur que les charbons du midi de la France.

Passons aux essais de vaporisation. Ils sont peu nombreux, ou, du moins, pas assez précis pour être rigoureusement comparables. Au lieu de pouvoir dresser un tableau complet, il faut se borner aux données suivantes :

M. Scheurer-Kestner n'a pu essayer en grand la houille grasse du Creuzot; mais il a brûlé un mélange de deux tiers de houille maigre du Creuzot avec un tiers de houille grasse de Ronchamp, ce qui équivaut à peu près aux charbons du quatrième type.

Dans une première série d'expériences, 1 kilogramme de houille pure a vaporisé. . . . .	9 <sup>k</sup> ,85 d'eau.
Dans une seconde série. . . . .	9 <sup>k</sup> ,68 —
Moyenne. . . . .	9 <sup>k</sup> ,75 d'eau.

C'est le chiffre le plus élevé, constaté par M. Scheurer-Kestner.

C'est également une houille grasse à *courte* flamme, qui a donné au docteur Brix le maximum d'eau vaporisée; c'est la houille de la mine James à Eschweiler; à l'état marchand, elle a transformé en vapeur 8<sup>k</sup>,95 d'eau; ou supposée pure, 9<sup>k</sup>,25.

Les nombreuses expériences, faites en Angleterre, accordent également la prééminence aux charbons gras à courte flamme du pays de Galles. Les houilles marchandes, à 5 ou 7 p. 100 de cendres, de ce district vaporisent presque toutes 9 kilogrammes à 9<sup>k</sup>,50 d'eau, lorsque les charbons gras du nord de l'Angleterre dépassent rarement 8<sup>k</sup>,50. Ces derniers donnent des coups de feu plus rapides, ils permettent de

hausser plus rapidement la pression de la vapeur, mais ils *durent* moins au feu et développent en somme, moins de chaleur.

Les expériences, faites à Brest en 1862, sous la direction de M. Delautel, ingénieur de la marine, s'accordent également avec les résultats précédents.

En représentant par 1 la puissance de vaporisation des charbons de *Cardiff*, M. Delautel a trouvé :

Pour les charbons analogues d'Anzin. . . . .	1,05 à 1,01
Pour les charbons gras à courte flamme de Roche-la-Molière (Saint-Étienne). . . . .	0,95 à 0,94
Pour les charbons gras ordinaires de la Loire. . . . .	0,90
Pour le charbon gras à longue flamme de Newcastle. . . . .	0,84
Pour le charbon gras à longue flamme de Blanzy (Montceau). . . . .	0,78
Pour le charbon sec à longue flamme du Montceau. . . . .	0,74

Les nombres s'accordent bien, on le voit, avec tout ce que nous avons dit de la valeur calorifique relative des diverses sortes de houille.

##### 5° Houilles maigres ou anthraciteuses.

Les houilles maigres forment le passage aux anthracites proprement dites. Elles sont noires, habituellement sillonnées de stries ternes. La cohésion est encore faible, mais elle tend pourtant à croître de nouveau dans les échantillons qui se rapprochent des anthracites compactes. Leur densité est généralement comprise entre 1,35 et 1,40 ; le poids du mètre cube en morceaux atteint 850 kilogrammes. Ces houilles s'enflamment difficilement et brûlent avec flamme courte, de faible durée et presque sans fumée. Souvent elles décrépitent au feu, comme les anthracites, ce qui rend leur emploi assez difficile.

A la distillation, les charbons maigres donnent un coke à

peine agglutiné et même pulvérulent ; ce sont les *Sinter-Kohlen* et les *Sand-Kohlen* à courtes flammes des Allemands. En morceaux, on peut les employer à l'état *cru* dans les hauts fourneaux ; c'est le cas dans la partie occidentale du pays de Galles.

La composition élémentaire des houilles maigres peut être représentée par :

Carbone. . . . .	90 à 95
Hydrogène. . . . .	4,5 à 4
Oxygène et azote. . . . .	5,5 à 5
	100

nombres qui conduisent, pour le rapport  $\frac{O + Az}{H}$ , à un chiffre plutôt inférieur que supérieur à 1.

La distillation fournit :

Coke. . . . .	82 à 90	} matières volatiles
Eau ammoniacale. . . . .	1 à 0	
Bitume. . . . .	5 à 2	
Gaz. . . . .	12 « 8	18 à 10.
	100	

Le pouvoir calorifique paraît compris entre 9200 et 9500 calories ; c'est du moins ce qui résulte des deux expériences de M. Scheurer-Kestner sur les houilles maigres du Creuzot (page 174), ainsi que des expériences de vaporisation, qui semblent conduire à une valeur calorifique un peu moindre que pour les houilles grasses à courte flamme. Il est vrai que cette moindre valeur peut tenir en partie aux difficultés que l'on éprouve lorsqu'on veut faire brûler les houilles maigres sur des grilles. Il faut, autant que possible, les réserver pour la fabrication des *agglomérés*, ou la préparation des combustibles *gazeux*.

Les houilles tout à fait maigres sont assez rares en France. On peut citer la lisière nord du bassin de Valenciennes, les bassins de la Sarthe, du Roannais et de la basse Loire, certaines parties des bassins du Gard, de la Creuse, etc.

En Belgique, on peut mentionner Charleroy; et, en Angleterre, le district ouest du pays de Galles (environs de Swansea et de Merthyr-Tydwil). Les houilles maigres abondent dans l'État de Pensylvanie aux États-Unis.

Je réunis, dans le tableau ci-joint, les analyses de quelques houilles maigres.

ORIGINE des houilles.	COMPOSITION des houilles, déduction faite des cendres.			MATIÈRES VOLATILES dans la houille pure sans cendres, par 100.	NATURE et aspect du coke.	OBSERVATIONS.
	C	H	O + Az			
Houille du puits Saint-Paul du Creuzot. . . . .	90,79	4,24	4,97	15,8	Fritté.	Analysées par M. Scheurer-Kestner.
Houille anthraciteuse de Creuzot. . . . .	92,36	3,66	3,98	11,9	Pulvérulent	
Moyenne de huit couches de Charleroy.	90,42	4,27	5,31	15 à 11	Fritté.	M. de Marsilly.
Moyenne de cinq couches de Charleroy.	91,03	3,96	5,01	13,7 à 8,3	Pulvérulent	
Rolduc (Aix- la-Chapelle).	93,56	4,28	2,16	10,9	Id.	M. Regnault.
Mayenne. . . . .	92,85	3,96	3,19	9,1	Id.	

Ces deux dernières houilles passent aux anthracites proprement dites. La limite précise entre les deux classes de combustibles est impossible à tracer.

Les essais de vaporisation ont donné, pour la houille anthraciteuse du Creuzot, à l'état pur, 9<sup>k</sup>,15; et, à l'état marchand tenant 10 à 11 pour 100 de cendres, 8<sup>k</sup>,12.

Les essais, faits en Angleterre, sur les houilles maigres du pays de Galles, à 5 ou 6 p. 100 de cendres, conduisent à des nombres variant le plus souvent entre 8<sup>k</sup>,50 et 9<sup>k</sup>,50 d'eau vaporisée. C'est un peu moins que les houilles grasses à courte flamme, mais cela provient en partie, je l'ai déjà dit, de l'impossibilité de pouvoir brûler, d'une façon complète, les charbons maigres sur une grille.

Résumons, dans un tableau, les propriétés caractéristi-

ques des cinq classes de houille, c'est-à-dire, les proportions et la nature du coke, et leur pouvoir calorifique.

CLASSES ou types des houilles proprement dites.	PROPORTIONS de coke par 100 de houille pure.	PROPORTIONS de matières volatiles par 100 de houille pure.	NATURE et aspect du coke.	POUVOIR calorifique réel.	POUVOIR calorifique industriel. Eau à 0°, vaporisée à 112° par kil. de houille pure brûlée
1° Houilles sèches à longue flamme.	55 à 60	45 à 40	Pulvérulent ou légèrement fritté.	Calories. 8000 à 8500	6 <sup>k</sup> ,70 à 7 <sup>k</sup> ,50
2° Houilles grasses à longue flamme (charbons à gaz).	60 à 68	40 à 32	Complètement aggloméré et le plus souvent fondu, mais poreux.	8500 à 8800	7 <sup>k</sup> ,60 à 8 <sup>k</sup> ,30
3° Houilles grasses proprement dites (charbons de for- ge).	68 à 74	32 à 26	Fondu et plus ou moins boursoufflé.	8800 à 9300	8 <sup>k</sup> ,40 à 9 <sup>k</sup> ,20
4° Houilles grasses à courte flamme (charbons à coke).	74 à 82	26 à 18	Fondu, compacte.	9300 à 9600	9 <sup>k</sup> ,20 à 10 kil.
5° Houilles maigres ou anthraciteuses.	82 à 90	18 à 10	Légèrement fritté; le plus souvent pulvérulent.	9200 à 9500	9 kil. à 9 <sup>k</sup> ,50

## EXTRAITS DES TRAVAUX

EXÉCUTÉS AU LABORATOIRE DE CLERMONT-FERRAND

DE 1867 A 1872

Par M. CASTEL, ingénieur des mines.

## § I. — CALCAIRES.

## 1° Seize échantillons de roches des environs d'Ambert (\*).

Les échantillons analysés ont été :

*a* Un grès à ciment argilo-calcaire provenant de la partie inférieure du village du Beilloux. Il est formé de grains de feldspath et de quartz cristallin, et de quelques grains de chaux carbonatée, empâtés dans un ciment gris abondant;

*b* Argile gris verdâtre, se délitant aisément;

*c* Roche gris blanchâtre, dure et cassante, parsemée de taches et veines grises de silice;

*c'* Roche gris blanchâtre, analogue à la précédente;

*d* Roche compacte, gris verdâtre, peu dure, à cassure inégale, légèrement conchoïde;

*e* Roche analogue à la précédente, mais plus dure;

*f* Roche gris blanchâtre, à cassure inégale, dureté faible;

*g* Roche verdâtre, à cassure conchoïde. assez dure;

*h* Roche grise, *idem*;

*i* Roche analogue à *d*;

*j* Analogue à *h*;

*k* Roche blanchâtre, un peu jaunâtre, à cassure inégale;

*l* Roche blanche, à cassure inégale, légèrement conchoïde.

*Nota.* — Tous ces échantillons proviennent des environs du village de Beilloux;

(\*) Travail fait sur la demande du comice agricole de cette ville, pour la recherche de gisements calcaires.

*m* (Provenant des environs d'Aubignat). Roche blanche, à cassure inégale, légèrement conchoïde;

*n* et *o* (Provenant des localités de Terre-Rouge et du Châtelet). Grès formés de noyaux de quartz et de feldspath, dont quelques-uns assez gros, empâtés dans un ciment grisâtre abondant.

Les échantillons *c'* et *o* ont donné une effervescence très-faible; pour *b*, *c* et *n*, elle est nulle ou presque nulle.

COMPOSITION.	ÉCHANTILLONS.										
	a	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Eau hygrométrique. . .	2,5	4,0	5,3	3,0	8,1	2,0	2,7	2,8	1,5	»	2,1
Eau combinée. . . . .	1,6	4,5	5,6	2,1	4,7	2,7	4,4	3,1	2,0	»	1,9
Argile, silice, alumine.											
oxyde de fer. . . . .	68,7	52,9	57,9	43,5	70,1	28,8	59,0	37,2	24,1	»	18,1
Sulfate de chaux. . . . .	»	1,4	1,3	1,5	1,9	1,0	2,5	1,0	1,5	»	1,6
Carbonate de chaux. . . .	21,0	31,2	26,8	44,8	10,7	64,5	25,2	47,2	62,8	»	75,1
Carbonate de magnésie.	6,2	6,0	3,1	5,1	4,5	1,0	6,2	8,7	8,1	»	1,2
Acide phosphorique. . . .	»	»	traces	»	»	»	traces	»	»	»	»
Total. . . . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	»	100,0
Chaux produite. . . . .	très-maigre.	très-maigre.	très-maigre.	maigre, s'échauffe un peu par l'hydratation.	très-maigre.	maigre, s'échauffe un peu.	très-maigre.	très maigre.	maigre, s'échauffe assez fortement.	maigre, s'échauffe assez fortement.	maigre, s'échauffe assez fortement.

Il résulte de ces analyses que la qualité *m* pourrait seule donner une chaux applicable aux constructions, au moins en mélange avec un peu de chaux grasse. Les qualités *h*, *k*, *l*, *m* sont susceptibles d'être employées en agriculture.

2° Roches calcaires des communes de Malrevers et de Saint-Étienne-Lardeyrol (Haute-Loire), provenant de recherches de gisements calcaires faites par le marquis de Châteauneuf-Randon.

Les échantillons soumis à l'analyse ont été :

N° 1. Calcaire blanchâtre assez tendre, extrait d'un affleurement à 1 mètre de la surface du sol;

N° 2. Mélange de terre argileuse et de calcaire;

N° 3. Calcaire blanc, extrait au fond d'un ravin, à 200 mètres à l'est du n° 1;

N° 4. Terre argileuse mélangée de calcaire;

N° 5. Terre arable.

Chaque échantillon de calcaire a été soumis à un essai de calcination, afin de déterminer la nature de la chaux. Les échantillons 1, 2 et 3 ont donné de la chaux grasse, surtout le n° 1.

Plusieurs échantillons renferment des traces de sulfate de chaux.

Un seul, le n° 4, présente des traces d'acide phosphorique.

Il existe de la magnésie, en faible proportion, dans tous les échantillons.

Les résultats de l'analyse sont consignés dans le tableau suivant :

COMPOSITION.	ÉCHANTILLONS				
	1	2	3	4	5
Eau hygrométrique et eau combinée. . . . .	6,1	7,6	4,5	7,5	6,2
Argile et silice. . . . .	4,8	14,1	10,2	27,2	8, 2
Alumine. . . . .	8,6	9,9	7,1	9,1	7,5
Oxyde de fer. . . . .					
Acide sulfurique (à l'état de sulfate de chaux). . . . .	fortes traces	traces	"	"	fortes traces
Acide phosphorique. . . . .	"	"	"	traces	"
Acide carbonique. . . . .	35,5	30,1	34,5	24,7	0,9
Chaux. . . . .	44,6	37,9	43,2	31,5	1,2
Magnésie. . . . .	0,4	0,4	0,5	traces	fortes traces
Total. . . . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Nature de la chaux produite. . . . .	Grasse, blanc grisâtre, foisonne avec un fort dégagement de chaleur.	Se délite avec chaleur, moins fortement que le n° 1.	Foisonne avec dégagement de chaleur, moins fortement que le n° 1.	"	"

### 5° Calcaire de Séverac (Aveyron).

Calciné, ce calcaire donne une chaux grasse, blanche, foisonnant fortement avec un grand dégagement de chaleur.

L'analyse indique la composition ci-après :

Argile, alumine et oxyde de fer. . . . .	9,5
Eau hygrométrique et eau combinée. . . . .	6,6
Carbonate de chaux. . . . .	{ Chaux. . . . . 46,4 } { Acide carbonique. 35,5 } 81,9
Carbonate de magnésie. . . . .	{ Magnésie. . . . . 0,8 } { Acide carbonique. 0,5 } 1,3
Sulfate de chaux. . . . .	0,7
Total. . . . .	100,0

## § II. — MINÉRAIS DE PLOMB ARGENTIFÈRE.

Tous les essais qui suivent ont été faits par la voie sèche, sur des quantités variant de 20 à 50 grammes de matière.

PROVENANCE DES MINÉRAIS.	PAR tonne de minéral.		PAR tonne de plomb.
	Ploomb.	Argent.	Argent.
<i>Minerais de la concession d'Aurouze (Haute-Loire).</i>			
1 <sup>re</sup> SÉRIE.			
1. Minéral du puits Saint-Louis. Galène avec gangue; Minéral brut. . . . .	kilog. 349	kilog. 2,1	kilog. 6,0
2. Minéral provenant de la grande galerie au rocher, et du faux-puits sur le troisième filon. Galène avec gangue; Minéral brut. — Premier essai. . . . .	206	0,8	3,87
Deuxième essai. . . . .	222	0,75	3,38
3. Même provenance; minéral extrait en ma présence; Minéral brut. . . . .	123	1,25	10,15
Minéral lavé. Schlich. . . . .	504	3,8	7,54
Schlamm. . . . .	137	1,5	10,9
4. Provenant de la galerie de 26 mètres dans le troisième filon; Minéral brut. . . . .	97,8	0,46	4,7
Minéral lavé (schlich et schlamm). . . . .	484	1,95	4,025
5. Provenant des recherches du ruisseau de Fiovette (Moulin Prattong); Minéral brut trié. . . . .	91,5	0,2	2,18
Minéral lavé (gangue barytique). . . . .	312,5	1,0	3,2
de l'éponte sud du filon. . . . .	460	2,35	5,1
6. Provenant du puits de Faraire; Minéral trié. . . . .	311	1,05	3,30
2 <sup>e</sup> SÉRIE.			
1. Provenant de la galerie de la Salzède (grand filon d'Aurouze); Minéral brut compacte, formé de galène à grains fins. . . . .	585	1,90	3,25
2. Affleurement du grand filon d'Aurouze; Quartz noirâtre avec galène antimoniale. . . . .	192,3	0,75	3,9
3. Galerie des eaux minérales. Échantillon enchaîné; Galène à facettes moyennes. . . . .	594	3,39	5,7
4. Puits Bergoin (filon des Anciens). Échantillon enchaîné; Galène à facettes moyennes. . . . .	528	3,41	6,45
5. Puits Saint-Louis (filon des Anciens). Échantillon moucheté, lavé; Schlich. . . . .	677	3,92	5,78
6. Minéral de la galerie de Faraire, lavé; Schlich. . . . .	602	1,91	3,16

Suite du tableau précédent.

PROVENANCE DES MINERAIS.	PAR tonne de minerai.		PAR tonne de plomb.
	Plomb.	Argent.	Argent.
<i>Minerais de la concession d'Auzelles (Puy-de-Dôme).</i>			
1. Veine dans le granite, avant d'arriver au grand filon.	kilog.	kilog.	kilog.
Galène; premier échantillon. . . . .	512,5	0,097	0,19
— Deuxième échantillon. . . . .	578	0,350	0,605
2. Grand filon. Galène:			
Minerai brut à gros grains. . . . .	517	0,100	0,193
— à grains fins. . . . .	263	0,836	3,18
— mélangé. . . . .	501	1,000	1,995
— à gros grains en poche dans le minerai à petits grains. . . . .	482	0,175	0,363
3. Provenant de la première cheminée à l'entrée du Croiseur;			
Minerai brut. . . . .	261	0,300	1,15
<i>Minerais provenant des recherches de Mme de Saint-Didier, à Saint-Jacques-d'Ambur (Puy-de-Dôme).</i>			
1. Galène présentant quelques grandes facettes. . . . .	491	1,70	3,46
2. Grains moyens et gros grains mélangés. . . . .	635,5	4,5	7,1
— (autre échantillon). . . . .	495	3,175	6,4
3. Galène à gros grains. . . . .	702,5	3,15	4,48
<i>Minerai provenant des recherches faites à Freycenet (Haute-Loire), par le sieur Chazalèdes.</i>			
1. Filon de Freycenet. Minerai quartzueux aux affleurements;			
Minerai brut. . . . .	353	1,2	3,42
2. Filon de la galerie n° 2. Minerai quartzueux;			
Minerai brut. . . . .	585	3,8	6,5
<i>Minerai des recherches de Cunlhat (Puy-de-Dôme).</i>			
Minerai quartzueux. Galène à grains moyens;			
Minerai brut. . . . .	629	1,3	2,06
<i>Minerai des recherches du pont d'Auze, près Mauriac (Cantal).</i>			
Minerai à gangue barytique. Galène à grandes facettes;			
Minerai brut. . . . .	691	0,1	0,144
<i>Minerai provenant de la mine de Montnebout (Puy-de-Dôme).</i>			
Minerai antimonié associé à la baryte, formant rognons ou veines dans le minerai ordinaire (galène); cassure unie;			
Minerai brut. . . . .	296	0,2	0,68
<i>Bournonite de Marsanges, près Langeac (Haute-Loire).</i>			
Minerai trié. . . . .	"	1,0	"
(Ce minerai renferme en outre 10 p. 100 de cuivre.)			

## § III. — MINERAIS DE CUIVRE.

Dans ces analyses, le cuivre a été dosé par la méthode colorimétrique, au moyen d'une dissolution titrée de sulfure de sodium, dont le titre était vérifié au moment de l'analyse avec une solution normale de cuivre ammoniacal.

1° *Cuivre pyriteux de Barlet, près Langeac (Haute-Loire), provenant des recherches du sieur Plantin.*

L'analyse complète a donné les résultats ci-après.

Gangue quartzueuse. . . . .	0,059
Soufre. . . . .	0,312
Cuivre. . . . .	0,336
Fer. . . . .	0,292
Total. . . . .	0,999

Ce qui donne pour le minerai pur :

Soufre. . . . .	33,2
Cuivre. . . . .	35,7
Fer. . . . .	31,1
Total. . . . .	100,0

2° *Minerais de cuivre de Laprugne (Allier).*

Trois échantillons de richesse très-différente, tous trois très-mélangés de gangue, et dont le plus riche renferme du cuivre panaché, ont été soumis à l'analyse.

Le premier a donné une teneur en cuivre de. . . . .	0,5 sur 100
Le second. . . . . de. . . . .	9,5 sur 100
Le troisième. . . . . de. . . . .	22,2 sur 100

3° *Cuivre pyriteux de Monistrol d'Allier (Haute-Loire), provenant de recherches faites sur un filon qui affleure près du tournant de la route de Monistrol à Saugues.*

Le minerai, trié et à peu près pur, a donné à l'essai une teneur en cuivre de 55,3 p. 100.

## § IV. — EAUX DES RIVIÈRES LA DANNE ET LA BOUBLE

Près de Saint-Éloy (Puy-de-Dôme).

La Danne est un ruisseau peu abondant qui passe près du puits Sainte-Barbe, de la concession houillère de Saint-Éloy, et qui reçoit

les eaux puisées de la mine (environ 200 mètres cubes en vingt-quatre heures). Ce ruisseau se jette, à 500 mètres plus bas, dans la rivière, encore peu importante, de la Bouble.

Les riverains accusaient les eaux de la mine de corrompre la qualité des eaux de la Bouble. Il s'agissait donc de mesurer l'influence que l'eau d'épuisement de la mine pouvait exercer sur celle de la rivière.

Les expériences ont été faites sur 2 litres de chacune des eaux analysées, et elles ont donné les résultats suivants :

ÉLÉMENTS. d'appréciation.	EAU de la Danne, avant le mélange de l'eau d'épuisement.	EAU d'épuisement de la mine.	EAU de la Danne, après mélange, en amont du confluent.	EAU de la Bouble en amont du confluent.	EAU de la Bouble à 2 kilomètres en aval du confluent.
Résidu de filtrage. (Celui de l'eau de la mine étant pris pour unité de quantité).	$\frac{1}{50}$	1	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{40}$
Acidité.	Peu abondant, noirâtre, argileux et organique.	Abondant, ferrugineux, jaune ocreux.	Assez abondant, brun jaunâtre, argileux et ferrugineux.	Brun rougeâtre, argileux, ferrugineux et organique.	Brun rougeâtre, argileux, ferrugineux et organique.
Couleur de l'eau filtrée.	Ne verdit pas le sirop de violette.	Rougit faiblement le tournesol et verdit le sirop de violette.	Ne verdit pas le sirop de violette.	Jaunâtre, se décolore par l'ébullition.	Ne verdit pas le sirop de violette.
État d'oxydation du fer.	Légèrement grisâtre (argile en suspension).	Insensible aux prussiates.	Limpide.	Insensible.	Jaunâtre, se décolore par l'ébullition.
Acide sulfurique, par litre.	Traces.	Peu sensible : fer au minimum.	Insensible.	Insensible.	Insensible.
Alumine et oxyde de fer, par litre.	Traces.	gr. 1,540	gr. 0,416	gr. 0,025	gr. 0,146
Chaux.	Néant.	0,052 (alumine prédominante).	0,025 (alumine prédominante).	Fortes traces (alumine prédominante).	Fortes traces (alumine prédominante).
Acide sulfurique combiné à l'alumine et au fer.	Traces.	Abondante.	Assez abond.	Assez abond.	assez abond.
Acide sulfurique restant.	gr. 0,120	gr. 0,120	gr. 0,058	gr. 0,005	gr. 0,011
Sulfate de chaux correspondant.	"	1,42	0,358	0,02	0,13
Sulfates d'alumine et de fer (protoxyde).	"	2,41	0,61	0,034	0,22
	"	0,20	0,097	0,008	0,018

Il résulte de ces expériences que l'eau d'épuisement de la mine

modifie très-légèrement la qualité de l'eau de la Bouble. Elle y introduit environ 0<sup>sr</sup>,01 de sulfates d'alumine et de fer, et 0<sup>sr</sup>,19 de sulfate de chaux par litre; la pureté de l'eau est diminuée; mais ces quantités ne sont pas suffisantes pour la rendre impropre aux usages domestiques et pour empêcher le poisson d'y vivre.

### § V. — EAUX MINÉRALES.

1<sup>o</sup> Eau de l'ancienne source Choussy (grande source ou grand bain) à la Bourboule (Puy-de-Dôme), source aujourd'hui disparue par suite des nouvelles fouilles.

L'analyse n'a pu être faite complètement, notamment en ce qui concerne l'arsenic, à cause de la petite quantité d'eau (5 litres) dont je pouvais disposer. Elle peut présenter néanmoins un certain intérêt, à cause de la disparition de la source et pour la comparaison avec les nouvelles sources de la Bourboule.

Le résidu fixe donné par l'évaporation de l'eau minérale est de 5<sup>sr</sup>,56 par litre.

J'ai trouvé la composition suivante pour 1 litre d'eau minérale :

Chlorure de sodium.....	grammes.
Sulfate de soude.....	3,605
Silice.....	0,277
Chaux à l'état de carbonate, acide arsénique, fer, alumine.....	0,036
Carbonates simples de potasse et de soude.....	0,148
	1,494
Total, résidu fixe.....	5,560

2<sup>o</sup> Eau de la source du Bagnassou (la Bourboule), source aujourd'hui disparue par suite des nouvelles fouilles.

Cette analyse, opérée sur cinq litres seulement, n'a pu être faite complètement.

Le résidu de l'évaporation pèse 5<sup>sr</sup>,848 par litre d'eau minérale. La quantité totale d'acide carbonique étant, pour un litre d'eau minérale, de 1<sup>sr</sup>,040, la quantité qui forme des bicarbonates est de

0<sup>gr</sup>,820, et il reste 0<sup>gr</sup>,220 pour les carbonates simples. L'eau minérale a donné, par litre :

	grammes.
Chlorure de sodium. . . . .	3,55
Sulfate de soude. . . . .	0,177
Chaux (carbonate), acide arsénique, fer, alumine, silice. . . . .	0,164
Carbonates et bicarbonates alcalins. . . . .	2,367
Total. . . . .	6,258
En retranchant le double équivalent d'acide carbonique des bicarbonates. . . . .	0,410
Soit par litre, résidu fixe. . . . .	5,848

### 3° Eau minérale du 2° puits Mabru à la Bourboule (source tiède, 30°).

La société Mabru a creusé à la Bourboule et utilise deux puits donnant de l'eau minérale, l'un à la température de 53°, l'autre à 30°.

L'eau de ce dernier puits a été analysée partiellement. Elle donne un résidu fixe par litre de 3<sup>gr</sup>,785 et renferme :

	grammes.
Chlorure de sodium. . . . .	2,26
Sulfate de soude. . . . .	0,156
Chaux, arsenic, fer, alumine, silice, carbonates alcalins. . . . .	1,369

En comparant ces chiffres avec ceux donnés ci-dessus pour les eaux du Grand bain et du Bagnassou, on est amené à conclure que l'eau de ce puits est formée par un mélange d'eau minérale et d'eau ordinaire, dans la proportion à peu près exacte de 2 parties d'eau thermale pour 1 d'eau froide à 10°. La comparaison des températures conduit au même résultat.

### 4° Eau thermale de Chaudesaigues (Cantal).

Analyse partielle.

Cette eau est relativement très-peu minéralisée.

L'évaporation donne un résidu fixe de 0<sup>gr</sup>,80 par litre.

L'analyse donne pour le chlore une quantité de 0<sup>gr</sup>,074 par litre, correspondant à 0<sup>gr</sup>,122 de chlorure de sodium.

### 5° Eau minérale provenant du sondage exécuté à la Bourboule, sur la rive gauche de la Dordogne.

Ce sondage a été entrepris en 1872 pour la recherche de l'eau

minérale, et a été poussé jusqu'à plus de 180 mètres sans rencontrer l'eau chaude que l'on cherchait.

A la profondeur de 34 mètres, il a trouvé une source assez abondante d'une eau minéralisée, d'une température de 23°. Elle a un goût salin et assez agréable, et renferme :

Acide sulfurique. . . . .	en petite quantité.
Chlore. . . . .	assez abondant.
Acide carbonique. . . . .	(formant des carbonates et des bicarbonates).
Arsenic. . . . .	traces.
Fer. . . . .	en petite quantité. L'eau laisse un dépôt ocreux dans les canaux.
Chaux. . . . .	assez abondante.
Magnésie. . . . .	abondante.
Potasse. . . . .	en petite quantité.
Soude. . . . .	

Le résidu de l'évaporation pèse 1<sup>gr</sup>,635 par litre.

### 6° Eau minérale de la source dite la Compissade, entre le Mont-Dore et la Bourboule (Puy-de-Dôme).

Cette source est située à environ 3 kilomètres du village du Mont-Dore, sur la rive gauche de la Dordogne. Elle est peu abondante et n'est ni captée ni utilisée. Elle a formé en dessous de ses points d'émergence des dépôts calcaires un peu ferrugineux, analogues à ceux de Saint-Nectaire. Elle est froide.

Le résidu de l'évaporation pèse 5<sup>gr</sup>,98 par litre d'eau minérale.

Elle renferme des bicarbonates, des sulfates, des chlorures (assez abondants), de la chaux (en forte proportion), de fortes traces de magnésie, de la potasse et de la soude.

### 7° Recherches d'eaux minérales au Mont-Dore.

Plusieurs fouilles ont été faites en 1872 au Mont-Dore, sur des naissants d'eau minérale groupés dans un espace peu étendu à 300 mètres au nord de l'établissement thermal, et qui paraissent correspondre à une ancienne source aujourd'hui disparue sous les remblais de la route de la Bourboule et des terrains supérieurs.

Je n'ai pu disposer, pour l'analyse, que de petites quantités d'eaux provenant de ces naissants. Elles m'ont donné les résultats suivants :

#### (a) Eau du pré Lassalas (froide) :

Le résidu fixe pèse, par litre. . . . . 0<sup>gr</sup>,38

Elle renferme un peu de chlorure, des sulfates, de la chaux, un peu de magnésie, un peu de fer et d'alumine, et des alcalis. Elle ne paraît pas renfermer d'arsenic.

Elle a donc une composition analogue à celle de la source de la Madeleine, mais renferme quatre fois moins de sels.

(b) *Eau de l'établissement des Sœurs* (17 à 18°).

Le résidu fixe pèse 0<sup>gr</sup>,39 par litre d'eau minérale.

Elle renferme, comme la précédente, des carbonates, des sulfates (en faible proportion), des chlorures, de la chaux, de la magnésie (fortes traces), du fer, de l'alumine et des alcalis. Pas d'arsenic.

(c) *Eau de la recherche Lacombe*, à l'ouest de la route de la Bourboule (froide).

Elle est très-peu minéralisée et renferme, par litre :

	grammes.
Carbonate de soude et de potasse . . . . .	0,008
Sulfate de chaux . . . . .	0,017
Chlorure de sodium . . . . .	0,004
Sulfate de fer . . . . .	0,010
Sulfate de soude et de potasse . . . . .	0,037
Aluminate de soude . . . . .	0,021
Silice . . . . .	0,051
Arsenic . . . . .	"
Matière organique . . . . .	traces
Résidu fixe . . . . .	0,148

Cette composition s'éloigne beaucoup de celle des eaux du mont-Dore, toutes proportions gardées; et l'on doit la considérer comme une eau ordinaire, simplement chargée des principes minéraux fournis par le terrain superficiel.

#### 8° *Eau d'un puits de Dallet (Puy-de-Dôme).*

Ce puits était creusé pour la recherche d'eaux minérales.

Il m'a été remis un peu moins d'un litre de liquide, et l'analyse qualitative seule a pu être faite.

Cette eau est peu minéralisée. Elle ne renferme pas d'acide carbonique ni de carbonates, et contient :

Une petite quantité d'acide sulfurique, probablement à l'état de sulfate de chaux;

Une forte proportion de chlore;

Une assez forte proportion d'alumine;

De la chaux en quantité notable;

Un peu de magnésie.

Les principes minéraux sont donc formés principalement de chlorures de calcium et d'aluminium.

#### 9° *Eau minérale de Chamalières (Puy-de-Dôme), source Dumas.*

Cette eau est captée dans un puits profond, dans lequel se dégage une grande quantité d'acide carbonique, que l'on utilise d'ailleurs pour la fabrication des limonades et eaux de Seltz.

L'eau elle-même est froide; elle est agréable à boire, a un goût un peu piquant et assez fortement salin.

En la chauffant, on dégage de nombreuses bulles de gaz, qui indiquent la présence des bicarbonates.

Elle donne par l'évaporation un résidu fixe, blanchâtre, pesant 0<sup>gr</sup>,715 pour 1 litre.

Elle renferme de l'acide carbonique, de l'acide sulfurique, un peu de chlore, de la chaux en assez forte proportion, un peu de magnésie, d'oxyde de fer et d'alumine, et d'alcalis.

Sa composition est la suivante, pour 1 litre :

	grammes.
Acide carbonique libre . . . . .	non dosé.
Bicarbonate de chaux . . . . .	0,665
Chlorure de sodium . . . . .	0,015
Sulfate de soude . . . . .	0,045
Sulfate de magnésie . . . . .	0,063
Sulfate de chaux . . . . .	0,116
Oxyde de fer et alumine (très-peu de fer) . . . . .	0,012
Matière organique . . . . .	traces
Total . . . . .	0,916

#### 10° *Eau minérale du Puy de la Poix, près Clermont-Ferrand.*

Au pied du Puy de la Poix coule une source, d'ailleurs peu abondante, remarquable par le bitume qu'elle entraîne et par l'odeur d'hydrogène sulfuré qu'elle dégage.

L'évaporation produit un précipité de soufre.

Cette eau donne un dépôt de sels très-abondant, qui pèse jusqu'à 72 grammes par litre. Ce poids doit d'ailleurs varier suivant l'abondance de la source, qui varie elle-même avec les saisons.

Ce dépôt renferme :

De l'acide sulfurique;

Pas de fer, ni d'alumine, ni de métaux précipitant par le sulfhydrate;

Un peu de chaux;

De la magnésie;  
Pas d'acide carbonique;  
Beaucoup de chlore;  
De la soude;  
Un peu de potasse;  
Pas d'acide azotique.

Il est donc formé principalement de chlorure de sodium et de sulfates de soude, de potasse, de chaux et de magnésie. Le chlorure de sodium est prédominant.

J'y ai constaté l'absence de l'iode et du brome.

Un demi-litre ayant été évaporé à sec avec une addition d'amidon, l'addition de quelques gouttes d'acide nitrique n'y a produit aucune coloration.

Le même résidu ayant été placé dans un tube avec de l'éther, l'addition d'eau acidulée par l'acide sulfurique n'a produit aucune coloration de l'éther.

Enfin le produit cristallin de l'évaporation de 11 litres d'eau, pesant 800 grammes, ayant été broyé, mis en digestion avec de l'alcool et lavé à plusieurs reprises avec de nouvelles quantités d'alcool, la dissolution alcoolique a été évaporée partiellement, additionnée d'amidon et évaporée à sec. Le résidu n'a donné aucune coloration avec l'acide nitrique.

## § VI. — SUBSTANCES DIVERSES.

### 1° *Écume de bitume de Ménétrol.*

Le produit de la petite usine de Ménétrol, près Riom, où les grès bitumineux de la mine de Cœur sont soumis à la lixivation par l'eau bouillante, est un bitume assez pur, mais retenant une forte proportion d'eau. On lui donne le nom d'écume de bitume.

733 grammes de cette écume ayant été mis à évaporer à la température ordinaire dans une capsule largement ouverte, j'y ai constaté après trois mois une perte de poids de 129<sup>gr</sup>.5, soit 17,6 p. 100, attribuable presque uniquement à l'eau contenue.

### 2° *Lignite des environs de la Bourboule (Puy-de-Dôme).*

On trouve dans le tuf trachytique des environs de la Bourboule, commune de Murat-le-Quayre, un lignite très-impur en fragments ou petites veines.

Un échantillon de ce lignite, soumis à l'analyse, a donné les résultats suivants :

20 grammes, desséchés à l'étuve (110°) ont donné une perte, représentant l'eau évaporée, de 3<sup>gr</sup>.604, soit 18,02 p. 100.

Abstraction faite de l'eau, le lignite sec renfermerait :

Carbone fixe. . . . .	14,94	}	31,39
Matières volatiles. . . . .	16,45		
Cendres. . . . .	68,61		
Total. . . . .	100,00		

### 3° *Randanite de Ceysat (Puy-de-Dôme).*

La randanite est une matière grisâtre ou jaunâtre, formée presque entièrement de silice, en partie soluble dans les alcalis. Le microscope y découvre des têts d'infusoires. Elle forme à Ceysat, sur le versant ouest du Puy-de-Dôme, un dépôt d'une épaisseur variable depuis 0<sup>m</sup>.50 jusqu'à 2 mètres, sur une étendue d'au moins 2 hectares.

Desséchée, la randanite devient blanche et très-légère.

Une quantité de 517<sup>gr</sup>.1 ayant été prise à l'état humide et exprimée de façon à faire sortir toute l'eau excédante, a été desséchée à une douce température. Elle avait conservé son volume et ne pesait plus que 75<sup>gr</sup>.9, soit 23,3 p. 100 du poids primitif. La perte, ou 76,7 p. 100, représente donc l'eau absorbée.

Cette matière est donc éminemment absorbante, et cette qualité, jointe à la nature inerte de la silice, la rend très-propre à la fabrication de la dynamite.

### 4° *Huile végétale falsifiée.*

Avec l'échantillon d'huile suspecte dont il voulait connaître l'origine, le sieur P... m'a remis un échantillon d'huile de colza pure, fabriquée par lui-même.

Ces deux huiles ont été soumises aux réactions indiquées dans le tableau ci-après. Les réactions et observations ont été comparées avec celles qu'indiquent les ouvrages spéciaux (notamment Hureaux) pour les différentes huiles végétales.

RÉACTIONS.	HUILE DE COLZA PURE (n° 1).	HUILE SUSPECTE (n° 2).	OBSERVATIONS.
Couleur . . . . .	Jaune clair.	Jaune brun.	
Odeur . . . . .	Odeur douce d'huile.	Odeur plus forte rappelant celle de la betterave.	
Point de congélation .	Se congèle très-lentement; commence à se troubler à $-9^{\circ}$ ; ne se prend pas d'abord à $-10^{\circ}$ ; mais, laissée dans le mélange réfrigérant pendant une heure ou deux entre $-10^{\circ}$ et $-4^{\circ}$ , elle se solidifie complètement en une masse jaune citron, et reste longtemps dans cet état, même quand la température remonte au-dessus de $0^{\circ}$ .	Commence à se troubler vers $-9^{\circ}$ ou $-10^{\circ}$ ; se congèle assez rapidement à $-14^{\circ}$ sans perdre complètement sa transparence; reprend sa fluidité assez rapidement à $-11^{\circ}$ .	Cette densité permet d'admettre comme huile mélangée au colza le foiné, le sésame, la baleine, l'œillette, le chènevis, le lin. Elle exclut la navette, le sulf, le pied de bœuf, l'arachide, les amandes.
Densité à $15^{\circ}$ . . . . .	D = 0,9162. . . . .	D = 0,921. . . . .	
Papier de tournesol . .	Ne rougit pas le tournesol.	Ne rougit pas le tournesol.	
Acide sulfurique de densité 1,475 ( $\text{SO}_3+4\text{H}_2\text{O}$ ).	Précipité peu épais, vert foncé par réflexion, vert sale beaucoup plus clair par transparence. Au bout de quelque temps il se sépare en bas une solution aqueuse verte foncée par transparence; l'huile surnageante est vert foncé plus clair, également par transparence, et épaisse; entre les deux est un faible dépôt bleu clair tirant sur le verdâtre.	Précipité épais, relativement clair par réflexion, vert foncé par transparence. Avec le temps il se fait un dépôt aqueux vert jaunâtre, surmonté d'un dépôt épais vert très-foncé. Au-dessus l'huile est vert jaunâtre, plus épaisse que pour l'huile de colza pure.	Cette réaction exclut comme mélange l'huile de baleine; elle pourrait convenir au sésame, au chènevis, au lin et à l'œillette.
Acide sulfurique de densité 1,530 ( $\text{SO}_3+3\text{H}_2\text{O}$ ).	Même réaction que ci-dessus. Avec le temps l'huile surnageante devient jaune verdâtre, ainsi que le dépôt aqueux, et au-dessus de celui-ci il se fait un petit dépôt bleu clair.	Même réaction première que ci-dessus. Avec le temps l'huile surnageante devient jaune sale, ainsi que le dépôt aqueux. Au-dessus de celui-ci persiste un dépôt vert foncé abondant.	Idem.
Acide sulfurique de densité 1,635 ( $\text{SO}_3+2\text{H}_2\text{O}$ ).	Précipité épais, vert clair sale par réflexion. Avec le temps la partie huileuse devient blanc grisâtre, avec un dépôt noir en dessous.	Précipité épais, vert foncé par réflexion. Avec le temps toute la masse devient noire. On ne distingue plus le dépôt aqueux.	Idem.

Acide sulfurique monohydraté. Densité 1,843.	Élévation de température de $50^{\circ}$ . L'huile devient très-épaisse, brun foncé (terre de Siègne) par réflexion, rouge brun par transparence.	Élévation de température de $60^{\circ}$ . L'huile devient très-épaisse, brun foncé par réflexion, rouge brun par transparence.	Caractères convenant bien à un mélange de colza et d'huile d'œillette.
Acide nitrique de densité 1,330.	Dépôt assez épais rosé ou couleur de chair. Au bout de quelque temps il se sépare une solution aqueuse à peu près incolore et claire. L'huile surnageante est épaisse, rose couleur de chair par réflexion, jaune rosé par transparence. Elle laisse sur le verre un dépôt blanchâtre momentané.	Dépôt épais jaune un peu sale. Au bout de quelque temps il se sépare un dépôt inférieur jauné sale, surmonté par une huile jaune brun rougeâtre, qui laisse sur le verre un dépôt momentané jaune.	Ces caractères excluent les huiles de lin et de chènevis. Ils pourraient convenir à un mélange de colza avec l'œillette et le sésame.
Nitrate acide de mercure.	Trouble presque immédiat. Coloration jaune rougeâtre claire. L'huile se solidifie en moins de trois heures et demie en une masse blanche jaunâtre opaque, avec un culot inférieur blanc grisâtre.	Trouble presque immédiat et plus fort que pour l'huile n° 1. Coloration jaune rougeâtre, également plus forte, mais analogue. En trois heures et demie le tiers du mélange est solidifié en dépôt jaune grisâtre, le reste étant encore liquide. La solidification complète a lieu en quatre heures et demie ou cinq heures, en une masse jaune sale légèrement translucide, avec culot inférieur jaune grisâtre opaque.	Caractères convenant assez bien au mélange de colza et d'œillette.
Ammoniaque.	Savon jaune citron clair, uni, épais. Au bout de quelques heures il devient jaune serin, et est solide.	Savon jaune sale foncé, grenu, moins épais qu'avec l'huile n° 1. Au bout de vingt-quatre heures il est jaune serin et diffusent. Il prend ensuite une teinte jaune grisâtre, et reste coulant.	Caractères pouvant convenir au mélange du colza avec l'œillette et peut-être le sésame.
Soude caustique.	La solution de soude traverse l'huile et se dépose au fond en restant incolore. Mélangée par la secousse et à froid, il se forme un savon coulant jaune citron. A chaud il se forme un dépôt caillote jauné citron au milieu d'une huile jaune; le dépôt forme au plus la moitié du mélange.	La solution de soude se colore en jaune en traversant l'huile. Mélangée et à froid, il se forme un savon plus épais que pour l'huile n° 1, et jauné citron un peu plus foncé. A chaud il se forme un dépôt plus abondant que pour le n° 1, jauné pâle tirant sur le citron, au milieu d'une huile jaune. Le dépôt forme les $\frac{7}{8}$ du mélange.	Idem.
		De l'huile de lin étant traitée de la même manière, la solution de soude passe sans se colorer. Le mélange à froid donne un savon jaune blanchâtre. A chaud il se forme un dépôt jauné brunâtre, le dépôt formant le tiers du mélange, et l'huile restée liquide étant elle-même jauné brunâtre.	RÉSUMÉ. Les réactions opérées indiquent pour l'huile suspecte un mélange d'huile de colza avec l'huile d'œillette (et peut-être du sésame) par parties à peu près égales (moitié de colza).

## CHALEUR ABSORBÉE, AUX TEMPÉRATURES ÉLEVÉES,

PAR LA FONTE, LES LAITIERS ET LES ACIERS.

Par M. L. GRUNER.

Dans mes dernières études sur les hauts-fourneaux, j'ai montré comment on pouvait établir, pour ces grands appareils, la balance entre la chaleur reçue et la chaleur consommée; mais je faisais observer, en même temps, que de nouvelles expériences étaient nécessaires pour fixer les quantités de chaleur réellement enlevées par les fontes et les laitiers à leur sortie des hauts-fourneaux.

J'avais admis, dans mes calculs, avec MM. Bell et Vauthaire, que la fonte grise ordinaire de forge possédait, dans ces conditions, par unité de poids, 550 calories, et les laitiers correspondants, 550 calories. J'exprimai cependant quelques doutes sur l'exactitude de ces chiffres, je les trouvai trop élevés, eu égard aux résultats obtenus par MM. Rinman, Résal et Minary, Dulait et Boulanger. C'est le motif qui m'a fait entreprendre, depuis un an, une série d'essais sur la chaleur qu'exigent, pour leur fusion, les plus importants produits des usines à fer. J'ai déjà communiqué les principaux résultats de mes recherches à l'Association française pour l'avancement des sciences, lors de sa dernière réunion à Lyon, en août 1873. Aujourd'hui je crois devoir donner ici la série complète des nombres trouvés, avec les conséquences qu'on en peut tirer au point de vue métallurgique.

Pour déterminer les quantités de chaleur, je me suis servi d'un calorimètre ordinaire à eau. Le vase, contenant l'eau, est formé de cuivre rouge et mesure au delà de 20 litres. Il est à section carrée de 0<sup>m</sup>,30 de côté sur 0<sup>m</sup>,24 de hauteur. Pour empêcher les pertes et les gains de chaleur, on l'a placé dans une caisse en bois garnie de flanelle à l'intérieur; dans le même but, je fis faire un second vase en tôle de cuivre, monté sur quatre pieds de même métal. Il est posé à l'intérieur du premier, de façon à être de toutes parts entouré d'eau. C'est dans cette sorte de capsule intérieure que l'on projette la matière incandescente, fondue ou solide, dont on veut connaître la chaleur. Le vase intérieur est aussi à section carrée; les côtés ont 0<sup>m</sup>,20 de largeur sur 0<sup>m</sup>,06 de hauteur; les pieds mesurent 0<sup>m</sup>,05; le fond en est légèrement concave. De cette façon, le corps chaud se refroidit au sein de l'eau, sans que la chaleur puisse se perdre au dehors par les parois. Un agitateur en cuivre, dont le bout de la tige porte, pour la manœuvre, une poignée de verre, permet de rendre la température de l'eau parfaitement uniforme. Pour éviter d'ailleurs toute perte appréciable, on s'arrangeait de façon à avoir au maximum des variations de température de 5 à 6°. Il suffisait pour cela, en présence d'une masse d'eau d'environ 18 litres, de ne pas employer au delà de 4 à 500 grammes de matière incandescente. J'ai constaté, du reste, par des expériences spéciales, dans le cas d'un aussi faible excès de température sur l'air ambiant, que l'eau perdait au maximum 0°,05 pendant la courte durée d'une opération. Sous ce rapport donc, la méthode adoptée offre des garanties suffisantes d'exactitude. La perte de chaleur inévitable, lors du transport de la matière incandescente depuis le fourneau au calorimètre, est évidemment supérieure à celle que peut subir le calorimètre lui-même; et, d'autre part, cette perte, due au transport, est également plus considérable que le faible gain provenant du voisinage

même des fourneaux, dont les panos pouvaient directement transmettre un peu de chaleur à la caisse du calorimètre. Pour éviter ces pertes, je me plaçais en général aussi près que possible des appareils de fusion, et, pour empêcher les gains, je garantissais, d'autre part, le calorimètre par des écrans convenables. Au reste, il ne peut être question ici de précision absolue; je n'ai pas la prétention de fournir aux physiciens des éléments rigoureux; mon but est plus modeste: il s'agit de contrôler simplement les opérations métallurgiques, d'arriver à des chiffres suffisamment approchés pour les calculs pratiques auxquels doit se livrer tout industriel, s'il veut se rendre un compte précis de la marche de ses appareils.

En général, d'après ce qui précède, les résultats trouvés doivent plutôt être considérés comme des *minima*, à cause de la chaleur perdue lors du transport de la matière incandescente. Mais les chiffres n'en sont pas moins comparables, puisque toutes les expériences ont en général été faites dans les mêmes conditions.

Les thermomètres à mercure dont je me suis servi, pour évaluer l'échauffement de l'eau, sont gradués en dixièmes de degré, et permettent ainsi facilement l'évaluation à un cinquième de degré. Dans les premières expériences, j'ai fait usage d'un instrument que m'avait prêté M. H. Sainte-Claire-Deville; plus tard j'ai eu recours à deux thermomètres pareils, construits par M. Fastré aîné, et comparés avec soin au premier.

Dans les expériences sur le fer, la fonte et l'acier, il se dégage, au premier instant, un peu d'hydrogène; c'est une cause d'erreur qui tend également à abaisser le nombre des calories. Pour l'amoindrir, il faut avoir la précaution de verser le métal fondu en filet mince, de façon à le diviser en globules isolés, dont le refroidissement est ainsi accéléré. J'ai d'ailleurs constaté, dans mes expériences, que l'oxyde de fer formé ne s'est jamais élevé à 1 gramme lors-

qu'on opérât sur 300 à 500 grammes de métal fondu. Or 1 gramme de protoxyde (\*) tient  $\frac{8}{8+28} = \frac{8}{36}$  grammes d'oxygène, poids qui se trouvait uni au huitième d'hydrogène, soit à  $\frac{1}{6}$  de gramme; mais le dégagement de cet hydrogène a dû absorber  $\frac{34462}{36} = 957$  calories, ce qui donne,

par gramme de métal, lorsqu'on opère sur 350 grammes, au plus 3 calories. Ce chiffre est d'ailleurs un maximum, puisqu'en général il s'est dégagé à peine quelques bulles d'hydrogène sans vapeur d'eau, et que le poids d'oxyde de fer formé est toujours resté fort au-dessous de 1 gramme. En tout cas, on le voit, c'est un motif pour considérer les nombres de calories trouvés comme étant quelque peu au-dessous de la réalité.

Le calorimètre vide pèse, avec le cuivre de l'agitateur, 3<sup>k</sup>,873, soit en eau 0<sup>k</sup>,368, en prenant 0,095 comme chaleur spécifique du cuivre rouge. L'eau, contenue dans le calorimètre jusqu'au repère tracé, pesait, à 15° C., 18<sup>k</sup>,417; soit, avec le cuivre compté en eau, 18<sup>k</sup>,785. Lorsque la température différait de 15°, on en tenait compte d'après la densité variable de l'eau. Si l'on désigne ce poids par  $m$  et l'accroissement de température de l'eau par  $\theta$ , on aura  $m\theta$  pour le nombre total de calories absorbées; et, si  $p$  est le poids du corps chaud, on aura pour le nombre de calories possédées par l'unité de poids du corps,  $\frac{m\theta}{p}$ .

Les expériences ont été faites, bien entendu, dans les usines mêmes, lorsqu'il s'est agi de déterminer, soit la chaleur retenue par les fontes et les laitiers à leur sortie des hauts-fourneaux, soit celle de l'acier fondu venant des cornues

(\*) Une partie est transformée en oxyde magnétique, mais, par compensation, une autre fraction des écailles formées reste plus ou moins à l'état métallique.

Bessemer et des appareils Siemens-Martin. J'ai fait ainsi quelques expériences, en octobre 1872, dans les forges de Terre-Noire, l'Homme et Givors, et je compte les multiplier bientôt dans quelques autres établissements. Mais le plus grand nombre des essais ont été exécutés dans les laboratoires de l'École des mines. J'ai fait établir dans ce but deux fourneaux différents ; pour les températures ordinaires, un four *Perrot-Wiesneg*, alimenté au gaz, dans lequel on peut facilement fondre 400 à 500 grammes de fonte en moins d'une demi-heure, et arriver même jusqu'au ramollissement des laitiers de hauts-fourneaux, mais sans pouvoir atteindre ni le point de fusion proprement dit de ces laitiers, ni celui des aciers ordinaires. Pour ces substances plus réfractaires, je me suis servi d'un four à pétrole brut, système *Audoin-Deville*, où grâce à un fort tirage, on peut ramollir et vitrifier complètement les meilleurs creusets réfractaires, surtout en garnissant, de plus, les parois intérieures du four de plaquettes minces de charbon de cornue. On fond ainsi très-facilement, en deux à trois heures, à l'aide de 10 à 12 litres de pétrole, plusieurs centaines de grammes d'acier doux ou de laitiers de hauts-fourneaux très-réfractaires. Le four Perrot reçoit un seul creuset ; le four Deville peut en contenir deux.

Les expériences faites au laboratoire offrent nécessairement plus de garanties d'exactitude que celles qui ont été réalisées dans les usines. Au laboratoire, il y a moins de pertes de chaleur lors du transport de la matière incandescente, et les autres causes d'erreurs sont aussi plus faciles à éviter. C'est au laboratoire que j'ai entrepris spécialement les essais propres à fixer la chaleur *latente* de fusion des fontes et des laitiers. Pour y arriver, on jetait, lors d'une première expérience, la matière fondue dans le calorimètre, au moment où déjà une fraction venait de se figer ; puis, lors d'une seconde opération, on opérait sur la même matière dès qu'elle se trouvait figée dans le têt où on l'avait

coulée. Ces expériences sont faciles à réaliser dans le cas de fontes blanches *pures* qui passent brusquement de l'état fluide à l'état solide ; tandis que cela est presque impossible lorsqu'on opère sur des fontes *impures*, siliceuses, phosphoreuses ou autres, qui se désagrègent avant de fondre et restent friables après s'être figées. Il en est de même des fontes grises, qui se solidifient graduellement à mesure que le carbone dissous est expulsé sous forme de graphite par le fait du refroidissement. Dans ce cas, la véritable chaleur latente est impossible à déterminer ; il y a passage graduel de l'état solide à l'état fluide ; on ne peut saisir le moment précis où le métal est, d'une part, réellement solide ; de l'autre, complètement fluide.

Il en est de même des *laitiers*. Lorsqu'ils sont *courts*, en terme de fondeur, c'est-à-dire *basiques*, ils se figent plus ou moins brusquement ; on peut alors déterminer, d'une manière approximative, leur chaleur latente ; mais lorsqu'ils sont *longs* et peuvent se *fler*, c'est-à-dire, quand la silice est en excès sur le protosilicate, alors ils sont visqueux comme le verre, ils conservent longtemps l'état plastique, et passent alors d'autant plus graduellement de l'état fluide à l'état solide que la proportion de silice est plus élevée. Si l'on compare néanmoins les états extrêmes, solide et fluide, il est évident que la différence des chaleurs abandonnées comprend, en sus, celle qui correspond à l'abaissement de température, ce n'est donc plus alors ce que l'on entend par chaleur latente proprement dite ; on trouve un chiffre trop élevé. Si l'on compare, au contraire, dans le cas des fontes *impures*, la matière solidifiée, mais encore molle, à la même matière entièrement fluide, on aura forcément une valeur trop faible.

Si l'on appelle :

$p$  le poids du corps incandescent,  
 $T$  sa température,

C sa chaleur spécifique moyenne entre  $0^\circ$  et  $T$ ,  
 $m$  le poids de l'eau échauffée,  
 $t$  la température finale de l'eau,  
 et  $\theta$  l'excès de  $t$  sur la température primitive,  
 on aura, comme on sait, la relation suivante :

$$\begin{aligned} C \cdot p \cdot (T - t) &= m\theta, \\ \text{ou } C(T - t) &= \frac{m\theta}{p}; \end{aligned} \quad (1)$$

et, dans le cas d'une substance fondue, si  $T$  est la température du point de fusion,  $T'$  celle de la masse en fusion,  $L$  la chaleur latente de fusion,  $C$  et  $C'$  les chaleurs spécifiques moyennes avant et après la fusion,

$$C(T - t) + L + C'(T' - T) = \frac{m\theta}{p}. \quad (2)$$

Ces expressions permettraient de calculer les températures, si l'on connaissait les valeurs spécifiques, ou réciproquement les chaleurs spécifiques si l'on connaissait les températures; malheureusement on tourne en réalité dans un cercle vicieux: on ne connaît exactement aucun des deux termes. Mais, à l'aide de quelques valeurs approchées, nous essayerons pourtant d'arriver à des nombres qui peuvent avoir une certaine utilité dans la pratique industrielle.

Cela dit, passons aux expériences proprement dites.

I. — EXPÉRIENCES SUR LES QUANTITÉS DE CHALEUR QUE POSSÈDENT LES FONTES A LA SORTIE DES HAUTS-FOURNEAUX ET DES CUBILOTS.

A l'usine de l'Horme, j'ai fait quelques essais sur la fonte grise de moulage. La chaleur est différente selon que la fonte est prise au trou de coulée des hauts-fourneaux, dans le bas de l'avant-creuset, ou bien vers le haut sous la couverture de laitiers. Dans le premier cas, la fonte est re-

froidie par le contact prolongé des parois; tandis que la température de la fonte, prise vers le haut du creuset, doit se rapprocher de celle qui est développée dans la région de fusion, au bas de l'ouvrage.

Le haut-fourneau avait une allure chaude; la fonte était graphiteuse et d'une teinte presque noire; le laitier blanc, très-basique, à 48 p. 100 de chaux.

N° 1. Dans une première expérience, on a pris la fonte, dans le haut du creuset, sous la couche de laitier.

On a eu

$$p = 283^{65}, \quad \theta = 4^\circ,40,$$

et, pour le poids de l'eau,

$$m = 18785^{65}.$$

Il en résulte, pour le nombre de calories, par unité de poids de la fonte,  $\frac{m\theta}{p} = 292$  calories.

N° 2. La même fonte, prise au trou de coulée, vers le bas de l'avant-creuset, a donné :

$$p = 324^{65}, \quad \theta = 4^\circ,80; \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 278 \text{ calories.}$$

N° 3. La même fonte, refondue au cubilot pour la fonderie, a été essayée deux fois. On a eu, dans le premier essai,

$$p = 180^{65},7, \quad \theta = 2^\circ,60; \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 270 \text{ calories;}$$

dans le second,

$$p = 348^{65}, \quad \theta = 5^\circ,1; \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 275 \text{ —}$$

Soit, comme moyenne. . . 272,5 cal.

Dans les quatre expériences, la fonte était assez chaude et graphiteuse pour que, même après le brusque refroidissement par l'eau, elle soit restée grise.

On voit cependant que la fonte refondue au cubilot est moins chaude que celle qui provient du haut-fourneau, surtout lorsque cette dernière est prise dans le haut du creuset, et pourtant sa température est encore, comme nous le verrons, bien supérieure à celle de son point de fusion.

N° 4. A l'usine de Terre-Noire, j'ai essayé la fonte grise que l'on fait couler directement du haut-fourneau dans la cornue Bessemer. Elle m'a donné :

$$p = 45^{\text{gr}}, 8, \quad \theta = 6^{\circ}, 7; \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 278 \text{ calories.}$$

C'est le même chiffre que celui de la fonte grise de l'Homme, provenant du fond de l'avant-creuset (n° 2). Le laitier qui accompagne la fonte est également très-basique; il renferme entre 45 et 50 p. 100 de chaux.

A Givors, chez MM. Petin et Gaudet, j'ai opéré sur les fontes de deux hauts-fourneaux différents, l'un marchant en fonte grise et chaude pour Bessemer, l'autre en fonte blanche de forge.

N° 5. La fonte grise m'a donné. . . 280 calories;

N° 6. La fonte blanche. . . . . 258 —

Si l'on rapproche ces chiffres des précédents, et si l'on se rappelle ce que j'ai dit sur les pertes, dues au transport de la fonte fondue depuis le fourneau jusqu'au calorimètre, on pourra en conclure que les fontes *chaudes* doivent posséder, au moment de leur arrivée dans le haut du creuset, environ 290 à 300 calories, ou, en tout cas, rarement plus de 310 calories; et qu'à la suite d'un séjour prolongé dans le creuset même, elles ne doivent guère retenir, à l'instant de la coulée, au delà de 280 à 285 calories. Quant aux fontes blanches, elles sont toujours moins chaudes que les fontes grises. Dans les mêmes circonstances de production, elles retiennent en général 20 calories de moins. D'après cela, il semble, ainsi que je le

faisais pressentir dans la note additionnelle à mes *Études sur les hauts-fourneaux* (\*), que les fontes emportent réellement, en sortant des fourneaux, moins de chaleur que je ne l'avais supposé. Pour les fontes *grises*, on doit plutôt admettre 300 calories au lieu de 330. Ce chiffre de 300 calories s'accorde d'ailleurs avec les nombres trouvés par MM. Rinman, Résal et Minary, Dulait et Boulanger.

Il faut néanmoins de nouvelles expériences pour pouvoir se prononcer, à cet égard, d'une façon tout à fait positive. Il peut y avoir d'assez grandes différences, d'une usine à l'autre, selon l'allure des fourneaux et la nature de la fonte.

## II. — EXPÉRIENCES SUR LES QUANTITÉS DE CHALEUR POSSÉDÉES PAR LES FONTES REFONDUES AU LABORATOIRE.

Les premières expériences ont eu simplement pour but de comparer les chaleurs que l'on peut réaliser au four à gaz et au four à pétrole, à celles que possèdent les matières fondues sortant d'un haut-fourneau.

N° 7. La fonte Bessemer de Givors (le n° 5 ci-dessus), refondue au four à gaz à une température peu supérieure au point de fusion, m'a donné :

$$p = 158^{\text{gr}}, \quad \theta = 2^{\circ}, 17, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 258 \text{ calories.}$$

N° 8. Un échantillon de fonte grise n° 3 de Clay-Lane (Cleveland), refondue au four à pétrole, à marche peu chaude, m'a fourni :

$$p = 275^{\text{gr}}, 10, \quad \theta = 3^{\circ}, 9, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 260 \text{ calories.}$$

N° 9. La fonte miroitante et manganésifère d'Eisenerz en Styrie, a été fondue au four à gaz. Elle devient fluide comme de l'eau, et reflète alors la lumière à la façon de l'argent

(\*) *Annales des mines*, 1872, tome II, p. 114.

fondu. Sensiblement chauffée au-dessus du point de fusion, elle a donné :

$$p = 417^{sr}, \quad \theta = 5^{\circ},89, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 265 \text{ calories.}$$

N° 10. Une fonte blanche de forge du Châtelet, près Charleroy, a donné dans le four à pétrole, marchant bien :

$$p = 161^{sr},5, \quad \theta = 2^{\circ},4, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 275 \text{ calories.}$$

C'est à peu près la chaleur d'une fonte grise de moulage de l'Homme coulant du cubilot.

### III. — EXPÉRIENCES ENTREPRISES EN VUE DE LA CHALEUR LATENTE DES FONTES.

J'ai fait connaître ci-dessus le procédé suivi. En général, j'ai eu recours au four à gaz, qui permet la fusion rapide des fontes. Dans certains cas, j'ai dû prendre la moyenne de deux expériences pour avoir la chaleur d'un culot de fonte à peine figé. Si l'on prend, en effet, le culot dès qu'il vient de se figer à l'extérieur, on s'expose à l'avoir encore fluide au centre; et si l'on attend jusqu'à la solidification complète du centre, l'extérieur se trouve alors déjà sensiblement refroidi. Il faut donc opérer successivement en se plaçant dans les deux conditions extrêmes, puis prendre la moyenne des résultats.

Voici d'abord les expériences faites en vue des chaleurs latentes des fontes *grises*.

a) *Nombre de calories possédées par les fontes sur le point de se figer.*

N° 11. Fonte grise du Cleveland :

$$p = 245^{sr}, \quad \theta = 3^{\circ},15, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 241,5^{cal.}$$

N° 12. Fonte truitée grise :

$$p = 280^{sr}, \quad \theta = 3^{\circ},75, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 245,7^{cal.}$$

N° 13. Fonte grise d'Auclain (Cleveland) :

$$p = 185^{sr}, \quad \theta = 2^{\circ},40, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 246,5$$

Moyenne des trois fontes. . . 244,5

b) *Nombre de calories retenues par les fontes grises immédiatement après leur solidification.*

N° 14. Fonte grise d'Auclain (Cleveland) :

$$p = 196^{sr}, \quad \theta = 2^{\circ},51, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 221,4^{cal.}$$

N° 15. Fonte grise très-tenace, au bois :

$$p = 146^{sr},7, \quad \theta = 1^{\circ},75, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 222,0$$

Moyenne. . . . . 221,7

Par suite, la chaleur latente des fontes grises serait égale à 244,5 — 221,7, soit 22<sup>cal</sup>,8. Mais le chiffre réel est évidemment plus élevé. Les fontes grises, comme je l'ai dit, passent graduellement de l'état solide à l'état fluide. En réalité, leur chaleur latente doit pour le moins être de 25 calories.

Passons, en second lieu, aux expériences propres à fournir la chaleur latente des fontes *blanches*. J'ai opéré plus particulièrement sur des fontes blanches *pures*, qui passent brusquement de l'état fluide à l'état solide.

a) *Nombre de calories possédées par les fontes blanches sur le point de se figer.*

N° 16. Fonte blanche miroitante d'Eisenerz (Styrie) :

$$p = 365^{sr}, \quad \theta = 4^{\circ},46, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 228 \text{ calories.}$$

N° 17. Fonte blanche de *Longwy* au coke, légèrement phosphoreuse :

$$p = 156^{sr}, \quad 0 = 1^{\circ},88, \quad \text{d'où } \frac{m0}{p} = 226 \text{ calories.}$$

N° 18. Même fonte blanche de *Longwy*, refondue une seconde fois, et probablement un peu affinée :

$$p = 120^{sr}, \quad 0 = 1^{\circ},50, \quad \text{d'où } \frac{m0}{p} = 255 \text{ calories.}$$

Moyenne. . . . . 229<sup>cal.</sup>,7

On voit par ce chiffre, comparé à celui de 244<sup>cal.</sup>,5, fourni par les fontes grises, que celles-ci exigent 14<sup>cal.</sup>,8 de plus pour se fondre.

b) *Nombre de calories retenues par les fontes blanches immédiatement après leur solidification.*

N° 19. Fonte blanche miroitante d'Eisenerz :

$$p = 152^{sr}, \quad 0 = 1^{\circ},35, \quad \text{d'où } \frac{m0}{p} = 192,1$$

N° 20. Même fonte blanche d'Eisenerz :

$$p = 99^{sr}, \quad 0 = 1^{\circ},02, \quad \text{d'où } \frac{m0}{p} = 192,0$$

N° 21. Fonte blanche du Châtelet (Charleroy), moins pure et repassant moins brusquement à l'état solide que la précédente :

$$p = 168^{sr},5, \quad 0 = 1^{\circ},82, \quad \text{d'où } \frac{m0}{p} = 203,0 (*)$$

Moyenne. . . . . 195,7

Ce qui donne, pour la chaleur latente des fontes blanches, 229,7 — 195,7 = 34 calories.

(\*) Ce chiffre, relativement élevé, est dû à l'incomplète solidification de la fonte du Châtelet, qui n'est pas aussi pure que celle d'Eisenerz.

Ce chiffre, comme cela était à prévoir, est plus élevé que la chaleur latente des fontes grises, ou du moins que le nombre de 22<sup>cal.</sup>,8 donné par l'expérience, mais qui ne saurait représenter, comme je l'ai dit, la véritable chaleur latente de ces fontes, puisqu'elles restent encore molles après être figées.

#### IV. — EXPÉRIENCES RELATIVES A LA CHALEUR DE FUSION ET LA CHALEUR LATENTE DES LAITIERS.

J'ai essayé vainement de déterminer la chaleur que possèdent les laitiers des fontes *grises* à leur sortie des hauts-fourneaux, du moins lorsque, comme à l'Horre et à Givors, ces laitiers sont très-calcaires. Dès qu'on les coule dans l'eau du calorimètre, ils viennent surnager sous forme de pierre ponce incandescente. Il s'en dégage des gaz, et beaucoup de chaleur s'échappe alors en pure perte. Les sulfures de calcium et de manganèse, en dissolution dans les laitiers basiques, sont décomposés par l'eau avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Le même accident ne se produit pas avec les laitiers plus siliceux des fontes de forge, qui n'ont pas la propriété de dissoudre les sulfures, ni même avec les laitiers basiques refondus au four à pétrole. Dans ce dernier cas, les sulfures sont oxydés par l'air, au moment de la refonte, et l'eau n'est plus décomposée. Les laitiers se grenailent tranquillement et se transforment en globules compactes vitreux sans la moindre apparence ponceuse.

Par les motifs que je viens de signaler, je n'ai pu déterminer, dans les usines mêmes, que la chaleur d'un laitier de fonte de forge, de celui qui accompagnait la fonte de Givors, ci-dessus notée sous le n° 6 ; il m'a donné :

$$\text{N° 22. } p = 256^{sr},10, \quad 0 = 5^{\circ},2, \quad \text{d'où } \frac{m0}{p} = 421 \text{ calories.}$$

Ce laitier contient 47,5 p. 100 de silice et 51,5 p. 100 de chaux, tandis que celui de la fonte grise Bessemer renferme

35 à 36 p. 100 de silice sur 45 à 50 p. 100 de chaux. Le laitier de la fonte de forge se présente, après le grenailage dans le calorimètre, sous forme de globules noirs vitreux.

Ne pouvant essayer directement le laitier de la fonte Bessemer de Givors, j'en ai refondu un certain poids dans un creuset de platine, chauffé pendant deux heures au four à pétrole. Deux expériences successives m'ont donné :

$$\text{N}^{\circ} 23. \quad p = 84^{\text{gr}},0 \quad \theta = 1^{\circ},81, \quad \text{d'où} \quad \frac{m\theta}{p} = 405 \text{ calories.}$$

$$\text{N}^{\circ} 24. \quad p = 67^{\text{gr}},5, \quad \theta = 1^{\circ},44, \quad \text{d'où} \quad \frac{m\theta}{p} = 401 \text{ calories.}$$

Moyenne. . . . . 405 calories.

Le laitier grenailé se présentait sous forme de globules vitreux, jaunes dorés, transparents. Ce chiffre de 405 calories est moins élevé que celui que nous venons de trouver pour le laitier de forge à la sortie du haut-fourneau, et cependant il est certain que l'allure pour fonte Bessemer est plus chaude. On peut donc simplement conclure de là que le four à pétrole n'était pas aussi chaud, du moins dans cette expérience, que l'ouvrage du haut-fourneau, et en effet le laitier refondu était certainement moins fluide en coulant du creuset de platine que du trou de percée du haut-fourneau.

Au reste, le four à pétrole peut développer aussi une chaleur plus élevée. Dans une autre expérience, j'ai refondu un laitier blanc cristallin de Swartnäss, en Suède, qui est magnésien et bisilicaté. Il coulait facilement, s'étirait en fils longs, et a donné, dans l'eau, des larmes transparentes d'un beau vert émeraude. Les éléments de l'expérience sont les suivants :

$$\text{N}^{\circ} 25. \quad p = 115^{\text{gr}},5, \quad \theta = 2^{\circ},67, \quad \text{d'où} \quad \frac{m\theta}{p} = 454 \text{ calories.}$$

Ce chiffre ne doit pas être fort éloigné de celui qui correspond à la température des hauts-fourneaux au bois, car

M. Rinman indique 430 calories pour un laitier analogue et 441 calories pour la chaleur la plus élevée, constatée dans ses expériences.

Mais les hauts-fourneaux au coke, à laitiers basiques, sont certainement plus chauds ; et pourtant je ne puis croire que ces laitiers retiennent plus de 500 calories, puisqu'ils fondent, et peuvent même facilement couler, en ne possédant que 400 calories.

De nouvelles expériences sont cependant nécessaires, et je me propose de les renouveler bientôt ; toutefois, je le répète, je ne puis admettre, d'après les chiffres ci-dessus trouvés, que les laitiers de fonte grise, même chaude, tiennent plus de 500 calories.

MM. Dulait et Boulanger ont trouvé 433 calories pour le laitier d'une fonte d'affinage et 492 pour celui d'une fonte de moulage.

J'ai signalé les difficultés et même l'impossibilité de la détermination de la chaleur latente des laitiers, le passage de l'état fluide à l'état solide étant trop graduel. J'ai cependant entrepris une expérience dans ce but, afin d'avoir au moins une idée approchée de la valeur de cet élément.

Le laitier blanc cristallin de Swartnäss a été chauffé jusqu'à ramollissement au four à gaz, et précipité en cet état dans le calorimètre. On a eu :

$$\text{N}^{\circ} 26. \quad p = 142^{\text{gr}},5, \quad \theta = 2^{\circ},58, \quad \text{d'où} \quad \frac{m\theta}{p} = 540 \text{ calories.}$$

En rapprochant ce chiffre des 454 calories trouvées comme chaleur de fusion, on en peut conclure que la chaleur latente est, en tout cas, bien inférieure à la différence de 94 calories ; car, d'une part, dans la première expérience, le laitier fut réellement porté notablement au-dessus du point de fusion, et, dans la seconde, il commençait à peine à se ramollir le long des arêtes aiguës du fragment. Puisque le laitier fondu n° 24 ne possédait que 401 calories, et que

le ramollissement *total* du laitier n° 26 n'e pouvait guère avoir lieu au-dessous de 350 calories, on voit qu'il est difficile d'admettre plus de 50 calories pour la chaleur latente réelle des laitiers.

A l'appui de cette assertion, je mentionnerai deux expériences faites sur les chaleurs de fusion de scories bisilicatées, obtenues dans l'usine Verdié de Firminy au four Siemens-Martin. Ces scories, riches en manganèse, proviennent du traitement ordinaire de fontes pures, pour acier doux, par des additions de fer puddlé et de minerais de manganèse.

D'après une analyse que je fis exécuter au bureau d'essai de l'École des mines, elles se composent de :

Silice. . . . .	55,90
Alumine. . . . .	3,35
Protoxyde de fer. . . . .	11,80
Protoxyde de manganèse. . . . .	26,66
Chaux, magnésie, etc. (par différence). . . . .	4,51

100,00

Elles sont cristallines et de couleur brune.

Lors d'une première expérience, la scorie a été refondue dans un creuset de platine et coulée dans le calorimètre au moment où elle allait se figer. Elle se présente alors sous forme de grenailles vitreuses foncées. On a eu :

$$\text{N}^{\circ} 27. \quad p = 89^{\text{sr}}, \quad \theta = 1^{\circ},96, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 413,7.$$

Dans une deuxième opération, la même scorie a été simplement ramollie au four à gaz, et jetée en cet état dans le calorimètre. Les éléments sont :

$$\text{N}^{\circ} 28. \quad p = 107^{\text{sr}}, \quad \theta = 2^{\circ},27, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 368,0,$$

$$\text{Ce qui donne une différence de. . . } 45,7,$$

comme valeur approximative de la chaleur latente de cette scorie.

On voit par le chiffre de 413 calories, rapproché de ceux des expériences n° 22 à 25, que ces scories *peu calcaires* du four Martin ne sont guère plus fusibles que les laitiers des hauts-fourneaux, malgré la teneur assez élevée en oxydes de manganèse et de fer. Par contre, les scories des fours de réchauffage des usines à fer, tenant au maximum 30 à 35 p. 100 de silice, sont beaucoup plus fusibles. Une scorie ferrugineuse pareille a fondu facilement au four à gaz, et a passé brusquement de l'état très-fluide à l'état solide.

Elle est à grandes laines cristallines, d'un gris noir métallique et donne, par sa coulée dans l'eau, une masse vitreuse d'un noir de jais.

Une première expérience m'a donné, pour la chaleur de la scorie près de se figer :

$$\text{N}^{\circ} 29. \quad p = 142^{\text{sr}},5, \quad \theta = 2^{\circ},40, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 516 \text{ calories,}$$

et une seconde, dans les mêmes conditions de température :

$$\text{N}^{\circ} 30. \quad p = 104^{\text{sr}}, \quad \theta = 1^{\circ},76, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 319 \text{ calories.}$$

On voit par là que même ces scories exigent, pour se fondre, plus de chaleur que la fonte, et que leur chaleur spécifique, comme celle des laitiers, est notablement plus élevée que celles des fontes et des fers.

Je citerai ici, à titre de simple renseignement, un essai fait sur un fragment de brique réfractaire de Choisy-le-Roi. On l'a chauffé dans le four à gaz jusqu'au point de fusion de la fonte blanche. Les éléments de l'expérience sont :

$$\text{N}^{\circ} 31. \quad p = 353^{\text{sr}},5, \quad \theta = 5^{\circ},4, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 287 \text{ calories.}$$

Cette expérience prouve que l'argile réfractaire aussi a une chaleur spécifique plus considérable que le fer.

## V. — EXPÉRIENCES RELATIVES A LA CHALEUR DE FUSION DE L'ACIER.

A l'usine de Terre-Noire, en octobre 1872, j'ai opéré sur l'acier Bessemer et l'acier Martin, sortant des appareils de fabrication lors de la coulée ordinaire. L'acier Bessemer était chaud et doux ; on l'a obtenu avec de la fonte passablement siliceuse, dans une opération de longue durée et avec simple addition de ferro-manganèse, jeté froid dans la cornue vers la fin du travail.

N° 32. Les éléments de l'expérience sont :

$$p = 245^{\text{gr}}, 8, \quad \theta = 4^{\circ}, 0, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 308 \text{ calories.}$$

L'acier Martin paraissait moins chaud que l'acier Bessemer. Il est, au reste, comme ce dernier, principalement destiné à la fabrication des rails.

N° 33. L'expérience m'a donné :

$$p = 560^{\text{gr}}, 7, \quad \theta = 8^{\circ}, 6, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 238 \text{ calories.}$$

Ce dernier résultat me paraît cependant un peu faible, eu égard surtout aux 308 calories de l'acier Bessemer. Il faut l'attribuer au poids trop considérable de matière employée dans l'essai calorimétrique, ce qui a entraîné un plus fort dégagement d'hydrogène et un plus grand excès de température de l'eau du calorimètre, d'où une perte plus sensible de chaleur. C'est une expérience à refaire. Il est peu probable que l'acier ordinaire retienne beaucoup moins de 300 calories à l'état fondu. C'est du moins ce qui semble résulter de l'expérience suivante.

N° 34. On a fondu au four à pétrole, au bout de trois heures de feu, un certain poids d'acier en barres, préparé sous mes yeux, à Langley-Mill, par le procédé Heaton (\*).

(\*) C'est l'acier de la quatrième opération faite avec de la fonte de Longwy. *Annales des mines*, 1869, tome XVI, p. 212.

C'est de l'acier à 0,0035 de carbone et 0,0025 de phosphore.

Les éléments de l'essai sont :

$$p = 505^{\text{gr}}, \quad \theta = 4^{\circ}, 85, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 299 \text{ calories.}$$

Ces essais sur la fusion de l'acier sont encore insuffisants ; je compte les multiplier, mais déjà on en peut conclure que si l'acier fondu retient plus de chaleur que la fonte simplement refondue, sa température n'est cependant guère plus élevée que celle de la fonte grise sortant d'un haut-fourneau à allure très-chaude.

Les expériences suivantes ont été faites en vue de déterminer le nombre de calories correspondantes à certains degrés de température du fer, appréciés par les diverses nuances de la couleur du feu, admises dans les ateliers.

N° 35. On a chauffé un fragment d'acier Heaton étiré, chauffé au four à gaz jusqu'à la température du *rouge cerise franc* (\*). Les données de l'expérience sont :

$$p = 225^{\text{gr}}, \quad \theta = 2^{\circ}, 00, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 167 \text{ calories.}$$

N° 36. Le même fragment, chauffé jusqu'à l'*orange foncé*, m'a donné :

$$p = 225^{\text{gr}}, \quad \theta = 2^{\circ}, 32, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 194 \text{ calories.}$$

N° 37. Un autre fragment d'acier, chauffé à la température la plus élevée du four à gaz, à l'*orange clair passant au blanc*, a fourni :

$$p = 411^{\text{gr}}, \quad \theta = 4^{\circ}, 65, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 211,6^{\text{cal.}}$$

C'est une température peu supérieure à celle de la fusion des fontes grises.

(\*) C'est l'échantillon n° 1, que m'avait adressé M. Fairbairn. (Voir les *Annales des mines*, tome XVII, p. 351, année 1870.)

N° 38. Une fonte blanche, à demi affinée, a été jetée dans le calorimètre (après avoir subi la fusion au four à pétrole), au moment où elle venait de se figer.

L'expérience a donné :

$$p = 62^{\text{gr}},5, \quad \theta = 0^{\circ},78, \quad \text{d'où } \frac{m\theta}{p} = 253 \text{ calories.}$$

C'est une température plus élevée que celle du point de solidification des fontes grises.

#### VI. — CONSÉQUENCES DÉDUITES DES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES.

Voyons maintenant jusqu'à quel point les divers nombres, que nous venons de trouver, s'accordent avec ce que l'on sait des températures de fusion et des chaleurs spécifiques du fer, de la fonte et des aciers.

D'après Dulong et Petit, la chaleur spécifique moyenne du fer doux est de :

$$0,1083 \text{ entre } 0^{\circ} \text{ et } 100^{\circ}, \\ \text{et } 0,1218 \text{ entre } 0^{\circ} \text{ et } 500^{\circ};$$

soit, pour 200°, une différence de 0,0150; et, par suite, par 100°, une augmentation de 0,0065.

D'autre part, M. Person (\*) a trouvé, pour la chaleur spécifique moyenne du fer, entre 0° et 1000°, le nombre 0,1710, ce qui donne :

$$\text{Pour } 900^{\circ} \text{ une différence. . . . . de } 0,0622, \\ \text{ou par } 100^{\circ} \text{ un accroissement moyen de } 0,0069;$$

par suite, environ 0,007 d'accroissement par 100° pour les limites supérieures de 1050° à 1100°, qui représentent, d'après Pouillet (\*\*), les températures de fusion (au thermomètre à air) des fontes blanches. Eh bien, appliquons

(\*) *Annales de physique et de chimie*, 3<sup>e</sup> série, tome XXIV.

(\*\*) *Comptes rendus*, tome III.

ces données aux nombres de calories ci-dessus rapportés. Admettons comme chaleur spécifique moyenne du fer entre 0° et 1100°, le nombre que nous venons de trouver, soit

$$0,1710 + 0,007 = 0,178,$$

et introduisons cette valeur de C dans la formule (1) de la page 250, nous aurons :

$$(T - t) = \frac{m\theta}{p}.$$

Or, au moment de la solidification, la fonte miroitante d'Eisenerz (n° 19) renferme 192 calories; nous aurions donc, pour cette fonte,

$$(T - t) = \frac{192}{0,178} = 1073^{\circ},$$

Et, comme l'eau du calorimètre a en général une température de 15° à 20° vers la fin des expériences, on peut poser  $t = 18^{\circ}$ ; ce qui donne  $T = 1055^{\circ}$ .

La fonte moins fusible du Châtelet (n° 21) donnerait, de la même manière :

$$(T - t) = \frac{205}{0,178} = 1140^{\circ}; \quad \text{d'où } T = 1122^{\circ}.$$

On voit que ces nombres s'accordent assez bien avec les températures trouvées par Pouillet. Mais, d'un autre côté, M. Regnault a constaté que la chaleur spécifique des fers augmentait avec le degré de carburation (\*). A la température ordinaire, c'est-à-dire entre 0° et 100°, il a trouvé pour la chaleur spécifique :

Du fer doux. . . . .	0,1158
De l'acier. . . . .	0,1190
Du fin-métal. . . . .	0,1270
De la fonte blanche. . . . .	0,1298

(\*) *Annales de physique et de chimie*, 3<sup>e</sup> série, tome LXXIII, p. 57.

Il semble donc qu'aux températures élevées de 1000° à 1200°, la chaleur spécifique des fontes pourrait être un peu supérieure au chiffre de 0,178, ce qui donnerait alors des températures de fusion plus faibles que celles qui résultent des expériences de Pouillet. On se rapprocherait ainsi des chiffres moins élevés de M. E. Becquerel, qui, pour la fusion de l'argent, a trouvé (\*) :

960° au lieu des 1000° de Pouillet,  
et, pour l'or, 1092° — des 1200° —

Mais, comme je désire faire ressortir plutôt les températures relatives que les températures absolues, je conserverai, du moins pour le moment, les chaleurs spécifiques ci-dessus trouvées, d'après les données de MM. Dulong et Petit, et Person. Or, si l'on applique ces données aux fontes grises, on trouve également une température de fusion qui s'accorde assez bien avec celle de Pouillet. Ainsi, d'après ce savant, les fontes grises fondent vers 1200°; d'autre part, la chaleur spécifique moyenne du fer est, dans ces conditions, de

$$0,171 + 2 \times 0,007 = 0,185;$$

donc on aurait, pour les fontes grises,

$$(T - t) = \frac{m\theta}{p} = \frac{m\theta}{0,185}$$

Or, la moyenne des expériences nos 14 et 15 donne pour

$$\frac{m\theta}{p} = 221^{\text{cal.}}, 7;$$

$$\text{d'où } (T - t) = \frac{221,7}{0,185} = 1198^{\circ}; \text{ ou } T = 1180^{\circ};$$

(\*) *Annales de physique et de chimie*, 5<sup>e</sup> série, tome LXVIII, p. 49. On peut, d'autre part, remarquer ici que MM. Silbermann et Jacquelin ont au contraire trouvé des valeurs plus élevées, 5<sup>e</sup> série, tome XXIV.

soit 125° de plus que la température de fusion des fontes blanches pures.

Le rouge cerise franc est compris, d'après Pouillet, entre 900° et 1000°. On aurait donc, vers cette température, comme chaleur spécifique moyenne :

$$0,171 - 0,0035 = 0,1675,$$

$$\text{et } (T - t) = \frac{m\theta}{p} = \frac{m\theta}{0,1675}$$

Mais l'expérience n° 35 a donné, dans ces conditions :

$$\frac{m\theta}{p} = 167 \text{ calories; d'où } (T - t) = \frac{167}{0,1675} = 997^{\circ},$$

soit  $T = 979^{\circ}.$

Le n° 36 fournit de même 194 calories à la température de l'orange foncé, correspondant à 1100° d'après Pouillet. Or, la formule (1) donne, dans ce cas :

$$(T - t) = \frac{194}{0,178} = 1090^{\circ}, \text{ ou } T = 1072^{\circ}.$$

On voit donc que l'accord est assez satisfaisant, et pourtant l'expérience n° 37, comparée à la moyenne des nos 14 et 15, prouve bien qu'aux températures élevées, comme à la température ordinaire, la chaleur spécifique de la fonte est réellement supérieure à celle de l'acier. On voit, en effet, qu'à la chaleur de l'orange clair, où la fonte grise fond facilement, l'acier n'a absorbé que 211<sup>cal.</sup>,6, tandis que la fonte grise récemment figée en possède 221,7. Toutefois, n'oublions pas que si la chaleur spécifique de la fonte est plus élevée, cela tient précisément à la circonstance que le métal commence à se désagréger bien avant de devenir fluide. C'est là aussi, comme je l'ai dit, le motif de la chaleur latente si faible des fontes grises.

En tous cas, on peut conclure de ce qui précède que nos expériences calorimétriques, sur la *chaleur de fusion* des fontes, s'accordent assez bien avec les *températures de fusion* trouvées par Pouillet.

Cherchons, en second lieu, à évaluer les températures que possèdent les fontes à la sortie des hauts-fourneaux. Reprenons, à cet effet, la formule (2) de la page 230, à savoir :

$$C(T-t) + L + C'(T' - T) = \frac{m\theta}{p},$$

où  $\frac{m\theta}{p}$  représente le nombre de calories possédées par les fontes au moment de la coulée.

T la température de fusion de la fonte ;

T' la température de la fonte lors de la coulée ;

t la température de l'eau du calorimètre à la fin de l'expérience ;

C et C' les chaleurs spécifiques moyennes des fontes solides et fondues ;

enfin L la chaleur latente des fontes.

Observons d'abord que le terme  $C(T-t) + L$  est connu, d'après ce qui précède ; c'est le nombre de calories que possèdent les fontes *fondues sur le point de se figer*. La valeur moyenne de ce terme est, d'après nos expériences, de

244<sup>cal.</sup>,5 pour les fontes grises,

et de 229<sup>cal.</sup>,7 pour les fontes blanches.

Si nous représentons ce terme par B, nous aurons :

$$C'(T' - T) = \frac{m\theta}{p} - B,$$

ou 
$$C'\theta' = \frac{m\theta}{p} - B, \quad (3)$$

en désignant par  $\theta'$  l'excès de température sur le point de fusion.

Malheureusement, on ne connaît pas C', la chaleur spé-

cifique moyenne de la fonte fondue, correspondant à l'excès de température  $\theta'$ . On sait seulement, par les expériences de M. Person, que, dans le cas des métaux, C' est en général un peu supérieur à C, mais que la différence ne semble pas devoir excéder de beaucoup celle qui correspond à la simple élévation de température. Si donc la valeur de C est comprise entre 0,17 et 0,18 pour les fontes blanches et entre 0,18 et 0,19 pour les fontes grises, il n'est pas probable que C' puisse différer beaucoup de 0,20 dans le premier cas et de 0,21 dans le second cas. Voyons, en tout état de cause, à quelles températures on arrive dans cette hypothèse.

Prenons d'abord la fonte *blanche* de forge de Givors, le n° 6, qui nous a donné  $\frac{m\theta}{p} = 258$  calories.

La formule (3) devient alors :

$$C'\theta' = 258 - 229,7 = 28^{\text{cal.}},5,$$

$$\text{d'où} \quad \theta' = \frac{28,5}{0,20} = 141,5,$$

$$\text{et, par suite, } T' = \theta' + T = 141,5 + 1100 = 1241,5,$$

valeur qui ne doit pas être fort éloignée de la réalité, quoiqu'elle soit plutôt un peu faible.

On sait aussi, d'après ce qui précède, que les fontes blanches possèdent en général, lors de leur formation, 270 à 280 calories. Or, si l'on partait de ce dernier chiffre, on trouverait :

$$C'\theta' = 280 - 229,7 = 50^{\text{cal.}},5,$$

$$\text{d'où} \quad \theta' = \frac{50,5}{0,20} = 251, \quad \text{et } T' = 1351;$$

ce qui est à peu près la température de fusion des aciers ordinaires.

D'autre part, la fonte *grise* des essais nos 2 et 4 nous a donné  $\frac{m\theta}{p} = 278$  calories.

La formule (3) deviendrait par conséquent, dans ce cas :

$$C' \theta' = 278 - 244,5 = 33^{\text{cal}},5,$$

$$\text{d'où} \quad \theta' = \frac{33,5}{0,21} = 159^{\circ},5,$$

$$\text{et, par suite, } T' = \theta' + T = 159^{\circ},5 + 1200 = 1359^{\circ},5.$$

Lorsque enfin les fontes grises possèdent 500 calories, ce qui est le cas des allures très-chaudes, on trouve :

$$C' \theta' = 500 - 244,5 = 255^{\text{cal}},5,$$

$$\text{d'où} \quad \theta' = \frac{255,5}{0,21} = 1217^{\circ};$$

$$\text{et} \quad T' = 1217 + 1200 = 2417^{\circ},$$

chiffre plutôt un peu faible, puisque le fer doux fond vers 1500° d'après Pouillet, et qu'une barre de fer, plongée dans l'ouvrage d'un haut-fourneau, est rapidement fondue. La valeur réelle de  $C'$  serait donc plutôt un peu inférieure à 0,21.

Il ne nous est pas possible, pour le moment, de vérifier les températures de fusion de l'acier; nous remarquerons seulement que comme la chaleur spécifique de l'acier est un peu plus faible que celle des fontes, on peut approximativement apprécier l'excès de température de l'acier fondu sur la fonte.

L'expérience n° 52 nous a donné, pour l'acier Bessemer à Terre-Noire, 508 calories, lorsque, d'autre part, la fonte, prise dans la même usine au moment où on la coulait dans l'appareil Bessemer, n'a donné que 278 calories (expérience n° 4). L'excès de chaleur, communiqué au métal par l'affinage, est, par suite, de 230 calories, ce qui conduirait à une différence de température de 150°, en admettant 0,20 pour la chaleur spécifique de l'acier en fusion, au lieu des 0,21 admis pour la fonte grise. Or, comme nous venons de trouver

1359°,5 pour la température de cette fonte à 278 calories, on aurait pour l'acier Bessemer 1500 à 1510°.

D'un autre côté, puisque l'expérience n° 54 nous a donné, pour l'acier fondu ordinaire, 299 calories, tandis que la fonte à allure très-chaude peut tenir jusqu'à 500 calories, prise dans l'ouvrage des hauts-fourneaux, on voit que la température, dans cette partie de l'appareil, ne saurait différer beaucoup de celle d'un four de fusion pour acier.

Enfin, en ce qui concerne les laitiers, cherchons à apprécier leur chaleur spécifique moyenne aux températures élevées.

On admet généralement que la chaleur spécifique de l'argile et des silicates est de 0,21 à la température ordinaire; mais cet élément doit croître avec la température, comme dans le cas des métaux.

L'expérience n° 31 m'a donné pour une brique réfractaire, chauffée jusqu'à la température de fusion des fontes blanches, 287 calories.

En prenant 1100° pour cette température, on aurait pour la chaleur spécifique moyenne de l'argile, entre 0 et 1100°,

$$\frac{287}{1100} = 0,26.$$

Le laitier de Swartnäss, n° 26, chauffé au four à gaz jusqu'à faible ramollissement, a donné 540 calories. C'est une température d'environ 1200°. On aurait donc pour la cha-

$$\text{leur spécifique moyenne } \frac{540}{1200} = 0,45 (*).$$

(\*) Ce chiffre diffère peu des résultats trouvés par le D<sup>r</sup> Schintz, dans ses recherches sur les hauts-fourneaux. Comme moyenne de quatre laitiers, il donne, pour la chaleur spécifique vers 100°, 0,1477, et comme accroissement par chaque 100°, 0,01145, ce qui conduit, pour 1200°, au nombre 0,1477 + 11 × 0,01145 = 0,2756, chiffre qui doit rester un peu au-dessous de la réalité, à cause du ramollissement des laitiers vers 1200°.

D'autre part, les 340 calories peuvent être comparées aux 211<sup>cal</sup>,6 de l'expérience n° 37, donnée par une barre d'acier, qui fut chauffée dans le même four et à la même température; donc la chaleur spécifique du laitier doit être les

$$\frac{340}{211,6} = 1,607$$

de celle de l'acier.

En comparant de même les 258 calories de la fonte Bessemer de Givors (n° 7) aux 405 calories du laitier correspondant (n° 23 et 24), on trouve :

$$\frac{405}{258} = 1,562.$$

La moyenne de ces deux rapports est de 1,584, et, comme la chaleur spécifique du fer est égale à 0,185 entre 0 et 1200°, on aurait finalement pour celle du laitier entre les mêmes limites :

$$0,185 \times 1,584 = 0,29.$$

En résumé donc la chaleur spécifique moyenne des laitiers, aux températures élevées, serait de 0,28 à 0,29, ou à peu près les  $\frac{16}{10}$  de celle du fer.

Ceci confirme indirectement notre conclusion précédente, au sujet des chaleurs de fusion des laitiers; car, si les fontes grises, dans les allures chaudes, possèdent 300 calories à la sortie des hauts-fourneaux, les laitiers correspondants ne sauraient en contenir plus de 500, puisque le rapport  $\frac{500}{300} = 1,66$  est déjà un peu supérieur au rapport réel qui paraît exister entre les chaleurs spécifiques des laitiers et des fontes aux mêmes températures.

Ces divers rapprochements méritent toutefois confirmation; de nouvelles expériences sont encore nécessaires pour fixer d'une façon positive les chaleurs respectives du fer et des laitiers; constatons seulement, en terminant, que la chaleur spécifique des laitiers, aux températures élevées, est

un peu plus forte que celle de l'argile réfractaire : 0,28 à 0,29, au lieu de 0,26, ce qui est dû au ramollissement graduel des laitiers à partir de 1100 à 1200°.

*Conclusions.* — En résumé, ce premier travail, que nous nous proposons de poursuivre, nous permet de conclure :

1° Que les fontes *grises* n'entraînent en général, à leur sortie des hauts-fourneaux, que 280 à 285 calories; mais qu'elles possèdent souvent, au moment de leur arrivée dans le haut du creuset, 300 à 310 calories.

2° Que les fontes *blanches* possèdent ordinairement, dans les mêmes conditions de production, 20 calories de moins.

3° Que les fontes *grises*, sur le point de se figer, retiennent encore . . . . . 244 à 245 calories.  
et, immédiatement après leur solidification. . . . . 221 à 222

4° Que les fontes *blanches*, sur le point de se figer, possèdent. . . . . 226 à 235  
et, après la solidification. . . . . 192 à 203

Ce qui donne pour la *chaleur latente* des fontes *blanches*. . . . . 52 à 54  
et seulement 23 calories pour les fontes *grises*; différence qui provient de ce fait que les fontes *grises* impures restent *molles et à demi désagrégées* après leur solidification, tandis que les fontes pures se figent brusquement.

5° Que la chaleur possédée par les laitiers est à peu près égale aux  $\frac{16}{10}$  de celle que retiennent les fontes aux mêmes températures; c'est-à-dire, dans le cas des fontes *grises* et au moment de la coulée, au maximum 500 calories; et, dans le cas des fontes *blanches*, 450.

6° Que la chaleur latente des laitiers est d'environ 50 calories.

7° Que l'acier Bessemer gagne, par l'affinage, 30 calories sur la chaleur que possède la fonte; mais que l'acier ordinaire ne possède bien souvent, à l'état fondu, que 300 calories.

8° Que les quantités de chaleur, dont il vient d'être question, s'accordent sensiblement avec les températures de fusion déterminées par M. Pouillet.

C'est-à-dire, que les fontes *blanches* fondent entre. . . . . 1050 et 1100°

Les fontes *grises* siliceuses vers. . . . . 1200°

L'acier ordinaire vers. . . . . 1350 à 1400°.

Et, l'on peut ajouter :

Que les fontes *blanches*, à leur sortie des hauts-fourneaux, sont à la température de. 1250 à 1300°

Les fontes *grises* entre. . . . . 1350 à 1450°

Et que l'acier Bessemer atteint, dans la cornue, au moment de l'affinage, pour le moins. . . . . 1500°.

NOTE

SUR

LA CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE (\*).

Historique et définition du travail, mode de publication.

I. — TRAVAUX PRÉLIMINAIRES.

LA CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE a pour but de figurer uniformément pour l'ensemble du pays la distribution des formations géologiques et des matières utiles avec le détail que comporte la grande échelle de la CARTE TOPOGRAPHIQUE DE L'ÉTAT-MAJOR sur laquelle elle est établie. Elle a pris naturellement pour point de départ la Carte géologique générale qui atteint le même but dans la mesure de ses dimensions relativement restreintes.

La Carte géologique générale à l'échelle de 500 000° a été entreprise en 1822, d'après le projet et sous la direction de M. Brochant de Villiers, membre de l'Institut, inspecteur général et professeur de géologie à l'École des mines, et publié en 1840 par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, membres de l'Institut, ingénieurs en chef et professeurs à l'École des mines.

Un premier essai de Carte géologique détaillée exécuté à l'échelle de 80 000° sur des reports de la Carte d'État-

(\*) Une première série de 12 feuilles de la carte au 800 000° avec les annexes qu'elles comportent, a été envoyée à l'Exposition universelle de Vienne.

major, dont le tableau d'assemblage est figuré Pl. VI, et comprenant vingt feuilles des cinq bandes nord du tableau, a été présenté à l'Exposition universelle de 1855 par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, inspecteurs généraux des mines, qui ont pris l'initiative de cet essai et ont tiré parti, pour le réaliser, des Cartes géologiques départementales déjà publiées et des autres documents alors existants.

Les tracés de la Carte à l'échelle du 80 000<sup>e</sup> ont été repris en vue de l'Exposition universelle de 1867, d'après un projet dressé par M. Élie de Beaumont, sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, inspecteur général des mines, professeur de géologie à l'École des mines de Paris, et M. Béguyer de Chancourtois, ingénieur en chef des mines, professeur adjoint de géologie à la même école. Par décision de M. Béhic, ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, en date du 28 juillet 1865, prise sur la proposition de M. de Boureuille, conseiller d'État, inspecteur général des mines, secrétaire général du ministère, un Service provisoire a été organisé pour préparer les feuilles destinées à l'Exposition; le personnel de ce Service, placé sous la direction de M. Élie de Beaumont, était composé, avec M. B. de Chancourtois, de MM. Edmond Fuchs, A. Potier et A. de Lapparent, ingénieurs ordinaires des mines, de M. A. Guyerdet, attaché à l'École des mines, pour les collections géologiques, et de M. J. Jedlinski, garde-mines principal, chargé des travaux graphiques de la Carte géologique générale. Les feuilles préparées, au nombre de soixante-deux, formant le quart nord-est de la France, ont été exposées en minute avec les premiers résultats du mode de publication, exclusivement typographique, essayé à l'imprimerie impériale.

#### II. — CONSTITUTION DU SERVICE.

L'exécution complète de la CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE, et sa publication, ont été ordonnées par

décret impérial du 1<sup>er</sup> octobre 1868, rendu sur la proposition de M. de Forcade la Roquette, ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, et le personnel du Service géologique des mines, chargé d'entreprendre ce travail, à titre définitif, a été composé de MM. Élie de Beaumont, inspecteur général, directeur; B. de Chancourtois, ingénieur en chef, sous-directeur; Edmond Fuchs, A. Potier, A. de Lapparent, H. Douvillé, F. Cléroult, ingénieurs ordinaires, chargés des explorations, tracés, etc.; A. Guyerdet, conservateur des collections; J. Jedlinski, garde-mines principal, chargé des travaux graphiques. Les membres de ce personnel conservant toutefois les autres fonctions dont ils étaient antérieurement chargés.

#### III. — DÉFINITION DU TRAVAIL ET CONSISTANCE DE LA PUBLICATION.

Les opérations commencées par ce personnel ont pour objet principal la publication des FEUILLES de la Carte géologique à l'échelle du 80.000<sup>e</sup> accompagnées de NOTICES EXPLICATIVES.

Quelle que fût la valeur des tracés de la Carte géologiques générale à l'échelle du 500 000<sup>e</sup>, des cartes géologiques ou agronomiques départementales et des autres cartes locales déjà publiées, on n'a pu, en raison des progrès de la géologie, se dispenser de faire à nouveau, sur la plupart des points, l'exploration détaillée du terrain.

Pour établir un système géologique uniforme susceptible d'être appliqué aux différentes feuilles, on a dû exécuter d'abord en commun les relevés et les tracés; les premières feuilles sont en conséquence présentées à titre de travail collectif. Toutefois on a tenu à marquer, dès le début, l'adoption du principe de responsabilité personnelle nettement posé dans la Carte de l'État-major, et qu'il importe de faire également prévaloir dans la publication géologique; les Notices explicatives ont donc été rédigées et signées par les ingénieurs qui ont été finalement chargés de vérifier les tracés des feuilles correspondantes.

Afin d'augmenter la valeur pratique de la Carte, et surtout en vue des applications agricoles, on a signalé d'une manière générale, par des notations conventionnelles, dans le champ d'affleurement de chaque formation colorié d'une même teinte, les variations locales de nature et d'allure que présente l'ensemble de cette formation; on s'est attaché de plus à préciser l'emplacement, la disposition et la nature des gîtes accidentels ou adventifs de matières spécialement utiles, ainsi que les rapports de gisements.

Les exploitations de matières minérales ou fossiles d'une utilité spéciale et les ateliers d'extraction et de traitement immédiat de ces substances utiles sont marqués autant que possible sur la Carte.

A chaque feuille se rattachent, à titre d'annexes, des PLANCHES qui contiennent: 1° des COUPES et des PROJECTIONS LONGITUDINALES construites à des échelles diverses, depuis le 80 000° jusqu'au 1 000°, en tenant compte de la courbure de la terre, et dont quelques-unes se poursuivent sur plusieurs feuilles; 2° des SECTIONS VERTICALES raccordées, au besoin, par superposition, qui donnent, à des échelles du 1 000°, du 500°, du 200°, du 100°, etc., le détail des successions de couches observées dans les coupes naturelles ou artificielles et dans les sondages; 3° des PERSPECTIVES PHOTOGRAPHIQUES, dont les cadres portent un ensemble d'indications destinées à montrer la liaison qui existe entre l'observation sur le terrain et les figurés conventionnels des cartes. Les planches, signées par leurs auteurs, sont numérotées, dans chacune des trois séries, suivant l'ordre de leur publication, et portent, en outre, les titres et les numéros des feuilles auxquelles elles se rapportent.

La Notice explicative, disposée pour être adaptée latéralement à la feuille, est d'autre part mise en pages et forme, avec les titres et les textes des planches annexées, un premier cahier d'EXPLICATIONS qui accompagne l'ensemble de la feuille et de ses annexes. Dans d'autres cahiers consé-

cutifs prennent place, avec un répertoire par cantons et par communes, les détails scientifiques et techniques qui dépassent le cadre de la Notice.

Outre la série des feuilles à l'échelle du 80 000°, la publication comprend les FEUILLES d'une CARTE GÉOLOGIQUE RÉDUITE exécutée sur la Carte de l'État-major, au 520 000°, dont chaque feuille résume seize feuilles de la Carte au 80 000°, et des FRAGMENTS GÉOLOGIQUES exécutés sur les fragments topographiques au 40 000°, au 20 000°, etc., que publie aussi le Dépôt de la guerre. Les feuilles de la carte réduite et les fragments sont également accompagnés de cahiers d'Explications.

Enfin une CARTE D'ENSEMBLE en deux feuilles est dressée pour servir de tableau d'assemblage géologique général. Cette carte est établie en projection *gnomonique*, dans un plan tangent au globe terrestre dont le point de contact est situé sur le méridien de Paris, par 50 grades ou 45 degrés de latitude; elle est, en ce point à l'échelle du 1 000 000°. La projection *gnomonique*, où les grands cercles sont représentés par des droites, a été adoptée en vue de l'étude des faits d'alignement. Pour accompagner la Collection de seize feuilles au 80 000° qui correspond à une feuille au 520 000°, on établit une FEUILLE D'ASSEMBLAGE portant, avec un extrait de la Carte d'ensemble, une Rose de directions qui offre, rapportées à un point central, les orientations observées ou calculées des alignements géologiques utiles à considérer dans le champ des seize feuilles.

Toutes les conventions adoptées dans les figurés des cartes et des coupes sont expliquées dans deux LÉGENDES GÉNÉRALES.

La LÉGENDE TECHNIQUE présente en une seule feuille la nomenclature des Substances utiles établie d'après le système de la collection de STATISTIQUE MINÉRALE fondée à l'École des mines.

La LÉGENDE GÉOLOGIQUE se compose d'une suite de feuilles.

Les trois premières donnent, sur le système de la Carte, toutes les explications nécessaires. La quatrième comprend le tableau des notations lithologiques et celui des signes et des tracés stratigraphiques. Les deux séries de feuillets qui viennent ensuite constituent le tableau de Chronologie géognostique, où les diverses formations sont rangées par ordre d'ancienneté. Pour y manifester la correspondance des différents types locaux d'une même formation, il a fallu diviser la France en compartiments géométriques auxquels on a été conduit à donner la forme de secteurs rayonnant autour de points convenablement choisis et appuyés sur des circonscriptions naturelles. La première série correspond à la région occupée par les secteurs I à VIII sur le tableau d'assemblage, Pl. VI, la seconde se rapporte aux deux régions occupées par les secteurs IX à XII et XIII à XVI; chacune des séries commence par un *RAPPEL* et une *ÉCHELLE* chronologiques qui montrent d'une manière générale les relations des phénomènes éruptifs et des phénomènes sédimentaires, et est d'ailleurs résumée dans un *SOMMAIRE* en une seule feuille.

Les principaux fossiles sont figurés par étage, en *SÉRIES PALÉONTOLOGIQUES*, dans des planches photographiées.

Les explications relatives aux Légendes générales ou au système de la Carte et l'exposé des considérations qui ont présidé à l'organisation du travail sont réunies, sous la rubrique *GÉNÉRALITÉS*, en cahiers rappelant par leurs titres les tableaux correspondants.

Indépendamment de ces Généralités et des Explications qui sont spéciales à chaque feuille, le Service publie des *MÉMOIRES* ou des *NOTES*, numérotées dans l'ordre de publication, sur les sujets particuliers étudiés dans les explorations, ou sur les questions générales qui doivent être résolues pour la coordination des résultats.

## IV. — CITATIONS ET COLLABORATIONS.

Les cartes et les documents utilisés ou consultés sont mentionnés soigneusement, avec les noms des auteurs, dans les cadres des feuilles et dans les Notices explicatives qui relatent aussi le concours apporté, soit par les Services ordinaires des Ponts et chaussées et des Mines, soit par d'autres services publics ou par des particuliers, pour compléter le relevé statistique des établissements industriels.

Les séries paléontologiques sont établies avec le concours de M. Bayle, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des Mines, de M. Bayan, ingénieur ordinaire des Ponts et chaussées, attaché à la même école, et de M. Zeiller, ingénieur ordinaire des Mines.

Le dessin de la Carte d'ensemble est confié à M. Desmadril et à M. Judenne, dessinateurs du dépôt de la guerre.

Conformément aux dispositions du décret d'institution, les travaux de publication, dans lesquels on a recours aux procédés typographiques, lithographiques et phototypiques sont exécutés à l'imprimerie nationale, sous la direction actuelle de M. B. Hauréau, membre de l'Institut, par les soins de M. Derénemesnil, chef des travaux, secondé par M. Boulet, chef de l'atelier de lithographie, et par M. E. Pihan, chef d'atelier à la typographie.

## V. — MARCHÉ DU TRAVAIL ET DE LA PUBLICATION.

Les relevés géologiques et statistiques étant journellement et indéfiniment perfectibles, l'exécution et la publication de la Carte géologique détaillée sont organisées de manière que chaque feuille ou planche puisse être mise au courant des résultats acquis à la date de chaque nouveau tirage. Outre cette date de tirage, qui est mentionnée dans la partie typographique, chaque exemplaire de feuille ou de planche reçoit en marge, à titre de bon à livrer, une

estampille indiquant la date de la vérification exigée par les coloriages et les figurés qui ne comportent pas encore la reproduction mécanique. Dès que sont commencés les travaux de publication concernant une feuille de la Carte au 80 000<sup>e</sup> ou de la Carte au 520 000<sup>e</sup>, le numéro de cette feuille est encadré d'un rectangle sur le TABLEAU D'ASSEMBLAGE GÉOGRAPHIQUE; les chiffres des années des éditions successives sont ensuite inscrits au-dessous du numéro encadré. Ce tableau d'assemblage géographique, compris dans la feuille d'avertissement, fait donc toujours connaître le degré d'avancement de la publication, pour la date estampillée en marge de cette feuille. Un RÉPERTOIRE indiquant, pour chaque feuille de la Carte, les numéros d'ordre et la date des différents documents annexés est de plus établi sur les marges du TABLEAU DE TRIANGULATION de l'État-Major, et tenu constamment au courant.

Les divers ordres de documents qui viennent d'être énumérés ont été coordonnés de manière à constituer un système homogène, offrant un cadre à la fois assez large et assez précis pour qu'un fait géologique quelconque y trouve facilement sa place. En classant méthodiquement tous les termes employés, dans des tableaux où les termes de même catégorie sont nettement définis, on s'est efforcé de combiner un langage et une écriture géologiques qui fussent susceptibles d'une application générale.

Pour harmoniser convenablement toutes les parties d'un ensemble aussi considérable, il a fallu procéder par approximations successives, en appliquant un premier projet à un certain nombre de feuilles, et en lui faisant subir tous les remaniements et les perfectionnements dont l'expérience démontrait l'opportunité. Malgré les retards que cette manière de procéder apportait au début de la publication, on n'a pas hésité à concentrer les efforts du Service sur l'institution d'un Système général indispensable pour mener à bonne fin une entreprise embrassant la France

entière. Il est à remarquer d'ailleurs qu'on établit ainsi une base commune d'entente pour les études ultérieures de géologie et pour celles de statistique minérale ou de géographie physique, qui seront l'objet d'entreprises particulières; l'adoption d'un tel système permettrait évidemment de faire progresser dans les meilleures conditions l'œuvre générale qui, par sa grandeur et sa portée, réclame le concours de tous.

#### VI. — DISPOSITIONS CONCERNANT L'USAGE.

Les feuilles de l'état-major ont 5 décimètres de hauteur sur 8 de largeur, leur champ pour la Carte au 80 000<sup>e</sup> est, en conséquence de 40 kilomètres sur 64. Pour ramener ces feuilles à un format de poche, on les coupe, y compris les marges, en trois bandes et sept colonnes donnant vingt et un rectangles qui ont chacun 0<sup>m</sup>,200 (16 kilomètres) de hauteur sur 0<sup>m</sup>,125 (10 kilomètres) de largeur, soit au total 0<sup>m</sup>,600 sur 0<sup>m</sup>,875. — Les Notices explicatives de la Carte géologique sont disposées en colonnes de 0<sup>m</sup>,600 sur 0<sup>m</sup>,125, de manière à pouvoir être appliquées, soit de part et d'autre de la Carte en feuille, soit au verso de la Carte entoilée. Chaque notice n'occupe ordinairement que deux colonnes qui, juxtaposées latéralement, portent à 1<sup>m</sup>,125 la plus grande dimension de la feuille complète, comprenant ainsi neuf colonnes. Les mêmes dimensions de 0<sup>m</sup>,600 et de 1<sup>m</sup>,125 ont été adoptées pour les planches de coupes longitudinales et de sections verticales, dont les cadres offrent uniformément à l'intérieur une hauteur de 5 décimètres, égale à la hauteur des Cartes, et une largeur de 1 mètre qui permet de développer sur une seule ligne horizontale la coupe diagonale du territoire d'une feuille à l'échelle même de la topographie. Sur les marges de toutes les feuilles et planches, on indique par des amorces les traits de coupure qui donnent la division en rectangles ex-

pliquée ci-dessus. — Les feuilles et les planches, entoilées et pliées, reçoivent comme Étiquette un extrait du Tableau de triangulation de l'état-major à l'échelle du 1 600 000<sup>e</sup> comprenant neuf feuilles de la Carte au 80 000<sup>e</sup>. Ces étiquettes, imprimées en noir pour les cartes, en bleu pour les coupes longitudinales et en rouge pour les sections verticales, sont jointes au premier cahier des Explications.

#### VII. — INSTALLATION DU SERVICE.

Le siège du service de la Carte géologique détaillée de la France est établi à Paris, boulevard Saint-Michel, n° 62, dans le local attenant à l'École des mines, qui se trouve déjà affecté au service de la Carte géologique générale. Le service de la Carte détaillée y constitue un bureau de renseignements géologiques à l'effet de livrer à l'industrie, sur les conditions de gisement des matières minérales, pour les régions déjà relevées, des déterminations correspondantes à celles que donne le bureau d'essais annexé à l'École des Mines, sur la nature et la teneur de ces matières.

En attendant qu'un bâtiment spécial puisse être disposé pour les travaux, les exhibitions permanentes et les communications au public, les séries d'échantillons rapportées à l'appui des relevés géologiques sont conservées dans les locaux dépendants du musée de l'École des mines où prennent place également, dans la collection de statistique minérale, les spécimens de matières utiles recueillis par les explorateurs. La portion de la Carte exposée en 1867 est aussi conservée provisoirement dans la salle des cours du même établissement; elle forme une toile rectangulaire de 7 mètres de largeur et 5 mètres de hauteur. La Carte totale au 80 000<sup>e</sup>, étendue au cadre de la Carte au 320 000<sup>e</sup> régularisé comme dans le tableau d'assemblage, Pl. VI, exigera un carré de 16 mètres de côté.

## L'AÉRAGE DANS LES MINES DE HOUILLE

DE LA WESTPHALIE,

D'APRÈS LES RÉSULTATS D'UNE ENQUÊTE ADMINISTRATIVE (\*).

Traduction, par extrait, par M. H. VOISIN, ingénieur des mines.

La commission chargée, par arrêté ministériel du 23 janvier 1868, de faire une enquête sur l'aérage des mines de houille de la Westphalie, a commencé ses travaux en 1868 et les a continués pendant les trois années suivantes, sauf une interruption de dix mois causée par la guerre de 1870-71.

Ont pris part aux travaux de cette commission les membres de l'*Oberbergamt* (\*\*) provincial de Dortmund, tout le personnel attaché à cette administration, les ingénieurs chargés du service des districts intéressés, et, dans certains cas, les professeurs de l'École des mines de Bochum, ainsi que des ingénieurs appartenant à d'autres districts. Les mines à visiter étaient désignées par l'administration supérieure, qui choisissait de préférence celles où le grisou est abondant, ou qui, ayant été le théâtre d'explosions, devaient être immédiatement l'objet d'une enquête sérieuse. Les ingénieurs de district faisaient d'abord connaître, dans des rapports accompagnés de plans, les détails de l'aérage de la mine. Lors de la visite, la commission, après une information préliminaire et après avoir choisi les points où devaient se faire les observations, se partageait en deux,

(\*) *Zeitschrift f. d. Berg.-H.-u. S.-Wesen* (1872, XX<sup>e</sup> vol., article de M. Nonne).

(\*\*) Administration supérieure des mines.

trois ou quatre sections. En général on a dû se borner à jauger le courant d'air total et les principaux courants partiels à proximité des travers-bancs. Toutefois la commission détachait, autant que possible, une *section de visite*, chargée d'explorer les parties de la mine dont la ventilation paraissait offrir le plus de difficultés, pour y faire des observations anémométriques et thermométriques, voir comment s'y comportait le grisou, et se rendre compte de visu de tous les détails de l'aérage.

On employait, pour mesurer la vitesse de l'air, deux anémomètres de Biram, ayant  $0^m,514$  de diamètre. De temps en temps on les comparait entre eux : ils ont toujours donné des indications suffisamment concordantes. Voici les formules de ces deux instruments :

$$V = 0,066 + 0,290U,$$

$$V = 0,0815 + 0,290U;$$

U représentant le nombre de tours par seconde, et V la vitesse de l'air en mètres.

On voit que pour des galeries ayant 4 mètres carrés de section, telles que les galeries à travers-bancs, les instruments ne cessaient de donner des indications que lorsque le volume d'air descendait au-dessous de

$$0,066 \times 4 \times 60 = 15^m,84 \text{ par minute, pour le premier,}$$

$$\text{et de } 0,0815 \times 4 \times 60 = 19^m,56 \text{ — , pour le second.}$$

Pour des sections plus petites, dans les galeries d'allongement, par exemple, on pouvait mesurer des quantités d'air encore plus faibles.

On plaçait toujours, autant que possible, l'appareil au centre de la section de la galerie. On comptait les tours de l'anémomètre pendant 145 secondes. Pour calculer la vitesse V, on n'avait alors qu'à multiplier le nombre de tours

par le coefficient très-simple  $\frac{0,290}{145} = 0,002$ , et ajouter à ce produit la constante de la formule. On faisait successivement deux observations au moins, un plus grand nombre quand il y avait des écarts sensibles, et l'on prenait la moyenne des résultats obtenus. Quand le courant était régulier et suffisamment intense, il n'y avait aucune variation dans les indications de l'instrument.

Du reste, on a constaté maintes fois que, pour un courant régulier, les deux anémomètres accusaient des volumes d'air égaux et, de plus, indépendants des dimensions de la galerie; cela prouve, au surplus, qu'on peut se dispenser de mesurer la vitesse de l'air en divers points de la section, sans que l'exactitude du jaugeage en soit sérieusement compromise. Ainsi, dans la mine *Hannibal*, on a relevé les nombres suivants :

Pour les deux courants principanx se dirigeant l'un au nord, l'autre au sud, dans des galeries ayant respectivement $4^m,551$ et $4^m,157$ de section, ensemble. . . . .	$626^m,75$	par minute.
Pour les six courants partiels, dans des galeries ayant depuis $4^m,551$ jusqu'à $1^m,579$ de section, ensemble. . . . .	$591^m,05$	—
Différence. . . . .	$35^m,70$	

soit une différence de 5 p. 100 seulement.

Dans la mine *Tremonia*, les deux instruments, placés en des points différents, ont donné pour diverses branches du courant des indications très-concordantes, comme le montrent les chiffres suivants (ceux relatifs à une même branche sont rangés sur la même ligne horizontale) :

SECTION DE LA GALERIE.		QUANTITÉ D'AIR ACCUSÉE.	
Premier instrument.	Deuxième instrument.	Premier instrument.	Deuxième instrument.
mètres carrés.	mètres carrés.	mètres cubes.	mètres cubes.
4,304	4,355	423,77	417,30
4,019	4,029	268,81	252,62
4,068	4,019	155,50	154,33
3,467	3,467	90,70	90,70
3,497	2,935	90,22	91,75

Les résultats obtenus devraient être corrigés en tenant compte des variations de la température et de la pression atmosphérique, mais ces corrections n'ont pas l'importance qu'on leur attribue généralement. Considérons, en effet, les valeurs extrêmes observées pour la température et pour la pression dans les houillères de la Westphalie, de 1869 à 1871, et supposons qu'une certaine masse d'air, d'abord à la température *minima* 8°,5 et à la pression *maxima* 777<sup>mm</sup>,4, passe ensuite à la température *maxima* 26°,25 et à la pression *minima* 722<sup>mm</sup>,8 : l'accroissement de volume relatif ne sera que de 15,5 p. 100. Telle est la limite de l'erreur relative que l'on peut commettre en comparant entre eux les nombres publiés par la commission. Si l'on ne compare que ceux qui s'appliquent à une même mine, il est clair que l'erreur sera loin d'atteindre cette limite : elle dépassera rarement 5 p. 100. Si l'on n'a pas réduit les volumes observés à la température 0° et à la pression 760 millimètres, c'est que, dans beaucoup de cas, les données barométriques et thermométriques faisaient défaut.

On peut admettre que, sur un si grand nombre d'observations, les erreurs se compensent, et que les appréciations générales fondées sur l'ensemble des résultats sont exactes. La preuve en est qu'on trouve la même somme en totalisant les volumes jaugés, d'une part, dans les galeries d'accès de l'air, d'autre part, dans les galeries de retour.

Après chaque visite de mine, les principaux résultats du travail de la commission étaient consignés dans un court

procès-verbal; puis un des commissaires faisait, dans un rapport détaillé, la description et la critique raisonnée des aménagements adoptés pour l'aérage. Ce rapport, une fois approuvé et signé par les autres commissaires, était adressé au Conseil supérieur des mines, qui en délibérait et qui jugeait s'il y avait lieu d'appliquer l'article 198 (\*) de la loi sur les mines, et de prescrire aux exploitants l'exécution, dans un certain délai, des améliorations proposées par la commission.

*Résultats généraux de l'enquête.* — Les divers résultats obtenus pour chaque mine sont ordinairement peu concordants, les jaugeages ayant toujours été effectués au moment où le travail était en pleine activité, et où, par suite, le courant d'air était incessamment troublé par le mouvement de l'extraction dans les galeries et les puits, par l'ouverture fréquente des portes d'aérage, etc. Toutefois, on doit approcher beaucoup de la vérité en prenant, comme on l'a fait, la moyenne du courant d'air total jaugé au bas du puits d'accès et du courant de retour; quand il y avait une trop grande différence entre les deux volumes, on a considéré en outre, pour établir la moyenne, un troisième terme, la somme des courants partiels.

(\*) Art. 198. Lorsque, dans une mine, il se présente un danger..., l'administration supérieure des mines doit prendre, par une décision, les mesures de police nécessaires, après avoir entendu le concessionnaire de la mine ou son représentant.

Etendue du champ d'exploitation.	Production journalière.	Nombre des couches exploitées.	Nombre d'ouvriers du poste principal.	NOM DE LA MINE.	VOLUME D'AIR PAR MINUTE			
					total.	rapporté à l'hectare.	rapporté à la tonne de houille abattue.	rapporté à un ouvrier.
hect.	tonnes				m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
32	500	5	320	Von der Heydt (puits Providence).	750,72	23,4	1,50	2,34
70	450	7	360	Hasenwinkel.	396,69	5,7	0,88	1,10
49	650	4	376	Heinrich Gustav (puits Jacob).	242,56			
40		3		" (puits Arnold).	218,80	5,2	0,88	1,24
64	600	5	400	Louise Erbstollen.	268,31	4,2	0,44	0,67
84		8		Victoria Matthias (puits Gustav).	214,36			
23	1100	6	636	" (puits Matthias).	179,27	3,7	0,36	0,62
114	606	12	390	Helena und Analie.	525,69	4,6	0,88	1,35
50	450	9	300	Tremonia.	469,42	9,4	1,04	1,56
42	200	6	160	Wiendahlsbank.	289,42	6,9	1,44	1,80
90	650	1	200	Rhein-Elbe.	549,82	6,1	0,84	2,74
80	700	20	400	Bonifacius.	339,16	4,2	0,48	0,85
81	350	7	210	Hannibal.	664,12	8,2	1,84	3,16
96	500	11	230	Wolfsbank.	378,26	4,6	0,76	1,65
25	45	1	40	Sandbank.	100,49	4,0	2,22	2,51
30	200	2	127	Ritterberg.	228,34	7,6	1,14	1,80
98	700	8	310	Carl.	308,34	3,1	0,44	1,00
300	650	5	400	Hagenbeck.	420,40	1,4	0,64	1,05
70	350	3	147	Franziska Tiefbau.	242,62	3,4	0,68	1,64
76	650	8	437	Prosper.	571,08	7,5	0,88	1,30
96	550	6	318	Carolus Magnus.	275,58	2,9	0,50	0,86
18	65	6	89	Colonia.	251,25	14,6	0,38	2,82
10	200	3	182	Julia (puits Barillon).	368,39	36,8	1,84	2,02
95	500	3	250	Hamburg.	245,12	2,6	0,48	0,98
35	250	6	148	Neu-Iserlohn.	321,80	9,2	1,28	2,18
125	550	0	175	Shamrock (le poste était réduit le jour de la visite pour cause de réparation du puits).	1448,31	11,6	2,62	8,27
60	400	5	425	Pluto.	545,64	9,1	1,36	1,28
100	500	3	286	Germania.	586,88	5,9	1,18	2,05
52	250	13	240	Vollmond.	191,45	3,7	0,76	0,80
73	650	23	361	Consolidation.	730,69	10,0	1,12	2,02
91	700	6	366	Königsrube.	589,63	6,5	0,84	1,61
85	350	1	192	Margaretha.	255,80	3,0	0,72	1,33
200	300	4	130	Wiesche.	159,52	0,79	0,54	1,23
?	400	4	270	Erin.	2031,26	"	5,08	7,03
66	500	10	500	Holland.	681,09	16,3	1,36	1,36
2626	15510		9363	Totaux pour les 35 mines.	16044,38			
77,0	443	6,6	267	Moyennes.	458,41	6,12	1,034	1,712

Ainsi, la quantité d'air qui circule dans les mines est en moyenne de 1<sup>m</sup>3,712 par homme et par minute. Ce chiffre ne saurait être considéré comme satisfaisant; il donne plutôt une preuve que, jusqu'à présent, l'aérage des mines n'a pas été, en Westphalie, l'objet de toute l'attention qu'il mérite, eu égard à la sécurité et à la santé des ouvriers. D'après les renseignements qu'on trouve dans des revues et dans certains traités d'exploitation, les mines belges

et anglaises seraient plus favorisées; les chiffres publiés pour ces mines peuvent, il est vrai, ne pas présenter le même degré d'exactitude que ceux qui précèdent. En général, il faut se défier ici des exagérations. Par exemple, quand on essaye un ventilateur qui vient d'être monté, le jaugeage se fait presque toujours dans la conduite qui relie l'orifice de sortie de l'air au moteur; or on obtient ainsi le double et jusqu'au triple de la masse d'air qui circule réellement dans les travaux; l'exemple de plusieurs mines, visitées par la commission, prouve qu'il ne suffit même pas d'avoir constaté une abondante circulation d'air dans les galeries d'accès et de retour pour pouvoir porter un jugement favorable sur l'aérage d'une mine. Il serait donc illusoire de comparer les chiffres ci-dessus avec ceux qu'on a publiés pour d'autres pays. Mais il est intéressant de rapprocher les résultats que la commission a obtenus à différentes époques, en opérant toujours suivant la même méthode et avec les mêmes instruments; c'est le but qu'on s'est proposé dans le tableau ci-dessous :

ANNÉES.	NOMBRE des mines visitées.	PRODUCTION journalière pour l'ensemble des mines.	NOMBRE total des ouvriers (poste principal).	QUANTITÉ D'AIR PAR MINUTE			
				totale.	moyenne par mine.	rapportée à une production journalière d'une tonne.	moyenne par homme.
		tonnes.		m. cub.	m. cub.	m. cub.	m. cub.
1862 et 1863	28	4.850	4.275	8.588	306,7	1,62	2,02
1865	16	6.850	4.720	7.400			
1869 à 1871	35	15.510	9.363	16.044	460,0	1,05	1,66

Ainsi, entre les deux périodes 1862-1865 et 1868-1871, bien que la moyenne par mine ait augmenté de 50 p. 100 environ, la quantité d'air rapportée à une production donnée a diminué de 55 p. 100 et la moyenne par ouvrier de 18 p. 100. Vraisemblablement, pour les mines du bassin qui n'ont pas été visitées, et ce sont les plus nombreuses, la situation s'est aggravée d'une manière moins

sensible; car il se trouve que l'accroissement de production des mines qui sont ici en cause, entre les deux périodes considérées, atteint le chiffre énorme de 153 p. 100, tandis que la production totale de la province n'a augmenté que de 80 p. 100.

Du reste, pour conclure avec certitude, il ne faut comparer que les mines qui ont fait l'objet de plusieurs visites. Voici les résultats généraux auxquels on est alors conduit :

22 mines ont été visitées deux fois : pour la première fois en 1862 ou 1863 (sauf 2 dont la première visite a eu lieu en 1863), pour la deuxième fois dans la période 1868-1871.	PREMIÈRE visite.	DEUXIÈME visite.	DIFFÉRENCE propor- tionnelle.
Production annuelle, en tonnes. . . . .	1.465.970	2.948.745	+ 101 p. 100
Nombre des ouvriers employés à l'intérieur des mines pour le poste principal (environ la moitié du nombre total des ouvriers). . .	3.940	6.550	+ 66 —
Quantité d'air Pour l'ensemble des mines. . .	7.016	12.037	+ 71 —
par minute Rapportée à une production en mètres cubes (Moyenne par ouvrier. . . . .)	23,94 1,78	20,4 1,84	- 15 — + 3 —

Ainsi, la moyenne par ouvrier n'a pas sensiblement varié; mais, par suite de l'augmentation de rendement de la main-d'œuvre, la quantité d'air rapportée à une production donnée a diminué dans le rapport de 100 à 85. La situation a donc empiré, car le volume d'air nécessaire à une mine à grisou dépend non-seulement de sa population, mais encore du chiffre de la production, avec lequel augmentent l'étendue des espaces déhouillés et des fronts de taille et la fréquence des soufflards.

Malheureusement, lors de la première enquête, on n'avait pas noté l'étendue des champs d'exploitation. Mais on peut affirmer qu'elle a augmenté dans toutes les mines, plus vite même que le nombre des ouvriers et que la production; on éprouve donc aujourd'hui beaucoup plus de difficulté qu'autrefois à bien utiliser la quantité d'air disponible, et cette considération rend encore plus sensible l'infériorité du nouvel état de choses vis-à-vis de l'ancien.

Dans quelle mesure l'air introduit dans les mines y est-il

réellement utilisé? Les données recueillies par la commission ne suffisent pas pour répondre à cette question. En effet, c'est seulement dans un petit nombre de mines qu'on a pu janger les courants partiels jusqu'au delà des dernières bifurcations. Il a été rarement possible d'évaluer les pertes que le courant d'air ne manque pas de subir, avant d'arriver aux chantiers, en traversant les quartiers déhouillés et en parcourant les galeries de roulage, sur lesquelles débouchent de nombreuses remontées toujours imparfaitement barrées. On peut néanmoins se faire une idée de ces pertes en calculant la différence entre le courant d'air total, mesuré dans le voisinage du puits, et la somme des courants partiels mesurés près de leur origine; d'après les résultats obtenus pour 29 mines, cette différence est de 26 p. 100 en moyenne. C'est dans la mine *Rhein-Elbe* qu'elle a atteint le chiffre le plus élevé, 49 p. 100; en un point où toutes les branches du courant se réunissent pour passer d'un champ d'exploitation dans un autre, on n'a plus retrouvé que 6 p. 100 et sur un autre point 26 p. 100 du volume d'air initial. Parmi les résultats les plus défavorables, on peut encore citer les suivants :

Dans la mine *Sandbank*, il ne parvient aux galeries de roulage que 50 p. 100 du volume d'air initial.

—	<i>Louise</i> . . . . .	50	—
—	<i>Prosper</i> . . . . .	48	—
—	<i>Pluto</i> . . . . .	60	—
—	<i>Helena und Amalia</i> . . . . .	70	—
—	<i>Neu-Iserlohn</i> . . . . .	70	—

L'exemple des mines *Franziska*, *Hannibal* et *Consolidation*, où les pertes ne dépassent guère 7 p. 100, montrent qu'on peut remédier à un état de choses aussi fâcheux. Les résultats suivants, obtenus à la mine *Tremonia*, le prouvent également avec une évidence frappante (une partie des courants d'air partiels ont été mesurés à de grandes distances de leur origine) :

A la 1<sup>re</sup> visite, sur 409<sup>m³</sup> d'air, on en utilisait 255, soit 57 p. 100  
 — 2° — 420 — 355 — 84 —  
 — 5° — 495 — 495 — 100 —

En se fondant sur les chiffres précédents, on peut affirmer, eu égard au peu de soin qu'on apporte en général dans le service de l'aérage, que les chantiers reçoivent à peine la cinquième partie du volume d'air introduit dans les mines.

*Observations thermométriques.* — Ces observations ont montré que la température d'une mine, quoiqu'elle suive, par le fait même de l'aérage, les variations de la température qui règne à la surface, oscille dans des limites beaucoup moins larges que celle-ci. On peut s'en convaincre par l'examen des chiffres suivants :

ANNÉES.	DIFFÉRENCE ENTRE LES TEMPÉRATURES MAXIMA ET MINIMA	
	observées au jour pendant les visites de mines.	observées dans les mines à des profondeurs de 50 à 340 mètres.
	degrés C.	degrés C.
1862	17,20	14,37
1868	18,75	8,00
1869-70	31,50	15,00
1871	21,25	16,25

Voici les plus hautes températures qu'on ait constatées dans les mines :

degrés C.  
 26,25, dans la mine *Von der Heydt*, à l'avancement d'une galerie d'allongement, à 245 mètres de profondeur.  
 23,27 — *Prosper*, au deuxième niveau, à 295 mètres de profondeur.  
 22,50, — *Pluto*, travers-bancs nord du deuxième niveau, à 355 mètres de profondeur.  
 21,25, — *Shamrock*, travers-bancs nord du niveau de 268 mètres.

Le thermomètre est descendu jusqu'à 5°,94 dans la mine

*Holland* (travers-bancs du niveau de 189 mètres), alors qu'il marquait 1° au jour. En général, le courant d'air se met très-vite en équilibre de température avec les parois des puits et des galeries. Ainsi, à la mine *Hannibal*, l'air, pénétrant dans le puits à la température de — 9°, marquait déjà 8°,5 à la recette du niveau de 222 mètres; à la mine *Victoria Matthias*, l'air pris dans l'atmosphère à la température de 24°,62 n'était plus qu'à 16°,25 à la recette du niveau de 278 mètres.

Quoiqu'il y ait de grands écarts entre les températures observées dans les mines à une même profondeur, les moyennes donnent une échelle assez satisfaisante de l'accroissement de température dû à la profondeur.

ANNÉES.	MOYENNES DES TEMPÉRATURES OBSERVÉES à diverses profondeurs.			
	0 mètre (au jour.)	50 à 150 mètres.	150 à 250 mètres.	au delà de 250 mètres.
	degrés C.	degrés C.	degrés C.	degrés C.
1862	14,70	14,86	17,12	20,12
1868	16,30	17,25	18,37	16,62
1869-70	16,02	15,82	17,25	19,62
1871	12,26	15,75	16,62	18,21
Moyen. générales.	14,82	15,92	17,34	18,64

Ainsi on peut admettre qu'en moyenne la température est de

degrés C.	15,92 à la profondeur de . . . . .	mètres.	100
17,34	— . . . . .	200	
18,64	— . . . . .	500	

Ces chiffres sont probablement un peu trop forts, la moyenne des températures observées au jour (14°,82) surpassant la température moyenne du climat de la Westphalie, qui est de 9°, d'après les observations de vingt années. Mais l'erreur doit être faible, car on voit que les moyennes de l'année 1871 ne diffèrent guère de celles des deux an-

nées 1869-70, bien qu'il y ait un écart de 5°,77 entre les températures moyennes de l'air extérieur.

Les observations faites sur le trou de sonde de *Rüdersdorf* ont montré qu'en Westphalie l'accroissement normal de la température, suivant la profondeur, est de 4° par 100 mètres; tandis que, grâce à la circulation de l'air et des eaux dans les mines, la température n'y augmente que de 1°,3 environ par 100 mètres.

*Observations barométriques.* — D'après la moyenne des chiffres obtenus pendant les trois années 1868, 1869 et 1870, la variation de pression rapportée à une différence de niveau de 100 mètres est de 0<sup>m</sup>,0864.

*Effet utile des ventilateurs et des foyers d'aérage.* — Les expériences ont porté sur 12 ventilateurs et 7 foyers. Comme l'indiquent les nombres suivants, les deux systèmes de ventilation fonctionnaient dans des conditions à peu près identiques :

	VENTILATEURS.	FOYERS.
Étendue du champ d'exploitation (moyenne par mine) . . . . .	79 hectares.	78 hectares.
Production annuelle (moyenne par mine) . . . . .	123.000 tonnes.	128.500 tonnes.
Nombre des couches . . . . .	6	5
Nombre des ouvriers du poste principal (moyenne par mine) . . . . .	278	298

Il est donc permis de comparer les résultats obtenus :

	VENTILATEURS.	FOYERS.	RAPPORT.	
Quantité d'air par minute	Moyenne par mine . . . . .	mètres cubes. 378,55	mètres cubes. 752,35	100 : 199
	" par hectare . . . . .	4,8	9,64	100 : 201
	Rapportée à une production annuelle de 5000 tonnes . . . . .	14,34	29,2	100 : 204
	Moyenne par ouvrier . . . . .	1,36	2,566	100 : 189

Ces résultats sont tellement à l'avantage des foyers qu'on est tout d'abord porté à les croire inexacts; mais on va voir qu'ils sont confirmés par les données qu'on possède pour

les années antérieures. Considérons d'abord l'année 1868, dans le courant de laquelle on a étudié 4 ventilateurs et 4 foyers; ici encore les conditions sont les mêmes des deux côtés: même étendue des champs d'exploitation, même nombre de couches, même production, même population.

	VENTILATEURS.	FOYERS.	RAPPORT.
Quantité d'air par minute	mètres cubes. . . . .	mètres cubes. 672,2	100 : 278
	Moyenne par mine . . . . .	241,5	100 : 302
	" par hectare . . . . .	4,1	12,4
	Rapportée à une production annuelle de 5000 tonnes . . . . .	9,53	28,6
Moyenne par ouvrier . . . . .	0,836	2,24	100 : 268

Dans les années 1862 et 1863, on a expérimenté 5 ventilateurs et 10 foyers :

	VENTILATEURS.	FOYERS.	RAPPORT.	
Quantité d'air par minute	mètres cubes. . . . .	mètres cubes. 423,06	100 : 160	
	Moyenne par mine . . . . .	263,9	100 : 154	
	Rapportée à une production annuelle de 5000 tonnes . . . . .	21,3	32,7	100 : 143
	Moyenne par ouvrier . . . . .	1,754	2,506	

Les moyennes générales, déduites de l'ensemble de ces résultats, sont les suivantes :

	VENTILATEURS.	FOYERS.	RAPPORT.	
Quantité d'air par minute	mètres cubes. . . . .	mètres cubes. 580,2	100 : 178	
	Moyenne par mine . . . . .	325,1	100 : 211	
	Rapportée à une production annuelle de 5000 tonnes . . . . .	14,23	30,1	100 : 189
	Moyenne par ouvrier . . . . .	1,30	2,46	

Ainsi les foyers se sont montrés beaucoup plus efficaces que les ventilateurs, et l'on est porté à croire que cette supériorité est inhérente au principe même de ce système d'aérage. Nous ferons remarquer que dans les foyers la chaleur produite par le combustible agit directement, tandis qu'avec les ventilateurs il y a, entre la chaleur motrice et

l'air à mettre en mouvement, deux intermédiaires, le générateur de vapeur et le mécanisme, sans compter que l'on perd toute la chaleur que possèdent encore les gaz en se rendant à la cheminée.

Toutefois, il y a deux nouveaux éléments qu'il faut prendre en sérieuse considération pour interpréter les résultats précédents.

On sait que les mines à un seul puits sont beaucoup plus difficiles à ventiler que les mines pourvues de deux puits servant l'un pour l'entrée, l'autre pour la sortie de l'air. Dans le cas d'un puits unique, les vibrations continuelles auxquelles est soumise la cloison du *goyau*, par suite du mouvement des cages et des tiges de pompe, rendent presque impossible l'isolement complet des deux courants; dans la conduite par laquelle le courant va du puits au ventilateur, l'anémomètre accuse deux fois et jusqu'à trois fois plus d'air que dans la mine; on déplace donc inutilement une grande masse d'air et on y dépense, en pure perte, une bonne partie du travail moteur. Or les 21 foyers d'aérage dont il est question ci-dessus appartiennent tous, sauf un, à des mines pourvues de deux puits, tandis que sur les 21 ventilateurs, il y en a 11 qui sont établis sur des mines à un seul puits.

En ce qui concerne la section des voies d'aérage, on peut dire que dans toutes les mines les voies d'accès de l'air ont des dimensions suffisantes; mais il n'en est pas de même des voies de retour, surtout dans le cas d'un puits unique. Pour les foyers d'aérage considérés, la section du puits ou du *goyau* de retour d'air était de  $5^{\text{m}^2},52$  en moyenne, tandis que, pour les ventilateurs, elle était seulement de  $2^{\text{m}^2},86$ , soit à peu près la moitié. Or l'exemple de la mine *Consolidation* montre combien la section a d'influence sur l'intensité du courant: en 1868, alors que tout l'air devait passer, pour retourner au puits, par trois boyaux qui n'avaient ensemble que  $0^{\text{m}^2},197$  de section, le ventila-

teur (système *Fabry*) débitait seulement  $98^{\text{m}^3}$  d'air par minute; au contraire, lors de la seconde visite, en 1871, l'air trouvant partout sur son passage une section suffisante, le même appareil donnait  $497^{\text{m}^3},95$  par minute, malgré l'extension qu'avait prise le champ d'exploitation.

A ces deux points de vue essentiels, les circonstances locales étaient donc à l'avantage des foyers, et il est possible qu'elles soient la cause, à elles seules, de la différence considérable constatée entre les rendements des deux systèmes d'aérage.

#### Avantages et inconvénients des ventilateurs et des foyers.

1. *Capital de premier établissement.* — Sur la mine *Dahlbusch*, on a installé dernièrement un ventilateur *Fabry* ayant les dimensions suivantes :

	mètres.
Rayon des ailes . . . . .	1,65
Largeur — . . . . .	3,80
Demi-distance des deux axes . . . . .	1,00

Le moteur est une machine horizontale à volant; la pression effective est d'une à deux atmosphères dans la chaudière; les dimensions du cylindre à vapeur sont :

	mètres.
Diamètre . . . . .	0,40
Course du piston . . . . .	0,80

La vitesse normale du ventilateur est de 20 à 50 tours par minute.

L'appareil est placé sur un puits spécial d'aérage. La vapeur est fournie par deux chaudières dont une en réserve. Voici quels ont été les frais d'établissement :

	francs.
Ventilateur et machine . . . . .	25.275
Fondations, bâtiments, cheminée . . . . .	14.227
Total . . . . .	37.500

Le volume d'air aspiré par le ventilateur, à la vitesse de

26 tours (la section du puits étant de  $3^m^2,94$ ), est de  $494^m^3,4$  par minute, soit environ 60 p. 100 du volume théorique donné par la formule

$$Q = 2l(\pi R^2 - 3,656r^2),$$

dans laquelle  $l$  représente la largeur,  $R$  le rayon des ailes et  $r$  la demi-distance des axes.

Pour un ventilateur *Guibal* établi au puits *Providence* de la mine *von der Heydt*, ayant 9 mètres de diamètre sur 5 mètres de largeur, les frais d'établissement ont été :

	francs
Ventilateur et machine. . . . .	17.100
Bâtiment, conduites d'air et fondations. . . . .	23.250
Total. . . . .	40.350

Le volume d'air, d'après les observations faites par la commission à l'intérieur de la mine, est en moyenne de  $750^m^3,72$  par minute, quand l'appareil marche à la vitesse de 58 tours; la dépression manométrique correspondante, en colonne d'eau est de  $0^m,065$ . La moyenne de 7 jaugeages opérés au jour par le constructeur avait donné un volume d'air de 1.658 mètres cubes, pour une vitesse de 60 tours, la dépression étant de  $0^m,072$ .

Un autre ventilateur *Guibal*, de même dimension que le précédent, établi sur la mine *Rhein-Elbe*, a coûté 15.110 francs, non compris les maçonneries.

Il a donné les résultats suivants :

	VITESSE.	DÉPRESSION mano- métrique.	VOLUME d'air par minute.
Observations de la commission faites dans la mine. . . . .	tours. 53	mètres. 0,0501	$m^3$ 549,82
Observations du constructeur faites au jour. . . . .	41	0,0360	1477,2

Un ventilateur *Fabry*, ayant  $3^m,13$  de diamètre sur  $1^m,88$  de largeur, établi sur la mine *Victoria Matthias*, a coûté,

avec la machine, forte de 20 chevaux, et ses deux chaudières, la somme de 46.875 francs, tout compris.

On voit, par ces exemples, que le capital d'établissement d'un ventilateur peut être évalué à 45.000 francs en moyenne. En général, l'installation d'un grand foyer d'aé-  
rage ne coûtera guère que 2.000 à 4.000 francs. Il est vrai qu'on ne peut établir de règle à cet égard, à cause de la diversité des circonstances locales. Toutefois, les frais d'établissement d'un foyer ne seront jamais comparables à ceux d'un ventilateur, bien que la création de l'emplacement nécessaire et le percement de la cheminée conduisant les gaz au puits d'appel donnent lieu, dans certains cas, à d'assez fortes dépenses.

2. *Frais d'entretien.* — Voici les données recueillies sur trois ventilateurs.

VENTILATEUR FABRY de la mine <i>Dahlbusch.</i>	VENTILATEUR FABRY de la mine <i>Victoria-Matthias.</i>	VENTILATEUR GUIBAL de la mine <i>Rhein-Elbe.</i>
<i>Frais mensuels :</i>		<i>Frais mensuels :</i>
50 tonnes de menu à fr. . . . .	hectol. 19,72 de houille par	110 tonnes de houille fr.
9 fr. . . . . 450	24 heures.	à 7 <sup>l</sup> ,50. . . . . 825,00
2 machinistes à 90 fr. . . . . 180		2 hommes. . . . . 187,50
Réparations, etc. . . . . 45		Réparations, etc. . . . . 45,00
Total. . . . . 675		Total. . . . . 1 057,50
	fr. . . . . 6.280	
<i>Frais annuels.</i> . . . . 8.100		
Intérêts et amortisse- ment (15 p. 100 du ca- pital d'établissement). 5.675		
Totaux. . . . . 13.725	7.031	12.690,00
	13.311	6.750,00
		19.440,00

Ainsi la dépense est en moyenne de 15.000 francs par an.

On a obtenu, pour deux grands foyers, les chiffres suivants :

Foyer de la mine <i>Hibernia</i> .		Foyer de la mine <i>Shamrock</i> .	
Surface de la grille, 5 <sup>m</sup> ².		Volume d'air circulant dans la mine, 1.450 <sup>m</sup> ³ par minute.	
Volume d'air circulant dans la mine, 1.000 <sup>m</sup> ³ par minute.		Volume d'air circulant dans la mine, 1.450 <sup>m</sup> ³ par minute.	
<i>Frais mensuels :</i>		<i>Frais mensuels :</i>	
70 tonnes de houille à 6 fr. . . . .	fr. 420,00	125 tonnes de houille à 6 fr. . . . .	fr. 750,00
2 chauffeurs. . . . .	187,50	2 chauffeurs. . . . .	187,50
Total. . . . .	607,50	Total. . . . .	937,50
<i>Frais annuels (y compris les barreaux de grille). . . . .</i>		<i>Frais annuels (y compris les barreaux de grille). . . . .</i>	
7.500,00		11.250,00	

Dans la plupart des mines, les frais d'entretien du foyer ont été moins élevés. En général, on y brûle du charbon de la dernière qualité, que les chauffeurs vont souvent récolter eux-mêmes dans les couches inexploitable, de sorte que, sauf la main-d'œuvre, les frais d'entretien peuvent être considérés comme tout à fait insignifiants.

5. *Sécurité.* — On reproche souvent aux foyers d'être inaccessibles en cas d'explosion. L'événement n'a pas justifié cette crainte lors des explosions terribles qui ont désolé plusieurs mines du bassin de la Ruhr. Au surplus, l'action d'un ventilateur peut, tout aussi bien que celle d'un foyer, être paralysée par une explosion violente, qui détruirait les dispositions prises pour distribuer l'air dans la mine, et, dans le cas d'un seul puits, la cloison qui isole le compartiment de retour d'air; les mines aérées par des foyers, étant généralement pourvues de deux puits offrent même, dans le fait, une plus grande sécurité, car une explosion ne peut guère se propager jusqu'au puits d'aérage.

Il est vrai qu'il peut se produire une inflammation de grisou au foyer : ce fait a eu lieu dans la mine *Shamrock*; mais l'aérage n'en a pas été troublé; d'ailleurs, un tel accident est presque impossible, quand la mine reçoit une quantité d'air suffisante; car, par l'effet de la diffusion des gaz sur le long trajet qu'ils ont à parcourir, depuis les chantiers jusqu'au puits d'aérage, le grisou est noyé dans

le courant, et il ne peut exister de mélanges explosibles dans le voisinage du foyer.

Des essais, faits au laboratoire de l'École des mines de *Bochum* sur de l'air pris dans le courant de retour des houillères *Westphalia* et *Holland*, ont donné les résultants suivants :

	PROPORTION DE GRISOU, SUR 100 PARTIES.		
	Premier essai.	Deuxième essai.	Moyennes.
<i>Westphalia</i> . . . . .	0,803	0,864	0,828
<i>Holland</i> . . . . .	0,534	0,586	0,560

Ces chiffres tendent à prouver qu'en général on n'a pas à redouter l'inflammation du grisou au foyer.

4. *Utilisation du puits d'aérage.* — L'exemple de plusieurs mines du bassin montre que l'extraction peut se faire, sans inconvénients sérieux, dans le puits par lequel s'échappent les gaz du foyer d'aérage; tandis qu'avec un ventilateur on doit même éviter, dans le cas d'un puits unique, de placer les pompes dans le compartiment de retour d'air; car les vibrations produites par le mouvement des tiges et l'ouverture fréquente des portes pour cause de réparation rendent alors très-imparfait l'isolement du courant de retour.

5. *Double mode d'action des ventilateurs.* — Les ventilateurs peuvent agir par aspiration et par refoulement; mais ce n'est pas là un avantage sérieux; car, en cas d'explosion, on ne saurait jamais dire s'il convient de renverser le courant. Les résultats favorables obtenus en Belgique avec des ventilateurs soufflants ne peuvent encore être considérés comme concluants. On a beau augmenter la pression, on n'arrêtera pas indéfiniment le dégagement du grisou. On pourrait seulement, en cas d'une forte dépression barométrique ou d'un dégagement de grisou subit et abon-

dant, contenir pour quelque temps le gaz inflammable en remplaçant l'aspiration par le refoulement.

6. *Contrôle.* — On ne peut contrôler efficacement l'aérage que dans la mine même; par suite l'avantage que paraissent offrir à ce point de vue les ventilateurs, parce qu'ils sont situés à la surface, n'est pas réel.

7. *Personnel employé.* — On a dit que les ventilateurs n'exigent pas de dépense de main-d'œuvre. Il convient néanmoins de placer un homme à la machine, au moins pour les ventilateurs de grandes dimensions. D'ailleurs, il faut tenir compte de la main-d'œuvre de chauffage des chaudières, quand même on emprunterait la vapeur motrice aux générateurs des machines d'extraction et d'épuisement.

8. *Possibilité de renforcer instantanément le courant d'air.* — C'est là le seul avantage sérieux que les ventilateurs possèdent sur les foyers. Du reste, il ne faut pas s'en exagérer l'importance, car le volume d'air aspiré augmente très-lentement avec le nombre de tours de l'appareil, comme on le voit par les chiffres suivants :

	NOMBRE de tours par minute.	DÉPRESSION manométrique (mesurée en colonne d'eau).	QUANTITÉ d'air par seconde.	TRAVAIL de la vapeur en kilogrammètres.
Ventilateur Guibal de la mine <i>Rhein-Elbe</i> . . . . .	41	mètres. 0,036	mét. cub. 24,62	1.610
	60	0,073	28,88	4.543,50
	88	0,145	51,23	11.872
Rapport des deux nombres extrêmes. . . . .	1 : 2	1 : 4	1 : 2	1 : 7
Ventilateur Guibal du puits <i>Providence</i> (mine <i>Von der Heydt</i> ). . . . .	60	0,022	27,3	»
	75	0,101	34,4	»
	50	0,149	42,4	»
Rapport des deux nombres extrêmes. . . . .	1 : 1,5	1 : 2	1 : 1,5	»

Ainsi, pour doubler le volume d'air, il faut dépenser sept fois plus de travail moteur; il est douteux qu'au moment du besoin on soit toujours en mesure d'augmenter la con-

sommation de vapeur dans cette proportion énorme. Au surplus, si le ventilateur n'est pas en parfait état, une accélération aussi brusque pourra bien en déterminer la rupture et causer ainsi la suppression absolue de toute ventilation.

On peut à la rigueur, avec les foyers, se réserver le moyen d'activer l'aérage à un moment donné: il suffit d'établir une grille de réserve que l'on met en service dans les cas exceptionnels. Pour pouvoir, en cas d'accident, amener rapidement de grandes masses d'air dans le quartier éprouvé, il est bon d'établir, à l'entrée des galeries d'allongement des différentes couches, des portes que l'on ferme après l'explosion, de manière à envoyer tout l'air dans la région où elle s'est produite: dans les mines où le dégagement de grisou n'est pas très-abondant, cette mesure ne mettra pas en danger les quartiers ainsi privés de ventilation; en tout cas, on aura le temps de rappeler les ouvriers qui s'y trouvent.

Des considérations qui précèdent et des données numériques recueillies par la commission, on peut conclure que les foyers d'aérage, qu'un rapport publié, en 1862, par une précédente commission avait déclarés inférieurs aux ventilateurs, sont aptes, aussi bien que ces derniers, à répondre à toutes les exigences de l'aérage, même dans les mines les plus étendues.

#### Conclusions.

1. La quantité d'air qui circule dans les mines est trop faible. La moyenne obtenue —  $1^{\text{m}^3},72$  par homme et par minute — est inférieure à celles des mines belges et anglaises. Dans son ouvrage sur les houillères (*Coal and wal mining*, 1867) M. W. Smyth demande 100 pieds cubes, soit  $2^{\text{m}^3},83$  par homme et par minute, plus trente fois autant d'air frais qu'il se dégage de grisou dans la mine; mais, dans la pratique, ce dernier élément échappe à toute évaluation exacte, et il faut s'en rapporter, pour les mines à grisou, aux

traditions locales, en tâchant d'apprécier les variations d'intensité du dégagement. En Belgique, on considère comme suffisante, pour les mines à grisou, une moyenne de  $2^m^3,781$ . On peut admettre ce chiffre, à la condition qu'il s'agisse bien de l'air qui parvient réellement dans les chantiers. Du reste, on doit se défier des données belges et anglaises : elles résultent en partie de mesures anémométriques effectuées au jour dans la conduite de retour d'air ; en outre, la commission a reconnu, dans plusieurs mines dirigées suivant les méthodes belges et anglaises, que l'utilisation du courant d'air y est très incomplète.

La moyenne obtenue pour les houillères de la Westphalie est encore au-dessus de la vérité ; car les exploitants ont cherché, sans aucun doute, à illusionner la commission sur l'aérage de leurs mines, en recourant à tous les expédients propres à activer le courant, quelquefois même en abrégant le trajet de l'air, au moment des observations, par l'ouverture des portes ou des barrages établis dans les remontées les plus proches.

2. Une bonne partie de l'air mis en mouvement n'est pas utilisée et circule simplement dans le voisinage du puits ou entre les deux puits, sans passer dans les chantiers ; ceux-ci négligent même d'utiliser une portion considérable de l'air qui arrive jusqu'à leur portée. Malheureusement les résultats obtenus par la commission ne suffisent pas pour évaluer les pertes avec précision.

Voici les causes de ces défauts et les moyens d'y remédier.

a. La force employée pour déterminer le mouvement de l'air est insuffisante. Des considérations théoriques et les données de l'expérience paraissent établir la supériorité des foyers sur les ventilateurs. Les premiers utilisent la chaleur directement, sans l'intermédiaire d'une machine ; ils permettent de faire servir le puits d'appel à l'extraction, et même, dans certains cas, à la circulation des ouvriers ; leur

action n'est pas interrompue, comme celle des ventilateurs, par de fréquentes réparations ; ils coûtent moins cher à établir et ne dépensent certainement pas plus que les ventilateurs ; enfin l'effet utile des foyers augmente, tandis que celui des machines diminue à mesure que la mine s'approfondit. Il est vrai que le premier système s'accommode moins facilement que le second d'un puits unique. Mais il est impossible, avec un seul puits, d'obtenir un bon aérage et une utilisation satisfaisante de la force motrice ; les motifs d'économie et de sécurité des ouvriers concourent avec les difficultés croissantes que présente la ventilation de champs d'exploitation de plus en plus étendus, pour démontrer la nécessité de deux puits.

Toutefois on pourra être amené, dans certaines circonstances, à faire usage d'un ventilateur, et du reste beaucoup d'ingénieurs continueront à donner, de parti pris, la préférence à ce système d'aérage. Dans ces derniers temps, le ventilateur *Gutbal* a laissé derrière lui tous ses concurrents ; on ne peut pas nier que cet appareil, grâce à son mode de construction, qui se prête à de grandes dimensions, ne soit préférable, pour les mines très-étendues, au ventilateur *Fabry*, généralement usité jusqu'à présent ; si l'on construit ce dernier sur une trop grande échelle, comme à la mine *Dahlbusch*, où l'on a donné aux ailes 3 mètres de largeur et  $1^m,65$  de rayon, la fréquence des réparations et la difficulté d'éviter les fuites augmentent d'une manière excessive. Les chiffres suivants montrent, il est vrai, que le ventilateur *Fabry*, fonctionnant dans de bonnes conditions, est en état de fournir une quantité d'air déjà considérable.

NOM DE LA MINE.	VOLUME D'AIR PAR MINUTE.	
	Maximum observé.	Moyenne de toutes les observations.
	mètres cubes.	mètres cubes.
<i>Tremonia</i> .....	624,56	469,42
<i>Helena und Amalia</i> .....	744,72	525,69
<i>Dahlbusch</i> .....	"	491,4

Mais si l'on veut dépasser le chiffre de 500 mètres cubes par minute, il faut, pour éviter toute interruption dans l'aérage, avoir deux appareils, dont l'un fonctionne quand l'autre sera en réparation. La moyenne des résultats obtenus sur 17 ventilateurs de ce système n'est que de 302<sup>m</sup>,5 par minute.

Jusqu'à présent on ne rencontre les grands ventilateurs *Guibal*, dans le bassin de la *Ruhr*, que sur des mines à un seul puits. Ils ont donné les résultats suivants :

NOM de la mine.	DIMENSIONS du ventilateur.		SECTION du goyau.	SUPERFICIE du champ d'exploitation.	NOMBRE de tours par minute.	QUANTITÉ d'air par minute (mesure à l'intérieur de la mine).
	Diamètre.	Largeur.				
	mètres.	mètres.	mèt. car.	hectares.		mètres cubes.
<i>Vonder Heydt</i> .....	9	3	2,0	32	58	750,72
<i>Pluto</i> .....	7	2	2,0	60	80	545,64
<i>Rhein-Elbe</i> .....	9	3	4,1	90	53	549,82
	Moyenne.....					613,39

L'effet utile du ventilateur *Guibal* serait certainement plus considérable dans une mine communiquant au jour par deux puits.

Les courbes de la *fig. 1*, Pl. VII, donnent la représentation graphique, d'après les données des constructeurs *Sievers et Cie*, de la manière dont varient, avec les dimensions de l'appareil, la force motrice, le volume d'air débité, le prix et la dépression manométrique, pour une vitesse de 60 tours par minute.

Voici les chiffres qui correspondent aux dimensions extrêmes considérées :

			RAPPORT
Diamètre, en mètres.....	5	12	1 : 2,4
Largeur, en mètres.....	1,5	3,6	1 : 2,4
Dépression, en millimètres d'eau.....	21	120	1 : 5,7
Prix, en francs.....	4500	31950	1 : 7,1
Quantité d'air par minute, en mètres cubes.....	300	4860	1 : 16,2
Force motrice, en chevaux-vapeur.....	3	205	1 : 68,3

Pour les grandes dimensions, la dépression varie à peu près proportionnellement au produit du diamètre par la largeur, et la force motrice proportionnellement au produit de la quantité d'air par la dépression, conformément à la théorie. Le prix varie sensiblement dans le même rapport que la dépression.

Partout où l'on se propose d'établir, au moyen d'un ventilateur, une circulation d'air aussi active que possible dans une mine d'une grande étendue, c'est au système *Guibal* qu'il faut donner la préférence.

Les ventilateurs *Rittinger* qu'on rencontre dans le bassin de la *Ruhr* ont donné des résultats si médiocres que ce système doit être écarté, dès qu'il s'agit d'améliorer sérieusement l'aérage par l'emploi de moteurs puissants.

Il n'y a pas de différence, quant aux frais d'entretien, entre les deux systèmes *Fabry* et *Guibal*; mais quand même le ventilateur *Guibal* consommerait plus de combustible, comme beaucoup d'ingénieurs le prétendent, on ne devrait pas s'arrêter à cette considération, cet appareil étant seul capable de donner de grands volumes d'air. Du reste, les frais d'entretien d'un ventilateur, qui ne peuvent guère dépasser la somme de 12.000 francs par an, ne sont rien, pour une mine importante, à côté des autres dépenses relatives à la ventilation (percement des galeries, fonçage du puits d'aérage, etc.).

En résumé, dans tous les cas où l'on a besoin d'un courant d'air énergétique, il faut employer un foyer ou un ventilateur *Guibal* de dimensions suffisantes; là où les exi-

gences de l'aérage sont moindres, on peut aussi employer avec avantage l'appareil *Fabry*.

On ne doit pas se contenter de relier l'orifice de sortie de l'air avec la cheminée des chaudières, si ce n'est dans une installation provisoire; à ce titre, du reste, c'est là un expédient très-efficace: d'après la moyenne des observations faites dans 24 mines où on l'employait, il donnait 268 mètres cubes d'air par minute. En cas d'insuffisance des autres moyens dont on dispose, on peut avoir recours à ce mode de ventilation; mais il exerce une influence si fâcheuse sur le chauffage des chaudières, qu'il ne peut être considéré que comme un pis-aller.

b. Le deuxième point essentiel à considérer pour l'amélioration de l'aérage a rapport à la section des voies dans lesquelles circule le courant. On a vu plus haut (p. 14) que la section moyenne, pour les mines du bassin aérées par des ventilateurs, est de 2<sup>m</sup>²,86; dans beaucoup de mines, elle est encore bien plus faible; dans la mine *Holland*, par exemple, en 1868, elle n'atteignait pas même 1 mètre carré. Or, on sait que, théoriquement, pour un même volume d'air passant par la section dans un temps donné, les résistances croissent

proportionnellement à  $\frac{1}{S\sqrt{S}}$  (S représentant la superficie de la section). Les résultats des observations de la commission démontrent clairement l'immense intérêt qu'il y a à donner de grandes dimensions, soit aux puits, soit aux galeries à travers-bancs et d'allongement où circule le courant total, soit même aux galeries situées dans le voisinage des tailles. Toutefois il est impossible, dans certaines mines, par suite de l'énorme pression du toit, d'empêcher le rétrécissement des galeries d'aérage. Il faut au moins alors observer la règle, trop souvent enfreinte, qui prescrit de ne pas exploiter au-dessus du retour d'air et de placer les principales galeries d'aérage dans des couches inexploitable, ne faisant l'objet d'aucuns travaux autres que ces galeries et les

remontées nécessaires à leur percement. Souvent, tout en réservant sous les marnes la tranche de 20 à 40 mètres interdite en vue de la sécurité, on a exploité au-dessus du retour d'air, ce qui rend extrêmement difficile l'entretien des galeries d'aérage. Beaucoup d'exploitants ne s'inquiètent nullement des réparations que celles-ci peuvent réclamer; ainsi, on a souvent constaté qu'elles manquaient de voie ferrée; il est alors très-difficile d'y apporter les bois nécessaires en cas d'éboulement, de rupture de cadre, etc., et l'on voit nombre de galeries qui, bien entretenues à proximité du travers-bancs, sont, au delà d'une certaine distance, dans un état déplorable, ou n'ont que des dimensions beaucoup trop faibles, par suite de l'impossibilité où l'on se trouve d'extraire les masses éboulées. Sous aucun prétexte, on ne doit s'interdire ainsi l'accès des galeries d'aérage en enlevant les rails.

On peut faire à toutes les exploitations le reproche que les galeries changent trop fréquemment et trop brusquement de dimensions. Dans certaines mines où les sections sont en général suffisantes, le courant de retour est obligé, pour atteindre le puits, de passer par un boyau très-étroit, sans que du reste la variation de section soit graduelle. Autant que possible, les voies de retour d'air, puits et galeries, doivent avoir une section uniforme et égale, dans le cas des ventilateurs, à celle de l'orifice d'aspiration: cette dernière condition peut encore être facilement remplie, même quand il s'agit d'un grand ventilateur *Guibal* de 9 mètres de diamètre sur 5 mètres de largeur, auquel cas l'orifice d'appel a 6<sup>m</sup>²,77 de superficie. Une section de 4 mètres carrés doit être considérée comme un *minimum* pour le puits ou le goyau de retour d'air, si l'on veut obtenir une ventilation active sans grande déperdition de l'air et sans dépenses excessives. Il est bon de donner à peu près la même section aux galeries et conduites où circule le courant, soit pour se rendre au puits

de sortie, soit pour aller de l'orifice du puits au ventilateur.

c. La séparation du courant d'air frais et du courant de retour ne peut être complète que dans les mines où il existe deux puits; même dans ces mines, on ne saurait trop s'appliquer à la rendre aussi parfaite que possible: c'est seulement par là qu'on peut éviter les irrégularités et les changements de sens du courant, provoqués par le mouvement de l'extraction dans les galeries et les puits, et dont on ressent les effets jusque dans les chantiers les plus reculés. Dans le cas d'un courant énergétique, deux portes ne suffisent pas pour barrer une galerie; même avec trois portes établies avec soin, il y a encore déperdition d'air sensible.

d. En général, les galeries d'allongement abandonnées qui débouchent sur les travers-bancs, les remontées devenues inutiles, celles où sont établis des plans inclinés ou qui servent à la circulation des ouvriers, ne sont pas fermées assez hermétiquement. On a vu plus haut que, d'après les données recueillies dans 29 mines, le courant d'air perd, en moyenne, avant même d'arriver aux galeries de roulage, 26 p. 100 de son intensité.

Convient-il de ventiler les vieux travaux dans les mines à grisou? Cette précaution paraît superflue dans les mines où, par suite de la pression du toit ou du gonflement des roches encaissantes, les vides disparaissent, ou du moins sont bientôt isolés de toutes parts. Il vaut mieux, quand on abandonne une galerie ou un quartier abattu, établir immédiatement de chaque côté un barrage imperméable à l'air. Au contraire, dans les mines où les vides restent longtemps ouverts, il est bon d'entretenir dans les vieux travaux un courant d'air faible, mais continu.

e. Dans beaucoup de mines on n'adopte pour l'aérage aucun plan bien arrêté; il est naturellement très-difficile, sinon impossible, d'y régler le courant d'air. Pour qu'on

puisse répondre d'un courant constant, notamment pour les chantiers reculés, il faut absolument que l'air soit astreint à suivre un chemin bien déterminé, que l'isolement des diverses branches du courant soit complet et que les réseaux de galeries qu'elles desservent n'empiètent pas l'un sur l'autre. Par suite, on doit condamner l'usage, assez répandu dans les mines où il y a deux niveaux d'exploitation, qui consiste à faire entrer l'air frais dans les deux niveaux à la fois; le courant doit toujours arriver en entier jusqu'au niveau le plus bas.

f. Le mode de répartition du courant dépend des circonstances locales, du nombre et de l'allure des couches. Jusqu'à proximité des quartiers en voie d'exploitation, il faut concentrer, autant que possible, le courant dans une galerie unique; c'est le moyen d'avoir dans les travaux de l'air aussi frais que possible, de diminuer les pertes et de faciliter la surveillance de l'aérage. Dans chaque quartier, le courant partiel doit être amené *en entier* devant tous les fronts de taille; il importe, en effet, qu'il conserve toute sa vitesse pour balayer les gaz nuisibles.

Convient-il d'établir un galandage depuis la dernière remontée jusqu'à l'avancement d'une galerie d'allongement? Cette disposition peut être adoptée dans quelques mines où la nature du toit et du mur permet de donner aux galeries de grandes dimensions. Mais elle est impraticable dans la plupart des mines du bassin, notamment dans celles de l'Est et du Nord, où la pression considérable du toit force à réduire au minimum les dimensions des galeries, ainsi que dans l'exploitation des couches minces. Si l'on veut alors dépasser le maximum de largeur indiqué par toutes les règles, grâce à la facilité avec laquelle l'air filtre par les fissures les plus minces pour abréger son trajet, le mouvement des bennes dans les galeries, la pression du toit qui, dans beaucoup de mines, se fait sentir au bout de fort peu de temps et, dans certains cas, le gonflement du

mur s'opposent à ce que la cloison reste suffisamment imperméable pour atteindre réellement son but. Elle pourrait bien n'avoir d'autre effet que d'augmenter les résistances qui s'opposent au mouvement de l'air et de diminuer par suite l'intensité du courant. Pour bien utiliser le courant d'air, il faut multiplier les remontées, dont la distance ne doit pas dépasser 20 ou 50 mètres; il suffira, pour ventiler le cul-de-sac, qui aura alors 10 à 15 mètres de longueur en moyenne, de la diffusion produite par le mouvement des piqueurs au travail, par le chargement des bennes et par le roulage.

Il est à peine nécessaire de rappeler que, soit pour les travaux montants, soit en cas d'un abondant dégagement de grisou, soit pour les chantiers situés à une grande distance du courant, il faut recourir à des dispositions particulières, telles que coffrets, galeries spéciales d'aérages, ventilateurs portatifs, etc.; que pour la percée des remontées destinées à l'établissement des plans inclinés et à la circulation des ouvriers, le mieux est d'en pousser deux simultanément et de les faire communiquer de temps en temps par une galerie horizontale; qu'enfin, en cas de danger imminent, tous les travaux montants doivent être absolument interdits.

Pour faire communiquer ensemble deux galeries de niveau, on a commencé, dans ces derniers temps, à remplacer les remontées par des trous de sonde: c'est là une innovation à imiter; malheureusement on n'offre ainsi qu'une voie très-étroite au courant d'air; mais le travail est plus rapide et plus économique; en outre, on écarte ainsi toute chance d'accident et toute difficulté, ce qui a d'autant plus d'importance que, dans la plupart des mines, les ouvriers habiles et habitués au travail dangereux des remontées sont très-rare.

*g.* Dans les mines à grisou, l'air, une fois parvenu dans les travaux, ne doit jamais se mouvoir en descendant. La commission a constaté que cette règle est enfreinte dans

beaucoup de mines, soit qu'on exploite au-dessus du niveau du retour d'air, soit que des éboulements obstruent les galeries d'aérage, soit qu'il n'existe même pas de voie spéciale de retour. On doit chercher à remédier au plus tôt à ce vice d'aérage, dont les inconvénients ne peuvent être compensés que par un renforcement énorme du courant d'air.

*h.* En général les courants partiels débouchent à angle droit dans la galerie de retour d'air, souvent même deux courants débouchent en face l'un de l'autre dans le travers-bancs, par les deux galeries de retour d'air d'une même couche: on diminuerait considérablement les pertes de force qui résultent de cet état de choses en raccordant les galeries par des courbes à petit rayon, ou en établissant des cloisons directrices.

*i.* On doit éviter les variations brusques dans la section des galeries. Il est bon de placer tous les appareils servant à distribuer et à régler le courant au niveau des voies de retour, là où les troubles résultant du mouvement de l'extraction ne sont pas à redouter.

*k.* Le trajet de l'air doit être raccourci autant que possible par le percement de remontées, de faux puits, etc.

*l.* En observant les règles qui précèdent, il sera possible, même avec les moteurs employés jusqu'à présent, d'améliorer l'aérage des travaux et de diminuer les chances d'accidents. En tout cas, on doit se tenir constamment sur ses gardes. L'expérience montre qu'on ne peut se rendre un compte exact de l'aérage d'une mine que par des mesures anémométriques. Malheureusement on n'est pas encore convaincu partout de cette vérité. L'auteur ne connaît en Westphalie qu'une seule mine où l'on contrôle de temps en temps l'aérage par des observations anémométriques: en divers points des travers-bancs et des voies principales d'aérage, on a donné à la galerie une section régulière en forme de rectangle, qui se raccorde progressivement avec

la section ordinaire; à chacune de ces stations, on a inscrit la superficie de la section, de sorte qu'une observation de deux à trois minutes et un calcul très-simple suffisent pour jauger le courant d'air; le calcul n'est même pas nécessaire, si l'on ne tient qu'à avoir des données comparatives. De telles dispositions, qui n'exigent qu'une dépense insignifiante, facilitent le contrôle et la conduite de l'aérage et augmentent l'exactitude des jaugeages. Il est facile aux ingénieurs d'une mine étendue, par suite de leur connaissance approfondie des circonstances locales et des influences qui agissent sur l'aérage de la mine; de se rendre compte de temps en temps de la situation en faisant quelques observations au niveau de retour d'air, ce qui n'entrave en rien l'exploitation. Ils pourront même, en prolongeant la durée des observations, en laissant par exemple l'anémomètre courir pendant toute une nuit, obtenir des résultats plus exacts que ceux de la commission, qui opérait rapidement et au moment où l'aérage était troublé par le mouvement de l'extraction. Malheureusement il n'existe pas encore d'anémomètre assez sensible pour permettre d'étudier tous les détails de l'aérage; mais ceux qu'on possède sont parfaitement suffisants pour se rendre compte en gros de l'efficacité des aménagements adoptés. Pour qu'on puisse dire qu'une mine est bien aérée, il faut que, même dans les remontées les plus reculées, si elles n'ont pas de trop grandes dimensions, le courant soit encore capable de mettre en mouvement l'anémomètre de Biram, qui, lorsqu'il est bien construit, accuse jusqu'à une vitesse de 0<sup>m</sup>,066 par seconde.

RÉSULTATS D'EXPERIENCES FAITES SUR UN VENTILATEUR GUIDAL  
au puits *Providence*, de la Société des Houillères de *Herrn-Bochum*, le 24 juillet 1869.

NUMÉRO de l'expérience.	MACHINE à vapeur.		PRESSION effective de la vapeur en atmosphères.		DÉPRESSION dans toute du ventilateur en millimètres d'eau.		ANÉMOMETRE employé.	NOMBRE de tours de l'anémomètre.	Durée de l'observation en secondes.	VITESSE de l'air par seconde.		HAUTEUR de l'axe de l'anémomètre au-dessus du fond de la conduite d'air.	SECTION du canal dans lequel est fait le jaugeage.	QUANTITÉ d'air mise en mouvement par seconde.		OBSERVATIONS.
	Nombre de tours de l'arbre mouleur par minute.	Détente.	le cylindre.	la chaudière.	dans le ventilateur.	dans le cylindre.				dans la mine.	dans les observations nos 5 et 6.			dans les observations nos 7, 8 et 9.	m. cub. d'après chaque observation.	
1	60	1/2	3,07	3,14	72	Anémomètre de la mine.	3,388	120	0,60	9,03	0,60	3,30	29,7			Dans les observations nos 5 et 6, l'anémomètre était probablement incliné sur le courant, qui était sensiblement plus fort dans ces deux observations que dans les deux observations 4 et 7.
2	"	"	"	"	"	"	3,386	"	0,60	10,42	0,60	"	34,4			
3	"	"	"	"	"	"	3,834	"	0,60	7,77	0,60	"	25,6			
4	"	"	"	"	"	"	3,457	"	0,60	8,27	0,60	"	21,3			
5	"	"	"	"	"	"	2,797	"	0,60	6,47	1,00	"	25,3			
6	"	"	"	"	"	"	2,886	"	0,60	7,69	0,60	"	39,5			
7	"	"	"	"	"	"	3,417	"	0,60	11,97	0,60	"	29,4			
8	75	5/8	3,11	3,36	101	Anémomètre de la mine.	3,858	"	0,60	8,90	0,60	"	42,4			Pour ces trois observations, les résultats ne peuvent être très-exacts: à cause de la grande vitesse du courant, de grosses gouttes d'eau étaient entraînées et lancées contre les ailes du ventilateur; l'anémomètre lui-même ne pouvait se tenir en équilibre.
9	"	"	"	"	"	"	4,733	"	0,60	13,77	0,60	"	38,5			
10	"	"	"	"	"	"	3,899	"	0,60	11,97	0,60	"				
11	"	"	"	"	"	"	4,096	"	0,60	12,87	0,60	"				
12	90	7/8	3,21	3,43	149	Anémomètre de la mine.	4,900	"								
13	"	"	"	"	"	"	4,803	"								
14	"	"	"	"	"	"	5,508	"								

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES FAITES SUR UN VENTILATEUR GUBIAL  
à la mine Rhein-Elbe, les 14 et 21 février 1869.

NOMBRE DE TOURS de l'expérience.	NOMBRE DE TOURS du ventilateur par minute.	NOMBRE DE TOURS de l'anémomètre		VITESSE DE L'AIR en mètres par seconde.		SECTION de la conduite.		VOLUME d'air par seconde.		DÉPRESSION en millimètres d'eau.		TRAVAIL de l'air mis en mouvement en kilogrammètres.		TRAVAIL DE LA VAPEUR en kilogrammètres.		RENDEMENT		OBSERVATIONS.
		anglais.	allemand.	Anémomètre anglais.	Anémomètre allemand.	m. q.	m. q.	m. c.	m. c.	Anémomètre anglais.	Anémomètre allemand.	Anémomètre anglais.	Anémomètre allemand.	Anémomètre anglais.	Anémomètre allemand.	Anémomètre anglais.	Anémomètre allemand.	
1	41	1.205	11.445	7,500	7,530	3,27	3,27	23,87	24,62	36	838,80	386	1.610,00	0,52	0,55			
		1.250	13.110	4,670	4,670	4,87	4,87	22,74										
2	60	1.820	14.500	10,82	9,61	3,27	3,27	34,73	31,42	73	2.535	2.284	4.543,50	0,56	0,50			Los diagrammes ont été donnés par l'indicateur de Watt.
		1.905	16.630	12	5,20	4,87	4,87	21,35				1.777			0,39			A cette vitesse on n'a pu prendre de diagramme; par suite, le rendement du ventilateur n'a pu être calculé.
3	82	1.380	16.000	13,37	10,67	4,87	4,87	58,44	35,16		7714,08	4.641						
		1.390	18.445	13,81	13,81	3,27	3,27	66,08	51,96	132	3722,56	7858,7						
4	88	1.510	26.000	15,286	10,52	4,87	4,87	73,39	51,23	145	10.641	7.428,3	11.872,00	0,89	0,62			
		1.770	28.370															
		1.000	3.063															

## RAPPORT DU COMITÉ PARLEMENTAIRE D'ENQUÊTE

501

### LA QUESTION DES HOUILLES EN ANGLETERRE

Traduit par M. DE RUOLZ, inspecteur général des chemins de fer.

Le comité spécial nommé pour procéder à une enquête sur les causes de la cherté et de la rareté de la houille et présenter à la Chambre un rapport à ce sujet, s'étant livré à l'examen des questions posées, a adopté le rapport suivant :

La commission royale constituée, en 1866, pour rechercher la quantité probable de houille contenue dans les bassins du Royaume-Uni et déterminer le tonnage des charbons consommés et exportés à cette époque, a présenté à ce sujet, en juillet 1871, un rapport très-étendu. Votre comité n'a donc pas jugé nécessaire d'étudier les diverses questions traitées dans ce rapport; mais il est utile de se reporter à quelques-unes des conclusions auxquelles la commission royale était arrivée, pour se rendre un compte plus exact de l'état actuel de la richesse houillère, que votre comité avait pour mission d'apprécier.

Il a été constaté, par l'examen le plus attentif des bassins houillers de la Grande-Bretagne et par l'évaluation de la production des mines qui y sont exploitées, que nous possédons un approvisionnement de charbon suffisant pour les besoins du présent et pour ceux de l'avenir, pendant bien des années; mais l'épuisement possible de cette richesse par la consommation d'une longue période a fait l'objet de calculs très-intéressants. Ces calculs semblaient surtout basés sur l'appréciation possible de l'accroissement de la population, ainsi que de la consommation, dans le Royaume-Uni et même, jusqu'à un certain point, dans d'autres pays. Votre comité a considéré comme inutile et frivole de se lancer à cet égard dans des spéculations conjecturales; il est d'avis, en effet, qu'il n'existe aucun fait matériel sur lequel on puisse baser un jugement à ce sujet, et il estime qu'il remplira mieux le but de sa

mission en limitant son rapport à une période immédiatement liée à l'état actuel de l'approvisionnement houiller.

Le tableau suivant indique l'accroissement progressif de la population, de l'extraction et de la consommation du charbon, ainsi que le taux calculé de cette consommation, par tête, dans la Grande-Bretagne, pendant les quinze dernières années. Ce tableau, extrait des rapports de la commission royale de 1869, a été corrigé et complété à l'aide des documents les plus récents. On n'a pas jugé nécessaire d'y faire figurer l'Irlande, parce que la production de la houille y est relativement minime, et que la quantité de charbon qui y est importée est comprise dans le tonnage général de l'exportation de la Grande-Bretagne. Il n'a été publié aucun compte de la quantité de houille exportée sur l'Irlande avant 1867; mais, afin d'arriver à une comparaison approximative, on l'a estimée à 2 millions de tonnes pour chacune des années antérieures à cette date.

ANNÉES.	POPULATION.				EXTRACTION de la houille.	HOUILLE				AUGMENTA- TION ou diminution de la houille relativement à l'année précédente.	TOTAL de la houille consommée par tête d'habitant.
	Grande- Bretagne.	Accroissement absolu.		p. 100.		exportée de la Grande-Bretagne		restée et consommée à l'intérieur.	tonnes.		
		tonnes.	tonnes.			tonnes.	tonnes.				
1858	22.498.956	»	»	»	64.587.899	6.597.128	2.000.000	55.990.771	»	tonnes.	kilog.
1859	22.728.513	229.557	1,0	»	71.859.165	7.082.029	»	62.777.436	+ 6.786.665	2.538	2.807
1860	22.957.451	228.938	1,0	»	79.923.273	7.412.575	»	70.510.698	+ 7.733.262	3.121	3.121
1861	23.185.947	228.496	0,9	»	85.512.141	7.931.832	»	75.577.312	+ 5.066.614	3.315	3.315
1862	23.449.987	264.040	1,1	»	83.510.838	8.380.673	»	72.130.165	- 3.447.147	3.125	3.125
1863	23.716.913	266.956	1,1	»	88.165.465	8.342.500	»	77.822.965	+ 5.691.800	3.334	3.334
1864	23.990.091	273.148	1,1	»	92.662.873	8.900.872	»	81.762.001	+ 3.939.036	3.463	3.463
1865	24.270.012	279.921	1,1	»	98.150.587	9.283.214	»	86.867.373	+ 5.105.372	3.637	3.637
1866	24.557.290	287.278	1,1	»	101.506.794	10.142.260	»	89.364.534	+ 2.497.161	3.697	3.697
1867	24.852.540	295.250	1,2	»	104.375.480	10.563.829	2.676.650	91.143.011	+ 1.778.477	3.726	3.726
1868	25.156.419	303.879	1,2	»	103.014.207	10.967.062	2.216.899	89.830.246	- 1.312.765	3.615	3.615
1869	25.469.594	313.175	1,2	»	107.299.634	10.744.945	2.398.541	94.156.148	+ 4.325.902	3.759	3.759
1870	25.792.784	323.190	1,2	»	110.289.722	11.701.619	2.568.271	96.018.802	+ 1.862.654	3.782	3.782
1871	26.126.734	333.950	1,2	»	117.186.278	12.747.989	2.593.197	101.845.092	+ 5.826.290	3.961	3.961
1872*	26.472.225	345.491	1,3	»	123.386.758	13.211.961	2.611.911	107.562.886	+ 5.717.794	4.128	4.128

\* Le chiffre des extractions pour 1872 est conforme aux dépositions faites devant le comité par les inspecteurs des mines.

Un des témoins a évalué la quantité de houille extraite et mise en consommation pendant l'année 1872 à 120 millions de tonnes (\*), et d'autres dépositions tendent à confirmer l'impression générale

(\*) Au lieu de 123.387.000 tonnes portées au tableau ci-dessus.

dominante, parmi les hommes spéciaux, que l'extraction utile de l'année dernière n'a pas augmenté dans les limites que le tableau indique. Bien que ce tableau puisse être regardé comme suffisamment exact, au point de vue de la comparaison générale entre une année et une autre, il ne peut être considéré que comme offrant une évaluation approximative de la quantité annuelle actuellement extraite et consommée; les chiffres qui y figurent étaient, en effet, soumis aux nombreuses imperfections contenues dans les documents produits, et impossibles à éviter.

Ce tableau ne donne pas non plus un aperçu exact de la quantité de charbon que les mines exploitées auraient pu fournir pour la vente; en effet, par suite de la demande, naguère encore insuffisante, de certaines sortes de menus charbons, une grande quantité de ces houilles, que personne n'a pu évaluer, a été perdue; en outre, la commission royale a estimé que plusieurs imperfections, signalées dans certains systèmes d'exploitation (susceptibles cependant d'améliorations à des degrés divers), ont produit cet effet que la quantité de charbon actuellement extraite d'une surface donnée, pour être livrée à la consommation, est de 10 à 40 p. 100 inférieure à celle du charbon mesuré dans la veine; d'où résulte une perte de houille proportionnelle. Si ces 10 à 40 centièmes pouvaient être sauvés pour la consommation, il faudrait modifier entièrement toutes les conclusions qui pourraient, relativement à l'avenir, être déduites des chiffres mentionnés dans le tableau.

Pour déterminer les causes qui ont amené la rareté apparente du charbon en ce moment, votre comité a cherché pour quelle part cette situation pouvait résulter soit d'une diminution ou d'une stagnation dans l'extraction, soit d'une augmentation extraordinaire de demandes pour la consommation, augmentation temporaire ou offrant un caractère de permanence; nous allons donc exposer brièvement le résultat des informations que nous avons reçues à cet égard.

Voire comité a interrogé quelques-uns des propriétaires et directeurs de mines de charbons les plus expérimentés, et dont les dépositions ont d'autant plus de valeur que plusieurs avaient été choisis comme délégués par des associations importantes de propriétaires de mines. Ils s'accordent généralement à reconnaître qu'un trouble considérable s'est produit dans l'esprit des ouvriers employés dans les mines et à leurs abords, relativement

au nombre d'heures par jour ou par semaine pendant lesquelles ils jugent qu'il est de leur intérêt de travailler, et que la tendance générale a été de réduire les heures de travail. Il a été aussi affirmé que la loi sur les mines, votée pendant la session dernière (\*), avait contribué au même résultat, et qu'en conséquence, les mines n'avaient pas livré la quantité de charbon que, sans ces circonstances, elles auraient été en état de fournir.

Votre comité ne doute nullement qu'un des plus grands services à rendre aux ouvriers mineurs serait de les amener à travailler avec régularité chaque jour, et pendant une durée qui, sans altérer leur santé, sans diminuer le confortable de leur existence ou dégrader leur condition morale, aurait pour effet de déraciner la paresse ou la dissipation; mais, comme on ne peut pas faire de loi pour obtenir ce résultat, on doit attendre de l'esprit général des ouvriers, amélioré par l'éducation, qu'ils arriveront, de concert avec leurs patrons, à des limites convenables de travail. Votre comité espère, d'ailleurs, que, quand le mode d'emploi des hommes aura été mis en rapport avec les exigences de la nouvelle loi et avec le désir qu'ils éprouvent de voir améliorer leur condition, le résultat de l'ensemble du travail des ouvriers mineurs ne sera pas inférieur à celui des années précédentes.

Votre comité a essayé de préciser l'influence que les circonstances qu'on vient d'énumérer ont exercée sur la production du charbon par ouvrier mineur. Le tableau suivant indique le résultat des états fournis à ce sujet aux inspecteurs des mines par les directeurs de toutes les houillères.

ANNÉES.	NOMBRE D'HOMMES employés.	QUANTITÉ DE HOUILLE extraite par homme.
		tonnes.
1864. . . . .	307.542	309
1865. . . . .	315.451	313
1866. . . . .	320.663	314
1867. . . . .	333.116	316
1868. . . . .	346.820	302
1869. . . . .	345.448	316
1870. . . . .	350.894	321
1871. . . . .	370.881	317
1872. . . . .	413.334	299

Mais la comparaison entre l'année 1872 et les années précé-

(\*) Voir cette loi à la *Partie administrative*, t. II, p. 26.

dentes est affectée par ce fait que les états relatifs aux années antérieures, n'étant pas obligatoires, ne comprenaient pas toujours la totalité des personnes employées dans chaque mine et à ses abords. Ces états ne renfermaient, d'ailleurs, aucun document sur l'économie produite dans le travail, soit au fond, soit à la surface, par suite de procédés perfectionnés d'exploitation ou de chargement du charbon dans les wagons pour le transport.

Les dépositions faites dans quelques cas individuels démontrent que la quantité extraite par ouvrier a diminué pendant la dernière année, et, somme toute, votre comité est d'avis que la diminution de la production par homme employé à l'extraction du charbon dans les mines depuis 1871 n'est guère moindre que celle indiquée au tableau.

Il n'y a pas lieu de douter que les mines existantes soient en état de suffire aux besoins actuels de la consommation, et, moyennant une organisation proportionnelle du travail, l'approvisionnement pourrait être grandement augmenté; mais une durée de plusieurs mois est nécessaire pour ouvrir ou étendre de nouvelles exploitations et pour dresser au travail spécial des mines les ouvriers occupés jusqu'ici à d'autres métiers. Votre comité a reçu des dépositions suffisantes pour démontrer que ces opérations sont maintenant en cours d'exécution, sous l'influence stimulante de la hausse des prix; il y a tout lieu de croire que, sous peu, les mines actuellement en exploitation, ainsi que celles qui seront sans doute prochainement ouvertes, pourront produire une quantité beaucoup plus considérable de charbons propres à la vente. Votre comité appelle particulièrement l'attention sur la déposition suivante, faite en réponse à la question 7542. Elle démontre que le système de doubles postes d'ouvriers, employé pour l'exploitation des mines, peut rendre la production plus facile et notablement plus économique.

« La masse du charbon sera dorénavant tirée des mines profondes et, en ce qui les concerne, un travail plus long sera nécessaire. Il devra intervenir, pour les travaux d'extraction, un arrangement à l'aide duquel, au lieu de quarante à cinquante heures par semaine (c'est tout ce qu'on peut maintenant obtenir de travail pour l'extraction du charbon), l'établissement d'un double poste (*double shift*) ou un autre moyen quelconque permettra, à la personne qui verse un grand capital dans de semblables entreprises, d'obtenir une quantité plus forte que celle qui peut être extraite

dans ce court espace de temps. Si l'on n'agit pas ainsi, on payera un prix beaucoup plus élevé, qui doit finalement peser sur le consommateur; mais si, au contraire, on arrive à un arrangement de cette nature, je crois qu'au lieu d'une augmentation de prix, on pourra obtenir une économie. Je ne désire nullement qu'on impose plus d'heures de travail aux jeunes garçons; en fait, je pense qu'on pourrait les diminuer et, quant à moi, comme exploitant de mines profondes, je serais disposé, afin de résoudre la question, à leur donner les mêmes gages pour un temps moindre, pourvu que je puisse obtenir un travail successif de seize ou dix-sept heures par jour, au lieu de huit, neuf ou dix heures que j'obtiens actuellement. Je vais vous donner une démonstration pratique de ce que j'avance. Je suis très-bien renseigné sur deux houillères; l'une est située en Glamorganshire et l'autre dans le comté de Durham. Ces deux mines ont coûté plus de £250.000 (6.250.000 francs); elles sont donc très-considérables. Dans celle de Durham, on extrait par jour environ deux fois plus de houille que dans celle du Glamorgan; et, dans cette dernière, 1.000 tonnes exigent un front de taille aussi étendu que 2.000 tonnes dans celle de Durham (chiffres relatifs de l'extraction par jour de chacune des deux houillères). J'espère maintenant que cet état de choses sera loyalement apprécié par les ouvriers. Il est nécessaire qu'il en soit ainsi, et j'ai grande confiance (je le dis sans flatterie) dans l'influence d'hommes tels que M. Mac Donald et des délégués des ouvriers pour triompher du préjugé; car il existe, dans la Galles du Sud, un très-grand préjugé contre ce système; mais j'espère leur coopération pour obtenir que l'organisation du travail y soit mise sur des bases plus sages et plus sûres qu'aujourd'hui. »

Il paraît que cette question est maintenant étudiée par les patrons et les ouvriers, en vue d'introduire le système des doubles postes dans les districts houillers où il n'a jamais été essayé, et votre comité espère que, quand les avantages de ce système seront bien appréciés par les ouvriers, il pourra être appliqué d'une manière plus étendue et dans des conditions aussi satisfaisantes pour les propriétaires des mines que pour les ouvriers eux-mêmes.

Dans le cours de l'enquête, nous avons reçu des dépositions relatives à plusieurs questions qui exercent une influence générale sur l'extraction de la houille; telles sont la difficulté de trouver des logements pour les ouvriers, dans le cas d'une augmentation subite de leur nombre; la difficulté de l'épuisement dans les mines, quand les travaux de propriétaires différents sont contigus et exposés aux mêmes invasions d'eau; la difficulté d'obtenir des moyens

de transport plus considérables, dans le cas d'un accroissement inattendu des quantités à transporter; la difficulté enfin d'arriver à des arrangements par arbitrage, médiation ou autrement, entre les grandes corporations ouvrières et les patrons, lorsqu'en conséquence de la vaste échelle sur laquelle s'exerce leur industrie, il devient nécessaire pour tous d'asseoir le travail sur quelque base commune d'organisation. Votre comité n'a pas jugé nécessaire d'étendre son enquête à toutes ces questions et à d'autres d'un caractère analogue, bien que d'une importance moindre; pour arriver à se former sur ces divers points une opinion raisonnée, il ne peut que renvoyer aux dépositions qu'il a incidemment reçues.

La conclusion générale à déduire de l'ensemble de ces témoignages est que la production du charbon a augmenté, en 1872, dans une proportion moindre que pendant les années immédiatement précédentes; mais que si, néanmoins, on pouvait obtenir une quantité de travail équivalente, le taux d'accroissement des extractions arriverait bientôt au niveau de celui des dernières années.

*En ce qui regarde la consommation du charbon.*

La commission royale a estimé, d'après les états reçus en réponse à ses circulaires, ainsi que d'après les statistiques réunies par le « Mining record office », que le charbon extrait pendant l'année 1869 avait été consommé comme l'indique le tableau suivant. Ce tableau a été complété par M. Robert Hunt, à partir de 1869, selon ses propres évaluations et selon les « statistiques minérales » officielles des années 1870 et 1871.

	1869		1870		1871	
	Production de l'industrie métallurgique, etc.	Consommation et exportation.	Production de l'industrie métallurgique, etc.	Consommation et exportation.	Production de l'industrie métallurgique, etc.	Consommation et exportation.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Fonte de fer. . . . .	5.445.757	16.337.271	5.963.515	17.890.545	6.627.179	19.381.537
Fer en barres et acier. . . . .	4.734.145	16.109.335	"	17.489.794	5.566.175	18.648.686
Etain. . . . .	9.356	22.679	10.200	24.480	11.320	27.168
Cuivre anglais. . . . .	8.291	460.083	7.175	427.500	6.281	376.412
Minerai de cuivre importé. . . . .	34.971		27.166		63.673	
Plomb anglais. . . . .	73.529		73.420		69.056	
Minerai de plomb importé. . . . .	11.874	145.299	12.316	150.038	20.860	157.353
Zinc anglais. . . . .	4.500		3.936		4.966	
Minerai de zinc importé. . . . .	41.736	231.170	44.553	242.445	29.418	171.920
	Nombres.		Nombres.		Nombres.	
Mines de houille. . . . .	2.852	6.714.222	2.851	6.713.210	2.810	6.578.800
Mines métalliques. . . . .	740	511.201	738	508.222	768	529.920
Manufactures (production de la vapeur et autres usages). . . . .		25.327.213				
Navigation à vapeur <sup>a</sup> . . . . .		2.277.562				
Chemins de fer (locomotives et autres usages). . . . .		2.027.500				
Armée de terre. . . . .		195.000				
Fabrication du gaz. . . . .		6.311.980				
Travaux hydrauliques et divers. . . . .		1.500.000				
Total de la houille consommée dans les manufactures et pour la vapeur. . . . .		79.170.515		80.546.234		85.371.796
Exportation <sup>b</sup> . . . . .		10.744.945		11.744.945		12.747.989
Usages domestiques, etc. . . . .		15.113.556		15.571.742		16.639.046
Exportation sur l'Irlande. . . . .		2.398.541		2.568.271		2.593.197
Total de la production de la houille. . . . .		107.427.557		110.431.192		117.352.028

<sup>a</sup> Y compris la marine royale à vapeur et la consommation du département de la marine.

<sup>b</sup> Y compris les cokes et les agglomérés (*patent-fuel*).

<sup>c</sup> Corrigé depuis l'enquête parlementaire. Le rapport de la commission des houilles donnait le chiffre 9.775.470 tonnes.

<sup>d</sup> Évalué d'après les bases des documents de 1869 et les renseignements généraux.

Le tableau ci-dessus comprend la consommation de la Grande-Bretagne tant à l'intérieur, pour divers usages, que pour la totalité de l'exportation, soit sur l'Irlande, soit sur les pays étrangers; mais, si l'on veut se former une idée plus exacte de la consommation domestique en particulier, on peut être édifié à ce sujet par les documents indiquant le tonnage des charbons importés dans le district de Londres, c'est-à-dire à l'aide des registres tenus en vue de la perception de la taxe sur le charbon consommé pour les usages domestiques et pour d'autres emplois, en grande partie d'un

caractère local. On obtient ainsi les chiffres contenus au tableau suivant :

ANNÉES.	POPULATION du district de la métropole.	QUANTITÉ de houille amenée sur le marché de Londres		TOTAL de la houille amenée dans le district de Londres.	QUANTITÉ exportée ou transportée hors du district de Londres.	TOTAL de la quantité restée pour la consommation dans le district de Londres.	TOTAL approximatif de la quantité consommée par les briqueteries, le gaz, les travaux hydrauliques et les manufactures en général.	QUANTITÉ restée pour la consommation domestique, les chemins de fer et les bateaux à vapeur, dans le district de Londres.	TOTAL de la consommation du district de Londres, divisé par le nombre des habitants.
		par chemin de fer et canal.	par mer.						
1869	habitants.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	kilog.
1869	3.760.501	2.348.527	2.873.688	6.222.215	1.088.548	5.133.667	2.965.192	2.168.475	1.388
1870	3.831.508	3.765.391	2.993.710	6.759.101	1.179.430	5.579.671	3.054.798	2.524.873	1.473
1871	3.903.855	4.449.141	2.762.712	7.211.853	1.401.064	5.810.789	3.230.757	2.580.032	1.511
1872	3.977.569	5.007.505	2.548.918	7.556.423	1.655.733	5.900.690	3.365.090	2.535.090	1.499

Il ressort évidemment du tableau ci-dessus que la proportion croissante de l'approvisionnement ne s'est pas maintenue en 1872, et M. Cory, un des témoins les plus compétents et les mieux renseignés, a déposé que, pour les cinq premiers mois de l'année actuelle comparés aux cinq mêmes mois de l'année précédente, la différence en moins de l'approvisionnement du district de Londres peut être estimée à 185.000 tonnes.

Quant au rapport existant entre la consommation et les fournitures de charbon faites aux diverses branches d'industrie, la Commission royale a estimé, avec raison, qu'il importait de s'assurer de la quantité de charbon perdue par négligence ou par défaut des précautions de nature à obtenir des économies dans son emploi. Elle a exposé, comme suit, le résultat des travaux du comité nommé par elle pour étudier cette question :

« Les conclusions du comité sont que, depuis longtemps déjà, notre industrie et nos manufactures ont fait de persévérants efforts pour réduire la dépense de houille, en appliquant à son emploi des procédés de plus en plus perfectionnés. Le comité admet qu'il y a tout lieu de croire que, dans certaines branches de l'industrie, on a à peu près atteint le maximum d'économie utilement possible et que, dans d'autres cas, on ne cesse de faire des efforts heureux pour épargner le combustible.

« On peut donc être persuadé que les progrès possibles comme économie dans la combustion ne pourront pas agir d'une manière

appréciable pour diminuer dans l'avenir le taux de l'accroissement annuel des extractions. »

Cette conclusion doit être maintenant modifiée par le fait que l'augmentation de valeur de la marchandise rend toute économie d'une bien plus haute importance qu'auparavant, et c'est par ce motif que l'accroissement de consommation du charbon sera probablement ralenti par une plus grande économie dans son emploi.

La commission expose, en outre, que « la consommation de la houille pour les usages domestiques peut (d'une manière générale) être estimée à une tonne par an et par habitant, et l'on doit la considérer comme représentant environ un tiers de la production. Il est probable que cette proportion par tête se maintiendra d'une manière assez constante; car, malgré l'introduction qu'on pourra faire dans nos demeures de moyens de chauffage plus économiques, l'augmentation de la richesse nationale facilitera la consommation de la houille pour les usages privés; il est donc probable que le développement de cette consommation coïncidera avec l'accroissement de la population du Royaume-Uni. »

Il ressort pourtant évidemment des tableaux qui précèdent (en ne tenant pas compte de la consommation domestique dans les districts des mines) que, quand le charbon était vendu à un très-bas prix et employé largement, sinon avec prodigalité, la consommation pour les usages purement domestiques était bien moindre *par tête* et absorbait une proportion beaucoup moindre de la production totale.

La commission royale a fait porter aussi ses recherches sur l'accroissement probable de l'exportation du charbon et est arrivée aux résultats suivants :

« En ce qui concerne l'avenir de l'exportation houillère, il est douteux qu'elle continue la marche d'accroissement considérable qu'elle a suivie, pendant la période comprise dans le tableau précédent. Le rapport du comité E expose que le développement progressif des vastes bassins houillers de l'Amérique du Nord, de ceux des Indes, de la Chine, du Japon, etc., ainsi qu'une exploitation plus complète des bassins connus de l'Europe, mettront obstacle, dans l'avenir, à tout accroissement notable de l'exportation des houilles anglaises. »

Cet avis peut être appuyé par le tableau des exportations de date plus récente déjà cité, auquel on peut ajouter l'exportation du premier semestre de la présente année, qui a été de 6.018.910 tonnes, tandis que celle de la même période de l'année dernière

avait été de 6.446.080 tonnes; mais votre comité croit qu'on ne saurait prétendre qu'une augmentation ultérieure d'exportation n'aura pas lieu.

Les considérations qui précèdent ne sont pas en harmonie avec les conditions actuelles du commerce du charbon; votre comité a donc essayé d'établir dans quelles limites la demande de houille, pour certaines branches spéciales de l'industrie, s'est trouvée affectée depuis le rapport de la commission royale. Il a constaté que les témoins interrogés à ce sujet reconnaissent, d'un commun accord, que l'état florissant de l'industrie et de la population du pays a pleinement suffi à maintenir et même à élever le taux d'accroissement de la consommation, pour les usages généraux de l'industrie aussi bien que pour l'usage domestique. — Les témoins s'accordent également pour admettre qu'il existe une branche spéciale de fabrication qui a élevé les demandes de houille à des quantités impossibles à atteindre par les producteurs et qui a ainsi causé la hausse. Nous voulons parler de la production de la fonte et de sa conversion en fer laminé sous diverses formes. Il a été reconnu que l'accroissement des commandes pour le fer venait principalement des États-Unis d'Amérique et de l'Allemagne. Il n'est pas nécessaire de se livrer à une étude bien profonde de la situation exceptionnelle de ces deux pays, pour voir quelle a été la cause première de leurs demandes: le tableau suivant fera mieux apprécier l'état actuel de notre industrie métallurgique et de sa consommation houillère pendant les six dernières années.

ANNÉES.	FONTES	FONTES	FONTES	FER	HOUILLE	HOUILLE	TOTAL
	produite.	exportée.	convertie en fer laminé.	laminé exporté.	employée à la production de la fonte. à raison de trois tonnes par tonne de fonte.	employée pour la conver- sion de la fonte en fer laminé, etc.. à raison de trois tonnes par tonne de fer en barres.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1867	4.761.023	567.319	4.193.704	1.317.038	14.283.069	11.048.908	28.331.977
1868	4.970.206	555.020	4.415.186	1.480.138	14.910.618	14.790.873	29.701.491
1869	5.445.757	711.612	4.734.145	1.970.067	16.337.271	15.859.335	32.196.606
1870	5.963.515	753.339	5.210.176	2.072.236	17.890.545	17.454.098	35.344.634
1871	6.627.179	1.057.458	5.569.721	2.111.761	19.581.537	18.658.565	38.540.102
1872	6.723.387	1.332.726	5.390.661	2.055.896	29.170.161	18.058.714	38.228.875

L'effet exact de la fabrication et du commerce du fer sur le

marché houiller est bien démontré par la déposition de M. Isaac Lowthian Bell, qui est largement intéressé dans les usines métallurgiques de la Wear, de la Tyne et de la Tees; il décrit ainsi la hausse qui a eu lieu sur les fontes et conséquemment sur les houilles :

« Vous arrivez, dit-il, à cette conclusion que le point de départ de toute la perturbation a été l'accroissement considérable de la demande pour la fonte, le fer malléable et le fer manufacturé, qui en a été, sinon la seule, au moins la principale cause. Dans le cours ordinaire des choses, ceux des bassins houillers qui ne possèdent pas de mines de fer n'auraient pas été affectés par ce motif; mais nous savons qu'une forte augmentation de demandes a été ressentie partout. Chez nous certainement, le commerce du fer a donné un grand élan au commerce du charbon, et je crois que le prix du coke dans nos environs s'est élevé, en conséquence, bien plus haut que dans aucun autre district. Mais le fait est que toutes les industries, dans l'étendue entière du pays, ont été et continueront à être, je puis le dire, dans une condition florissante, le commerce du fer comme les autres.

« Les fabriques de soude du nord de l'Angleterre sont dans une situation très-prospère; de plus, le développement des chemins de fer et le remplacement général des navires à voiles par les navires à vapeur, venant s'ajouter aux demandes pendant que l'extraction n'augmentait pas dans le même rapport, ont amené, je crois, la situation actuelle. Dès lors, à votre point de vue, il paraît que le développement du commerce du fer, en premier lieu, et des autres genres de commerce à un moindre degré, a amené une augmentation de demandes plus rapide que l'accroissement de la production du charbon. Certainement, dans le nord de l'Angleterre, il en a été ainsi. — En septembre 1871, nous vendions la fonte pour forges 62',50, et le prix du coke était de 12',50 à 15 francs par tonne; le prix de la fonte s'éleva graduellement vers la fin de l'année jusqu'à 80 francs; mais le coke ne fut pas affecté jusqu'à cette dernière date. En janvier, la fonte monta de 80 fr. à 88',12 et le coke à 25 francs. En mars, la fonte pour forges était à 105 francs et le coke à 31',25. En avril, la fonte s'éleva à 117',50 et le coke à 40',62. En juillet, la fonte pour forges arriva à 137',50, plus du double du cours de 1870 (neuf mois auparavant), et le coke monta à 46',87 et 51',25 par tonne. Maintenant, la fonte s'éleva malgré l'augmentation de la quantité fabriquée, c'est-à-dire qu'il y avait un plus grand nombre de hauts-fourneaux construits et en feu en juillet 1872 qu'en 1871 : néanmoins, le prix

de la fonte monta d'une manière aussi contraire à nos prévisions que la hausse du charbon l'avait été à celles des exploitants des mines. Je crois, en effet, qu'il n'y avait pas une seule maison, dans Middlesbro, qui n'eût en main des ordres pour six mois, entre 56',25 et 58',75 par tonne, quand la fonte se vendait environ 150 francs; mais, une fois ce prix arrivé à 150 francs, on s'est trouvé trop heureux de donner même 51',25 par tonne pour le coke, afin de profiter de la hausse du fer. »

Dans le cours ordinaire du commerce, les fluctuations de prix du charbon auraient pu être limitées à la qualité employée spécialement pour la fabrication du fer; mais apparemment la demande était si urgente que la hausse s'étendit à d'autres qualités. L'état simultanément prospère de plusieurs branches d'industrie produisit une concurrence pour la houille; toutes les classes se trouvèrent ainsi forcées de payer le haut prix demandé, plutôt que de subir la perte résultant d'une diminution d'affaires ou les inconvénients du manque de charbon pour les usages domestiques. Les chiffres indiqués dans les tableaux précédents pour la production et l'exportation du fer, ainsi que pour la production et la consommation de la houille, pourraient sembler ne pas justifier suffisamment la grande hausse de ces marchandises; mais l'effet exact produit sur les prix par une perturbation dans le rapport de la demande à la production dépasse les limites de tous les calculs d'arithmétique. Les prix, en effet, ne dépendent pas seulement de la quantité de la marchandise, mais aussi des circonstances spéciales où se trouvent placés l'acheteur ou le vendeur au point de vue de leurs intérêts commerciaux, le premier pouvant être plus ou moins en état ou en volonté de payer, et le second éprouver le besoin plus ou moins pressant d'encaisser. En ce qui concerne la houille, la demande est généralement d'une nature si urgente que l'acheteur consent à subir un très-haut prix plutôt que d'être privé de l'approvisionnement dont il a besoin.

L'écart dans la hausse du prix n'est pas non plus nécessairement proportionnel à la diminution du stock. Un déficit comparative-ment minime dans la production peut produire une très-forte hausse, si l'empressement de l'acheteur à se mettre en garde contre une disette de combustible pour son industrie vient se joindre à une situation qui lui permet de payer le prix (quelque élevé qu'il soit) qui est demandé par le vendeur. C'est ainsi que nous avons vu une modification relativement faible du rapport entre l'extraction et la consommation de la houille produire une

hausse énorme. Nous pouvons citer ce qui s'est passé à Londres comme le plus frappant exemple de la perturbation produite dans le commerce du charbon pour les usages domestiques : il résulte, en effet, des dépositions d'un grand négociant en houilles, que les prix moyen de l'année actuelle comparés à ceux des années précédentes, pour le meilleur charbon de ménage pris comme base, ont été les suivants :

Années 1868. . . . .	18 <sup>sh</sup> 7 <sup>d</sup>	(23 <sup>f</sup> 23 <sup>c</sup> )
1869. . . . .	18 8	(23 33)
1870. . . . .	18 6	(23 12)
1871. . . . .	19 3	(24 06)
1872. . . . .	24 11	(31 14)
1873 (5 premiers mois). . . . .	32 6	(40 62)

On doit toutefois observer que ces prix sont ceux du charbon amené par navires et déchargé sur embarcations ou transbordé sur quais, la taxe sur la houille étant à la charge du vendeur, et que le prix actuel payé par le consommateur pour le charbon livré à domicile est généralement estimé, dans le commerce, comme supérieur au cours de la vente en gros, de 6<sup>f</sup>,25 à 7<sup>f</sup>,50 quand il est bas, et de 7<sup>f</sup>,50 à 8<sup>f</sup>,75 quand il est élevé comme aujourd'hui; cet écart représente toutes les dépenses et frais intermédiaires. L'approvisionnement de charbon de Londres par chemin de fer est sujet à diverses conditions, qui affectent à la fois la qualité et le prix, et qui n'admettent pas la même classification générale.

Le commerce de la houille n'a pas échappé aux violentes fluctuations qui se produisent toutes les fois que le cours ordinaire des affaires a été troublé (à la suite de hausses exceptionnelles) par des demandes extraordinaires, des paniques momentanées et des jeux à la hausse ou à la baisse. Toutes ces causes ont élevé ou abaissé, pendant de courtes périodes, les prix moyens cités plus haut. A Londres, le prix à la bourse du charbon (*coal-exchange*) a atteint jusqu'à 56<sup>f</sup>,25 par tonne pendant, deux journées de février dernier.

Pour de plus amples renseignements à ce sujet, nous ne pouvons que renvoyer aux dépositions que nous avons reçues dans le cours de l'enquête.

Votre comité ne voit aucune raison de croire que des efforts aient été faits par les propriétaires de mines pour restreindre l'approvisionnement du charbon, dans le but de créer une rareté factice sur le marché; ils paraissent, au contraire, s'être efforcés de satisfaire aux demandes extraordinaires. L'approvisionnement a été, il

est vrai, tant soit peu augmenté par le fait remarquable de l'arrivée sur le marché de menus charbons, autrefois de peu de valeur, et qui y ont été vendus à haut prix pour être substitués à d'autres qualités. Les stocks considérables qui existaient dans quelques districts ont été aussi portés sur le marché pendant la dernière année, en plus de l'approvisionnement courant.

Votre comité a remarqué avec regret qu'on a agi sur les ouvriers, en leur conseillant de prendre des moyens actifs pour empêcher les propriétaires de mines d'augmenter l'extraction du charbon; on a cherché à leur persuader qu'ils pourraient ainsi amener une disette de houille et maintenir un taux de salaires plus élevé. Le comité a appris aussi qu'on avait tenté d'empêcher les propriétaires de conserver des provisions de charbon sur le carreau, pour l'usage immédiat, et cela dans la crainte de mettre ainsi les patrons plus à même de réduire les gages de leurs ouvriers. Considérant l'usage qui s'est établi, dans le commerce du charbon et dans plusieurs branches d'industrie dépendantes de la houille, de passer des marchés à livrer pour de longues périodes (ce qui, dans plusieurs cas, est devenu une nécessité), et vu qu'il se produit en même temps des demandes subites pour des quantités considérables, votre comité est d'avis que toute tentative, qui aurait pour but d'empêcher l'approvisionnement du charbon ou l'accumulation d'un stock dans les limites jugées nécessaires par ceux sur qui pèse la responsabilité commerciale, serait aussi nuisible à l'intérêt public en général qu'à celui des ouvriers des mines. La détérioration du charbon exposé sur le carreau et la perte ainsi produite, dans sa qualité et son prix, constituent un tel sacrifice, pour le propriétaire de la mine, qu'il n'est pas probable que celui-ci conserve une plus grande provision que ne l'exigent les besoins de son commerce. Il est de la plus haute importance, pour le bien-être des ouvriers, que toute facilité soit donnée aux patrons de leur fournir des travaux réguliers, en équilibrant la production d'une période avec une autre, ce qui ne peut se faire qu'en formant un stock, dès qu'il il y a relâchement temporaire dans les demandes. Il est cependant juste de remarquer que les projets attribués à ce sujet aux ouvriers ont été désavoués par quelques-uns des témoins qui ont comparu devant votre comité, dans le but spécial de représenter les idées de grandes corporations d'ouvriers mineurs.

Considérant la vaste étendue des bassins houillers de la Grande-Bretagne, le nombre des mines en exploitation et la variété des charbons extraits, qui, bien que primitivement réservés à des usages particuliers, seront, moyennant certains prix, employés à

d'autres destinations, votre comité, nonobstant des fluctuations intermittentes et imprévues dans les prix (dues à des causes temporaires), ne croit pas qu'aucune combinaison, soit de la part des patrons, soit de celle des ouvriers, puisse artificiellement réussir à affecter, d'une manière permanente, les résultats ordinaires du rapport de la demande et de la production. Il ne pense pas qu'en réglant l'extraction sur la demande, on puisse modifier d'une façon durable le prix résultant de la situation du marché. Votre comité ne croit pas, non plus, que l'intervention du Parlement dans la marche de l'industrie et du commerce du charbon puisse produire un résultat avantageux au public, ni qu'elle doive aller au delà des résultats produits par une législation récente, c'est-à-dire des mesures de nature à empêcher toute atteinte à la santé ou à la moralité des enfants et des jeunes gens des deux sexes, ainsi qu'à prévenir les accidents pouvant résulter de la négligence préméditée des précautions nécessaires.

Il a été cependant insinué qu'il y avait une distinction à faire entre la liberté de l'usage du charbon dans le Royaume-Uni et son exportation sur les pays étrangers, et que cette dernière devrait être restreinte ou empêchée par un droit de sortie; mais, sans approfondir la question, votre comité peut démontrer qu'il existe des objections spéciales à un droit de sortie sur le charbon, en dehors de ceux que prescrit la politique générale du pays, et qu'on ne voudrait pas appliquer avec la même rigueur à beaucoup d'autres marchandises.

Le charbon exporté sur les pays étrangers n'est pas exclusivement destiné à l'usage de ces pays. Une quantité considérable est employée par les armateurs anglais, pour leurs voyages de retour et autres, tandis que des bateaux à vapeur étrangers prennent du charbon aux ports anglais, pour leur propre consommation. Il serait aussi préjudiciable aux armateurs anglais, aux négociants dont ils transportent les marchandises et aux ouvriers qui les ont fabriquées, de leur refuser l'usage libre du charbon anglais, qu'il serait impraticable de lever une taxe différentielle sur le charbon consommé par les navires étrangers faisant le commerce avec l'Angleterre. Lors même que le charbon est consommé dans l'intérieur des pays étrangers, on s'en sert souvent, sur leurs chemins de fer, pour amener à leurs ports des marchandises destinées à être importées dans notre pays, soit brutes, soit manufacturées, pour être échangées avec les exportations de l'Angleterre. Or toutes ces opérations seraient compromises, en raison même soit de la hausse du prix soit de la diminution de quantité des charbons anglais à l'étranger.

Aucune taxe perçue sur le charbon n'aurait pu, d'ailleurs, avoir d'effet matériel, soit pour en restreindre la demande, soit pour atténuer la hausse qui en a été la conséquence; car il paraît certain que l'excès des demandes pour l'exportation ne portait pas sur le charbon, mais sur le fer, et chaque tonne de fonte ou de fer exportée représentait, en réalité, une exportation de deux à trois tonnes de houille pour la fonte et d'environ six tonnes pour le fer laminé. La fabrication du fer surtout, comme celle de plusieurs autres genres de marchandises, exige une grande consommation de houille; l'accroissement de l'exportation de ces divers articles constituerait donc aussi, en réalité, un accroissement de l'exportation du charbon. Si le résultat d'un droit de sortie sur la houille elle-même privait les pays étrangers des moyens de fabriquer les marchandises pour lesquelles on emploie ce combustible, cela n'aurait d'autre effet que d'augmenter notre exportation pour ces mêmes marchandises, et, par conséquent, la consommation chez nous du charbon nécessaire pour les fabriquer; à moins toutefois qu'il n'en résultât une diminution générale de l'industrie et du commerce et une baisse du prix de la houille, baisse produite en enlevant au public les moyens de l'employer dans la fabrication et de se la procurer pour les usages domestiques.

Votre comité cependant a été informé, par un des témoins interrogés, qui était des mieux placés pour se former une opinion, que le haut prix auquel le fer est arrivé a eu pour résultat de modérer la demande des pays étrangers, et plusieurs témoins sont d'avis que l'élévation des prix tend à amener, entre l'approvisionnement et les demandes, un équilibre qui empêchera la continuité de la hausse et qui même réduira les prix dans un court laps de temps. Votre comité est convaincu que les prix du charbon qui ont existé, pendant plusieurs années, avant le commencement de la hausse actuelle, étaient si bas qu'ils n'offraient généralement ni un profit raisonnable aux propriétaires de mines, ni la rémunération à laquelle les ouvriers, vu la nature dangereuse et pénible de leurs travaux, devaient équitablement s'attendre.

Bien des dépositions reçues tendaient à constater une grande hausse dans le taux des salaires et des bénéfices des ouvriers mineurs; mais, bien qu'il soit vrai que, dans quelques cas, ces bénéfices ont énormément augmenté et ont été dépensés avec imprvoyance, votre comité arrive à la conclusion qu'en général, la condition des ouvriers a été fort améliorée et que la hausse des salaires n'a été (en présence de circonstances exceptionnelles) ni

déraisonnable ni non suivie de bénéfices considérables pour les ouvriers; dans quelques cas même, ces derniers ont préféré voir améliorer les conditions de leur travail qu'augmenter le chiffre de leurs salaires.

Il est bien démontré qu'en réalité, la hausse s'est produite successivement sur le fer, puis sur le charbon et enfin sur les salaires. L'augmentation du prix de revient par tonne des travaux d'extraction de la houille ne peut pas, en conséquence, être considérée comme la cause principale de la grande augmentation de son prix; l'augmentation des salaires a suivi plutôt que précédé la hausse du charbon, tellement que l'élévation des salaires détermina les mineurs à réduire le nombre des heures de travail, d'où est résultée une diminution du chiffre de l'extraction par ouvrier. Un prix d'extraction plus élevé a ainsi contribué, indirectement et pour une forte part, à maintenir le haut prix de la houille; mais, eu égard aux dangers auxquels les mineurs sont exposés et à la nature de leurs travaux, le taux moyen des salaires dans les mines n'a pas dépassé la limite nécessaire pour maintenir le chiffre de la population minière au niveau des besoins. Les ouvriers et autres employés des mines de charbon devraient seulement considérer leurs gains actuels comme un *bénéfice temporaire*, qui peut, à un jour donné, se rapprocher du taux primitif.

Votre comité n'a pas étudié la question des bénéfices réalisés par les exploitants de mines depuis la hausse des prix. Une compagnie organisée en société par actions a produit des comptes qui ont démontré que ses bénéfices avaient été extrêmement élevés; mais, dans plusieurs cas, les propriétaires étaient contraints de satisfaire à des contrats passés, pour des périodes plus ou moins longues, au bas prix qui existait antérieurement; les bénéfices nets actuels d'une mine dépendent, d'ailleurs, d'une telle quantité de circonstances, affectant le capital, qu'on ne saurait les déterminer sans un examen attentif des comptes spéciaux de chaque entreprise: ils dépendent notamment de l'état du matériel, de la difficulté des travaux, de la proximité des centres de consommation, de la facilité des transports, de la régularité de la vente, etc.

Il ne convenait pas que votre comité se lançât dans de telles informations, car une longue expérience a démontré que des prix élevés et des bénéfices exceptionnels se produisent occasionnellement dans toutes les entreprises et dans tous les genres de commerce du pays. *Il est d'avis que la meilleure politique à suivre, la meilleure marche à adopter pour la conduite des affaires, enfin la plus énergique stimulant pour le retour à une juste balance*

*entre la production et la demande, consistent dans la liberté du commerce et dans une résolution inflexible de non-intervention de la part de l'État. Adopter une marche contraire, ce serait faire payer à une classe les bénéfices de l'autre, tandis que toute restriction des bénéfices du commerce privé ou de l'industrie par la force de la loi devrait équitablement être accompagnée d'une garantie de l'État contre les pertes, ce qui, dans l'opinion de votre comité, serait impolitique au plus haut degré.*

Ce rapport a été adopté par le comité, le 18 juillet 1875, à la majorité de douze voix contre une.

Le dernier paragraphe avait été rédigé comme suit, dans le *projet de rapport* présenté par le président (M. Ayrton) :

Il ne convenait pas que votre comité se lançât dans de telles informations, car une longue expérience a démontré que des prix élevés et des bénéfices exceptionnels se produisent occasionnellement dans toutes les entreprises et dans tous les genres de commerce du pays, depuis celui des matières d'or et d'argent jusqu'à celui des marchandises du plus bas prix. Votre comité est d'avis que la meilleure politique à suivre, la meilleure marche à adopter pour la conduite des affaires, enfin le plus énergique stimulant pour le retour à une situation meilleure de la fabrication et du commerce, consistent dans le maintien d'une résolution inflexible de non-intervention de la part de l'État. Adopter une marche contraire, ce serait faire payer à une classe les bénéfices de l'autre; tandis que toute restriction des bénéfices des affaires privées, par la force de la loi, devrait équitablement être accompagnée d'une garantie de l'État contre les pertes: ces deux manières de procéder seraient également impolitiques, dans l'opinion de votre comité.

**M. DE VERNEUIL**  
ET  
SA COLLECTION PALÉONTOLOGIQUE

C'est un devoir de donner un tribut de reconnaissance, dans les *Annales des mines*, à M. de Verneuil, au savant, aussi éminent que libéral, dont un legs extrêmement précieux vient d'enrichir la galerie paléontologique de l'École des mines.

On reproduit ci-après un discours préparé à l'occasion des funérailles de M. de Verneuil, bien qu'il ait déjà été imprimé par ordre de l'Académie des sciences.

Ce discours est suivi d'une notice que M. Barrande a bien voulu rédiger, et qui fait particulièrement ressortir l'importance scientifique de cette collection unique. Personne n'était plus autorisé pour cette appréciation. On reconnaîtra ainsi de combien de gratitude l'École des mines et le monde savant doivent entourer la mémoire vénérée de M. de Verneuil.

A. D.

**DISCOURS**

SUR

M. ÉDOUARD DE VERNEUIL (\*)

Par M. DAUBRÉE,

Membre de l'Académie des sciences, directeur de l'École des mines.

4 JUIN 1873

Messieurs,

Le confrère, aussi éminent par le caractère que par l'in-

(\*) NOTA.—Le corps devant être transporté à Pont-Saint-Maxence, ce discours n'a pas été prononcé.

telligence, dont l'Académie des sciences vient d'être privée, nous offre l'exemple, trop rare parmi nous, d'une position indépendante consacrée avec ferveur à la science et couronnée par d'importantes découvertes,

Philippe-Édouard Pouletier de Verneuil; né à Paris, le 13 février 1805, se destinait à la magistrature et venait d'atteindre vingt-cinq ans, quand les événements de 1830 l'arrêtèrent dans la poursuite de ses projets.

Au moment où il cherchait quel emploi il donnerait à son activité, la géologie prenait un essor considérable. Non-seulement on avait reconnu que l'écorce terrestre, loin d'être toujours restée dans l'immutabilité, comme l'avait admis l'école de Werner, avait subi des ploïements et des fractures que révélaient des transformations de structure et de relief, mais on était même venu à déterminer l'âge relatif de ces phénomènes. C'est dans de telles circonstances que M. de Verneuil se sentit entraîné vers la géologie et qu'il suivit avec une ardeur assidue les leçons élevées où M. Élie de Beaumont développait les idées nouvelles.

Bientôt l'attrait des grandes questions qui se rattachent à l'histoire du globe passionna l'intelligence distinguée de M. de Verneuil, qui résolut de ne pas rester simple spectateur des découvertes d'autrui.

Reconnaissant qu'en géologie, comme en toute autre science d'observation, la vue de la nature peut seule donner une compréhension nette des phénomènes, il voulut voyager. Il choisit d'abord le pays de Galles, qu'à ce moment même les recherches de deux géologues célèbres de l'Angleterre, Sedgwick et Murchison, rendaient classique; car ils parvenaient à établir des divisions ingénieusement motivées et un ordre certain de superposition, dans le groupe très-épais des couches les plus anciennes, que jusqu'alors on avait confondues sous le nom général de terrains de transition. Comme il est arrivé plus d'une fois, ce

premier voyage eut une influence décisive sur la direction ultérieure des recherches de M. de Verneuil et sur la nature des services par lesquels il devait marquer.

Son besoin de voir et de comparer l'entraîna bientôt après en Orient. Il se dirigeait vers la Turquie, en suivant le Danube sur lequel on inaugurerait la navigation à vapeur, quand la rencontre de compagnons de voyage sympathiques le conduisit par la Moldavie et la Bessarabie à Odessa, en Crimée et jusqu'aux frontières de la Circassie; et plus tard vers le Bosphore. Le mémoire sur la Crimée, qu'il publia alors, était complété par une collection de fossiles appartenant à des espèces nouvelles et intéressantes que décrivit M. Deshayes. Ce savant, qui dès lors venait au secours de la stratigraphie par sa connaissance approfondie des coquilles fossiles, voulut bien initier M. de Verneuil à cette étude importante, dans un enseignement privé, qui recevait un lustre particulier de l'assistance d'auditeurs d'élite, bientôt eux-mêmes des géologues célèbres.

Après avoir fait, en 1838, une étude spéciale des couches inférieures du Bas-Boulonnais, M. de Verneuil avait déjà acquis quelque autorité dans la détermination des fossiles des terrains anciens. Aussi, en 1839, lorsque Sedgwick et Murchison voulurent comparer les formations les plus anciennes des contrées du Rhin et de la Belgique avec celles de l'Angleterre, désirèrent-ils que M. de Verneuil les accompagnât dans leurs explorations. Absorbés comme ils l'étaient par leurs combinaisons stratigraphiques, ils avaient besoin de cette coopération, qui devait leur être d'autant plus utile que, de son côté, M. de Verneuil avait déjà parcouru et étudié les mêmes pays. Dans le mémoire qu'ils ont publié, les deux savants anglais rendent hommage à l'appui que leur compagnon leur a fourni, en mettant généreusement à leur disposition les riches collections qu'il avait personnellement recueillies. En collaboration avec M. d'Archiac, dont nous ne pouvons prononcer le nom

sans rappeler les douloureux regrets que nous inspire la perte de ce savant éminent et de ce confrère affectueux, M. de Verneuil publia, en 1841, la description des fossiles des plus anciens dépôts des provinces rhénanes. Le travail est précédé d'un aperçu général sur la faune des terrains dits paléozoïques, et suivi d'un tableau des restes organiques jusqu'alors rencontrés dans le système dévonien de l'Europe.

Ce voyage avait fait ressortir l'utilité, j'allais dire la nécessité, pour diriger sûrement de telles explorations, d'avoir sans cesse à côté de soi un paléontologue aussi exercé que M. de Verneuil; à cette époque, il était à peu près le seul, en Europe, qui fût initié aux faunes paléozoïques. Aussi lorsque Murchison, désirant poursuivre au loin le domaine géologique qu'il avait si bien défini dans le nord-ouest de l'Europe, conçut le projet d'explorer la Russie, il pria de nouveau M. de Verneuil de s'adjoindre à lui. Le coup d'œil de Murchison, pour apprécier rapidement la disposition et les caractères des strates, quelque puissant qu'il fût, n'aurait pu arriver seul à des distinctions certaines dans une si vaste région où, d'ailleurs, le sous-sol est en général peu visible. Les lumières des deux savants se complétaient de la manière la plus heureuse et la plus efficace.

Il suffit à MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling de trois étés (1840 à 1842) pour explorer une superficie comprenant plus de la moitié de l'Europe. Il est juste de dire que l'empereur Nicolas favorisa de tout son pouvoir cette entreprise, dont il appréciait la grandeur et l'utilité; plusieurs savants russes ou étrangers avaient d'ailleurs publié des documents sur diverses parties isolées. Voyageant par des routes différentes et se réunissant de temps à autre pour comparer leurs observations, les trois savants purent ainsi agrandir le champ de leur action. La disposition à peu près horizontale des formations de tous les

âges, en dehors de la chaîne de l'Oural, contraste avec la manière dont les mêmes groupes sont redressés et brisés dans l'ouest de l'Europe; de là des affleurements dont la grande dimension favorisait une rapide reconnaissance. L'ouvrage consacré à la Russie d'Europe et aux montagnes de l'Oural, et accompagné, comme on sait, de cartes géologiques, représentant chacune de ces deux contrées, a paru en 1845. C'est un véritable monument élevé à la connaissance de l'immense région qu'il concerne, en même temps qu'aux faits fondamentaux de la géologie. L'introduction du terrain permien dans la science fut un des grands résultats de cette exploration.

Comme les conclusions reposent entièrement sur la détermination exacte des espèces fossiles, il était essentiel de donner à cette étude toute l'extension et tout le soin qu'elle mérite : aussi la description en a-t-elle pris un grand développement. Tout le second volume de l'ouvrage, qui contient, pour ainsi dire, les pièces justificatives, est l'œuvre personnelle de M. de Verneuil, assisté de M. le comte de Keyserling, pour tout ce qui concerne les faunes paléozoïques. Le travail relatif aux faunes des terrains secondaires fut confié à M. Alcide d'Orbigny, le premier à cette époque pour cette partie de la science. Jetant un coup d'œil général sur la faune des quatre systèmes paléozoïques, les auteurs montrent que les êtres organisés s'y succèdent à peu près dans le même ordre que dans les autres contrées de l'Europe.

De nombreux travaux qui se poursuivaient avec activité dans l'Amérique du Nord avaient fait connaître le développement incomparable que présentaient les terrains stratifiés anciens dans cette partie du monde, tant par leur grande épaisseur que par les superficies considérables sur lesquelles on les avait rencontrés, superficies qui ne comprenaient pas moins de 35 degrés de longitude sur 15 degrés de latitude. Mais, dans une sage indépendance, les

géologues américains ne s'étaient nullement préoccupés, pour les divisions qu'ils établissaient, de celles des groupes de l'Europe qui paraissaient analogues; ils manquaient d'ailleurs tout à fait de données pour des rapprochements exacts. Quand on peut suivre les couches sans interruption d'une contrée à l'autre, on parvient facilement à voir quelles correspondances elles ont entre elles; mais il ne peut en être ainsi pour deux continents séparés par plus de 4.000 kilomètres.

Dès le printemps de 1846, la publication relative à la Russie à peine terminée, M. de Verneuil entreprend de combler cette lacune énorme dont il vient d'être frappé. Il s'agissait de suivre comparativement, sur les deux continents, les dépôts sédimentaires compris depuis les plus anciennes couches fossilifères jusqu'à celles qui renferment la houille. C'est la tâche à laquelle se voua l'intrépide et savant pionnier. Son travail eut exclusivement pour bases les espèces qu'il avait directement étudiées dans les collections locales, ou qu'il recueillit lui-même sur le terrain. Il constata que, dans des contrées aussi distantes, les premières traces de la vie se manifestent par des formes à peu près semblables, et que les mêmes types se développent successivement et parallèlement, à travers toute la série des couches paléozoïques : il y a, de part et d'autre, accord frappant dans leur succession.

M. de Verneuil a donc eu le double mérite, d'une part, pour les États-Unis, d'y porter la connaissance intime des divisions établies en Europe dans les terrains paléozoïques; d'autre part, pour l'Europe, de lui rapporter la connaissance des travaux américains et la possibilité d'en tirer parti : par ses propres lumières, M. de Verneuil a résolu ces questions complexes et importantes. Sous une forme très-modeste, la notice sur le parallélisme des roches paléozoïques des deux continents, qui n'a rien perdu de son mérite, malgré les progrès incessants de la science, est un tra-

vail fondamental; ce mémoire fait ressortir la place qui appartient à la paléontologie dans les investigations relatives à l'histoire du globe. C'est peut-être le plus beau titre de M. de Verneuil.

Cependant il est une autre entreprise qui témoigne plus hautement encore de son dévouement sans limite à la science et de son infatigable persévérance. L'Espagne avait été beaucoup moins étudiée que la plupart des autres parties de l'Europe, lorsque M. de Verneuil songea à tourner ses pas de ce côté. Il y fut d'ailleurs engagé par Blainville, qui ne croyait pas à l'universalité des lois de la paléontologie. Si la succession des terrains et des faunes qui les caractérisent lui semblait bien établie pour le nord des deux continents d'Europe et d'Amérique, ce grand naturaliste supposait qu'en Espagne, dans le sud principalement, l'ordre de succession des espèces fossiles devait être renversé ou au moins modifié : supposition qui fut loin de se réaliser.

De 1849 à 1862, M. de Verneuil n'a pas exécuté moins de douze voyages dans la Péninsule, tantôt seul, tantôt avec M. Édouard Collomb, qui s'était fait connaître par ses travaux sur les anciens glaciers; quelquefois aussi avec de jeunes naturalistes qui l'ont accompagné dans le but de s'instruire. De très-nombreux fossiles ont été recueillis par lui, et les lois de la paléontologie ont naturellement reçu une éclatante confirmation, comme partout où s'étendent les observations des géologues. La carte géologique de l'Espagne et les mémoires publiés à la suite de ces laborieuses excursions, entre autres celui qui signale la découverte de la faune primordiale, n'intéressent pas seulement l'Espagne, où elles ont provoqué d'autres travaux, mais tout le monde savant en général.

On doit toutefois regretter que l'auteur de tant d'observations précieuses n'ait pas trouvé le temps de les mettre en ordre, et d'en constituer un ensemble comparable à celui dont la Russie avait été l'objet.

M. de Verneuil était depuis 1854 membre libre de l'Académie des sciences. La Société royale de Londres et d'autres Académies étrangères avaient tenu à se l'associer.

Son goût pour les voyages, qui a été si fécond pour la géologie, n'avait pas diminué lorsque la faiblesse croissante de sa vue en détruisait le charme principal.

Les privations qu'il fallait endurer dans les pays les moins civilisés ou les plus inhospitaliers n'altéraient jamais ni son zèle, ni sa bonne humeur. Plus d'une fois il s'est aventuré jusqu'à l'imprudance, par exemple lorsqu'il allait contempler de trop près quelque éruption volcanique, au Vésuve ou à l'île de Santorin.

Un jugement très-droit et une complète indépendance de toute idée préconçue le guidaient dans ses déductions.

Loin d'être absorbé dans ses occupations, il s'intéressait à des branches très-variées des connaissances humaines. Il possédait parfaitement plusieurs langues vivantes; c'est un des moyens qui ont assuré ses succès dans les pays qu'il a explorés. Les arts eux-mêmes n'étaient pas exclus de ses goûts; il avait poussé le talent de la musique jusqu'à devenir un habile improvisateur.

Sous le rapport du caractère moral, personne ne possédait plus de bienveillance naturelle. Son extrême bonté ne se manifestait pas seulement dans les rapports de société, mais aussi par de nombreux actes de bienfaisance. Il discutait avec calme et douceur les opinions les plus opposées aux siennes.

Une loyauté exquise et une modestie sincère étaient les traits dominants de ce noble caractère. Il trouvait bien plus de plaisir à s'entretenir des découvertes d'autrui que des siennes propres, et peut-être l'occasion aura-t-elle manqué à plus d'un de ses confrères d'apprécier l'étendue de ses mérites.

Pendant la maladie qui, durant trois mois, a mis des entraves à son activité, il continuait à s'intéresser très-

vivement aux faits de la science, ainsi qu'à des questions très-diverses; son égalité d'humeur ne l'a jamais abandonné. Il a conservé sa sérénité jusqu'au dernier jour; il avait alors accompli soixante-huit ans, et il est mort chrétiennement le 29 mai 1873.

M. de Verneuil avait appelé à son aide toutes les ressources de la paléontologie, particulièrement en ce qui concerne les faunes des terrains anciens. A ce point de vue, il peut être mis au premier rang parmi les géologues de l'un et de l'autre hémisphère; il a de plus été l'initiateur et le maître de tous ceux de l'Europe pour la connaissance de l'Amérique du Nord.

Ce n'est pas seulement par ses publications que M. de Verneuil a servi la science. Il lui a élevé aussi un monument par les collections qui réunissent les types de fossiles les mieux choisis dans les contrées qu'il a parcourues. Les étrangers de tout pays, non moins que les savants français, ont puisé dans ces ressources précieuses qu'il mettait constamment à la disposition de tous, avec la libéralité la plus large, et en y joignant le secours désintéressé de ses lumières. C'est ainsi que M. de Verneuil était un centre d'où les connaissances en paléontologie ont, pendant de longues années, rayonné de toutes parts.

Pour continuer, même après lui, l'exercice de sa générosité envers tous ceux qui étudient, il a voulu que cette collection, certainement unique, restât toujours à leur disposition, et c'est dans ce but qu'il l'a léguée à la galerie de l'École des mines.

La mémoire de cet excellent confrère restera en vénération parmi les géologues et les paléontologues de toutes les parties du monde.

## COLLECTION PALÉONTOLOGIQUE

DE

M. ÉDOUARD DE VERNEUIL

LÉGUÉE A L'ÉCOLE DES MINES DE PARIS

NOTICE par M. J. BARRANDE.

Pour apprécier la valeur scientifique de la collection de M. de Verneuil, il est indispensable de se reporter à environ cinquante ans en arrière, car il faut fixer le point de départ pour pouvoir mesurer l'espace parcouru.

Il y a cinquante ans, quels étaient les documents paléontologiques qui représentaient à Paris et en France la faune des terrains dits de transition, et aujourd'hui connus sous le nom de terrains paléozoïques?

Ces documents, que nous avons eu l'avantage de consulter pour nos études, étaient contenus dans quelques tiroirs. Ils consistaient dans une série de fossiles numériquement très-restreinte, mais composée de formes bien caractérisées, provenant de la Suède, de l'Angleterre, de la France et de la Bohême. Les trilobites prédominaient par leur nombre relatif. Les autres classes étaient très-faiblement représentées.

Ces documents avaient été rassemblés par l'un des savants qu'on pourrait nommer précurseurs dans la paléontologie des terrains anciens, et dont les autres mérites sont assez connus dans diverses sciences. Cet initiateur, Alexandre Brongniart, publia en 1822 son *Histoire naturelle des crustacés fossiles*, et posa les premiers fondements de la classification des trilobites, en établissant dix genres, représentés par vingt-deux espèces. Parmi celles-ci, dix étaient nouvelles et neuf avaient été antérieurement nommées, mais seulement en 1821, par Wah-

lenberg, en Suède. Les trois autres étaient plus anciennement connues.

Ces dix espèces nouvelles étaient celles dont nous venons de signaler l'existence dans la collection Brongniart. Les savants peuvent étudier ces types originaux dans la collection paléontologique de la Sorbonne, à laquelle M. Adolphe Brongniart a généreusement donné toute la série de fossiles de son père.

Voilà tout ce qui nous semble nécessaire pour bien fixer le point de départ de la paléontologie des terrains, à Paris et en France.

Par contraste, il existe aujourd'hui à Paris une vaste collection qu'on pourrait nommer un musée paléozoïque, occupant six à sept cents tiroirs et présentant le plus grand nombre des formes connues dans toutes les contrées explorées sur les deux continents. Les espèces qui ne s'y trouvent pas sont presque exclusivement celles dont il n'existe que des spécimens uniques ou très-rares, disséminés dans diverses localités et très-difficiles à acquérir.

Cette collection, qu'on pourrait nommer universelle, est celle qui a été rassemblée à grands frais par M. de Verneuil; c'est celle qu'il a de tout temps destinée et finalement léguée à l'École des mines, où elle vient d'être transportée. Elle y est placée dans un local particulier, où elle doit être maintenue dans son ensemble, suivant les intentions bien motivées du testateur.

Il n'a été distrait de cette collection que quelques ossements de vertébrés des âges géologiques les plus récents, destinés au Jardin des plantes, et la série des fossiles siluriens de la Bohême léguée à la Sorbonne, parce que l'École des mines était déjà pourvue directement d'une série semblable.

Il y a cinquante ans, et même durant une bonne partie de ce demi-siècle, tout savant qui jetait un coup d'œil sur la collection paléozoïque de Brongniart, en la comparant

aux collections des terrains tertiaires et même des terrains secondaires du grand bassin de Paris, pouvait penser et aussi enseigner légitimement que les faunes primitives devaient être relativement très-pauvres en représentants de la vie animale.

Aujourd'hui, après avoir consacré plusieurs heures à jeter un seul coup d'œil rapide sur chacun des tiroirs de M. de Verneuil, tout savant est forcé de reconnaître d'abord que l'étonnante variété des êtres qui ont existé durant l'ensemble des âges paléozoïques dépasse notablement le nombre des formes connues dans les faunes tertiaires, et, à plus forte raison, celui des faunes secondaires. Il est aussi entraîné à concevoir que les trois faunes primitives, c'est-à-dire les trois faunes siluriennes, primordiale, seconde et troisième, pourraient presque soutenir à elles seules une confrontation numérique de leurs espèces avec celles que les mêmes terrains tertiaires nous ont livrées jusqu'à ce jour.

C'est un des plus grands enseignements acquis par les recherches paléozoïques relativement à l'histoire de la vie animale sur le globe. Il faudrait s'étendre beaucoup pour en faire ressortir toute l'importance, surtout à l'époque où nous écrivons. Nous nous bornons à faire remarquer que M. de Verneuil a été l'un de ceux qui ont le plus contribué à cette conquête de la science, dont les plus beaux fruits restent encore à recueillir.

Le contraste que nous exposons entre la collection Brongniart et la collection de Verneuil, pour donner une mesure des progrès de la paléontologie, en ce qui concerne particulièrement les faunes paléozoïques, mérite surtout d'être remarqué, parce que cette mesure s'applique également à tous les pays. Il y a seulement deux observations importantes à ajouter.

D'abord, si quelques pays ont possédé, vers 1822, une collection paléozoïque rudimentaire et comparable à la

collection Brongniart, aucun pays ne possède encore aujourd'hui une collection qui puisse être mise en parallèle avec celle de M. de Verneuil, considérée sous le double rapport de l'étendue de son ensemble et de sa richesse en types originaux.

En second lieu, si l'on se rappelle l'extrême libéralité avec laquelle M. de Verneuil a accueilli, pendant de longues années, quiconque se présentait chez lui pour étudier ses fossiles, on peut affirmer qu'il n'existe au monde aucune collection, soit particulière, soit publique, qui ait versé dans la science une telle effusion de lumières. Ces lumières n'étaient pas seulement celles qui jaillissaient des fossiles, mais encore celles qui dérivait de l'expérience de M. de Verneuil, et qu'il communiquait sans réserve à tout venant.

Ces paroles ne doivent pas être considérés comme l'expression isolée de notre reconnaissance personnelle. Il nous semble qu'elles doivent aussi exprimer la reconnaissance des savants qui ont puisé à la même source et qui sont aujourd'hui disséminés dans toutes les contrées : en Russie, Suède, Norwège, Angleterre, Allemagne, Belgique, Suisse, Italie, Espagne, Portugal, Amérique, etc. Si la liste de ces visiteurs, avec l'expression de leur admiration et de leur gratitude, avait été tenue, comme dans certains établissements publics, elle constituerait aujourd'hui un document très-instructif.

La prééminence de la collection de Verneuil, sous les divers rapports que nous indiquons, est due à un concours particulier de circonstances.

En première ligne, il fallait le feu sacré de la science, et d'une science complètement désintéressée, pour entreprendre et poursuivre, durant plus de quarante ans, l'exécution d'un plan préconçu et tendant à réunir les représentants des faunes paléozoïques sur toutes les parties explorées du globe. Il fallait en même temps les ressources d'une

belle fortune pour permettre les longs voyages, répétés à grands frais chaque année et l'acquisition de tous les fossiles qui se présentaient aux yeux du savant explorateur.

Il fallait aussi une circonstance extérieure, ou une coïncidence de recherches, pour ainsi dire providentielle, qui, presque dès les débuts de M. de Verneuil, l'institua comme le complément indispensable de deux éminents stratigraphes anglais, en voie de conquérir pour la science le domaine obscur des terrains de transition.

Sedgwick et Murchison avaient déjà circonscrit dans le pays de Galles les contrées présentant les types stratigraphiques des terrains qu'ils distinguaient sous les noms de système cambrien et de système silurien. Les relations amicales, établies avec ces savants, entraînèrent M. de Verneuil à visiter les régions qui étaient l'objet de leurs études. Ce fut pour lui la première occasion de connaître les faunes paléozoïques d'Angleterre, et il s'appliqua avec toute l'ardeur de la jeunesse à en réunir les fossiles.

Il serait difficile de rencontrer ailleurs que dans sa collection, et même en Angleterre, des séries aussi nombreuses et aussi variées des espèces qui caractérisent les divers étages paléozoïques des Iles-Britanniques ; car le nombre et la concurrence des collecteurs anglais produit un incommode éparpillement des richesses locales. On peut en juger par ce fait que, pour décrire et figurer les brachiopodes siluriens d'Angleterre, Davidson a dû puiser ses types dans plus de soixante-quinze collections privées, indépendantes de la grande collection qu'il possède.

Les premières relations scientifiques établies entre M. de Verneuil et les classificateurs anglais des terrains paléozoïques firent naturellement comprendre à ces derniers combien la coopération du paléontologue français pourrait leur être utile et efficace pour faire sur le continent la première application de leurs nouveaux systèmes.

1839. Cette application fut tentée et exécutée de con-

cert dans les contrées rhénanes. On sait qu'elle réussit selon tous les vœux des exploiters réunis.

Pour le but général de M. de Verneuil, cette exploration l'entraîna à recueillir tous les fossiles qui pouvaient être acquis, soit dans l'Eifel, soit dans la Belgique, soit dans les contrées voisines. Cette collection, embrassant les faunes dévoniennes et carbonifères, s'est successivement accrue durant plusieurs voyages depuis cette époque, et elle présente une rare richesse. Elle a surtout l'avantage de renfermer tous les types du grand mémoire publié en anglais, en 1842, par MM. de Verneuil et d'Archiac, comme complément du travail stratigraphique de Sedgwick et Murchison sur les mêmes contrées. Les planches, exécutées à Paris sous les yeux des deux paléontologues français, se font remarquer par une perfection jusqu'ici non dépassée et rarement atteinte.

1840. Après ce fructueux essai, Murchison, poursuivant les conquêtes de sa classification sur tout le nord de l'Europe, c'est-à-dire sur la Russie et la Scandinavie, voulut partager les travaux et les honneurs de cette expédition scientifique avec M. de Verneuil. Le comte de Keyserling, digne représentant de la science russe, fut adjoint aux deux explorateurs étrangers.

C'était à cette époque le plus grand hommage que la stratigraphie, avec ses tendances souveraines, pouvait rendre à la paléontologie. Le fait, c'est-à-dire le succès, prouva encore une fois que cet hommage, établissant l'égalité entre les deux ordres de recherches et l'indispensable concours de leurs lumières mutuelles, était très-bien mérité. On voit en effet, dans chacun des chapitres du texte relatif aux systèmes silurien, dévonien, carbonifère et permien, étudiés en Russie, qu'aucune détermination importante ne fut prise par les explorateurs qu'après avoir dûment consulté les documents paléontologiques.

Par ces explorations répétées durant trois années sur de

si vastes surfaces, les récoltes directes de fossiles par M. de Verneuil, et les additions indirectes qu'elles reçurent de divers côtés, enrichirent de beaucoup ses trésors.

Sa collection renferme tous les types principaux qui ont été figurés dans le volume II de la *Géologie de la Russie et de l'Oural*. A ces types des quatre systèmes paléozoïques sont joints ceux des faunes secondaires qui ont été décrits par Alcide d'Orbigny dans le même volume et figurés dans la même suite des planches. La réunion de tous ces types originaux donne aux séries russes de M. de Verneuil une valeur inappréciable, rehaussée, comme dans le mémoire sur l'Eifel, par la perfection des figures.

Les mêmes voyages dans le Nord et les relations établies à cette époque permirent à M. de Verneuil de rassembler en Suède de nouvelles séries de fossiles siluriens, qui représentent très-largement les faunes de cette contrée, surtout ses trilobites et ses brachiopodes. Parmi ces derniers, il pourrait encore se trouver des formes inédites.

1846. Après avoir ainsi parcouru toutes les principales contrées paléozoïques d'Europe, M. de Verneuil, en comparant leurs faunes dans ses collections, pouvait être satisfait de reconnaître à la fois leurs harmonies et leurs distinctions locales. Mais il sentait en même temps que l'extension indispensable et la confirmation finale de ses études lui imposaient le devoir d'entreprendre une exploration semblable sur le continent américain. Il se mit donc courageusement en route, seul, sans autre recommandation que le titre de président de la Société géologique de France, et sans autre guide que ses connaissances acquises en paléontologie. A l'aide de ces connaissances, il se trouva immédiatement initié aux grandes divisions des faunes paléozoïques de ces contrées lointaines. Son autorité scientifique, reconnue d'après ses œuvres par les géologues américains, lui attira toutes les communications désirables. Chacun s'empressa de partager avec lui les fossiles qui pouvaient jeter quelques

lumières sur le parallèle entre les dépôts anciens d'Europe et d'Amérique. En outre, suivant ses habitudes, M. de Verneuil, en visitant toutes les localités célèbres par leurs richesses, fit l'acquisition de tout ce qui pouvait être utile à ses travaux.

On sait que les types originaux des espèces américaines, et principalement des faunes siluriennes, sont ceux qui ont servi pour le grand ouvrage intitulé *Palæontology of New-York*, par le professeur James Hall. Ces types devaient donc rester sur le sol américain. Mais on sait aussi que le plus grand nombre des espèces de ces contrées est représenté dans la collection de M. de Verneuil par de très-beaux et de très-nombreux exemplaires, outre ceux qu'il a libéralement distribués à ses amis.

Au fait, c'est par l'étude de cette collection américaine et par celle de la notice publiée par M. de Verneuil, en 1847, sur le *Parallélisme des dépôts paléozoïques de l'Amérique septentrionale avec ceux de l'Europe*, que nous avons tous été informés de l'admirable harmonie qui existe entre l'ancien et le nouveau continent, en tout ce qui concerne les faunes paléozoïques.

C'est un nouvel enseignement, comparable par son importance à celui que nous avons signalé ci-dessus, comme résultant de l'ensemble des collections paléozoïques de M. de Verneuil, comparées aux faunes tertiaires. Cet enseignement a été recueilli non-seulement par les géologues français, mais encore par tous les savants d'Europe et par tous les géologues américains, pour qui cette lumière ne s'était pas suffisamment manifestée jusqu'alors, faute d'un initiateur compétent.

Ainsi, l'exploration de M. de Verneuil en Amérique lui a fourni l'occasion d'acquérir un de ses plus grands mérites envers la science. Les collections qu'il a rassemblées sur le nouveau continent dérivent de ce mérite une très-haute valeur.

A peine revenu en Europe et après avoir publié la notice que nous venons de rappeler, M. de Verneuil éprouvait des satisfactions scientifiques encore incomplètes. Il était, pour ainsi dire, constamment importuné par la grande lacune géologique que la péninsule espagnole présentait à cette époque. Il se fit donc ce que nous pourrions nommer une vocation personnelle, pour dissiper l'obscurité qui couvrait ce beau pays, sillonné par tant de chaînes de montagnes indiquant plus de bouleversements que sur toute autre surface comparable en Europe. Fidèle à cette vocation qui le condamnait souvent à la plus grande abnégation des aises de la vie, M. de Verneuil a successivement fait douze campagnes dans les diverses régions espagnoles. Mais là, il ne pouvait songer à aller droit aux localités renfermant des fossiles paléozoïques, premier et principal but de toutes ses explorations antérieures. Il devait nécessairement prendre tout terrain comme il se présentait, étudier sa structure stratigraphique, recueillir ses fossiles et à l'aide de ses documents, le classer sur l'horizon correspondant dans la série générale. C'est le travail que M. de Verneuil, secondé tantôt par l'un, tantôt par l'autre de ses amis, surtout par M. Édouard Collomb et par feu Casiano de Prado, a exécuté avec une rare patience, durant le cours des années 1849 à 1862.

Le but apparent de toutes ces pénibles investigations était de produire la carte géologique d'Espagne. Ce but a été réellement accompli. Mais suivant nous, ce résultat graphique de tant d'efforts a été loin de compenser tous les sacrifices de M. de Verneuil. Il aura peut-être reconnu lui-même qu'il s'était fait une illusion, le jour où sa carte d'Espagne, exposée au palais de l'Industrie, en 1867, à côté de celle que lui opposait la concurrence nationale espagnole fortement excitée, n'a été honorée que d'une semblable distinction. Mais si le même jury avait eu à prononcer son verdict sur les documents paléontologiques qui

ont servi de base à ces deux cartes de l'Espagne, la prééminence de M. de Verneuil aurait été maintenue en cette occasion, comme elle le méritait.

Pour nous, nous considérons comme un véritable monument scientifique l'ensemble des séries de fossiles qu'il a recueillis en Espagne et qu'il a exactement classifiées dans sa collection, à partir de la faune primordiale silurienne jusqu'aux faunes tertiaires et quaternaires. Si le temps et les forces humaines avaient pu lui suffire pour décrire et pour faire figurer tout ce que ces séries renferment de nouveau ou d'intéressant, l'Espagne serait élevée dans la littérature scientifique au niveau de la plupart des contrées illustrées jusqu'à ce jour. L'émulation nationale s'est à peine manifestée dans cette voie. Au lieu d'un grand ensemble systématique, M. de Verneuil s'est borné à quelques publications isolées, qui restent dans la science et qui se rapportent principalement aux terrains paléozoïques, indiquant ainsi ses impulsions primitives. Tout le reste des documents paléontologiques, recueillis par lui en Espagne, attend un interprète digne du maître que nous regrettons.

Il nous resterait à apprécier les nombreuses séries de fossiles paléozoïques de la France qui ont été recueillies par M. de Verneuil, et qui se sont successivement accrues presque jusqu'au jour de sa mort. C'est une tâche qui nous est personnellement difficile, d'abord parce que nous n'avons pas visité les collections particulières dans les diverses localités, pour reconnaître l'étendue des découvertes, et ensuite parce que, depuis le *Prodrome* de d'Orbigny, aucune publication n'a offert une énumération quelconque des espèces qui caractérisent nos terrains anciens.

Dans tous les cas, nous connaissons dans la collection de M. de Verneuil beaucoup de fossiles de France qui nous semblent inédits, principalement parmi les trilobites, les gastéropodes et les brachiopodes. La description de ces formes nouvelles fournirait des éléments très-instructifs,

surtout à cause de leurs affinités avec les formes de la Bohême.

Convaincu comme nous de la grande utilité de ces publications, M. de Verneuil nous proposa dans un temps de nous associer à lui pour les exécuter en commun. Notre assentiment lui fut aisément accordé; mais, par l'effet d'une influence étrangère, notre savant ami ne donna aucune suite à sa proposition.

Comme il est très-vraisemblable que, dans le cours de quelques années, les principales collections locales des faunes paléozoïques de la France seront incorporées à celle de l'École des mines, cette réunion permettra d'apprécier finalement l'étendue numérique des contingents, que notre pays peut fournir dans l'énumération générale de ces faunes, embrassant tout le globe. Malheureusement, dans les parties déjà exécutées de cette énumération, la France est très-faiblement représentée, tandis qu'elle brille par ses richesses, en tout ce qui concerne les faunes secondaires et tertiaires.

En somme, le don fait à l'École des mines par M. de Verneuil est un don vraiment princier et d'une valeur inestimable. Sa collection, représentant richement les principales faunes paléozoïques de toutes les contrées explorées sur les deux continents, constitue la base la plus large qu'on puisse désirer pour la série monumentale des collections d'un musée paléontologique national, comme celui de l'École des mines.

Ainsi, ce don ne peut manquer d'exciter la sincère admiration et la reconnaissance de tous les savants qui sont appelés par les intentions du noble testateur à participer aux fruits des travaux et des sacrifices de toute sa vie.

Personne n'ignore qu'à l'École des mines, les faunes mésozoïques et, en particulier, celles de France, sont très-grandement représentées. On sait aussi qu'elles ont acquis un nouveau lustre par les admirables préparations dues à

M. Bayle et surtout par l'élaboration de la famille de rudistes, qui a révélé tant de formes inattendues.

Enfin, les collections tertiaires de notre maître, M. Deshayes, couronnent noblement ce majestueux ensemble de documents paléontologiques.

L'École des mines peut donc être considérée comme pourvue de tous les éléments nécessaires pour exercer l'une des puissantes influences sur la propagation des sciences géologiques et paléontologiques dans notre patrie.

Paris, 28 juillet 1873.

---



---

NOTE

SUR UN ACCIDENT SURVENU DANS LE MOULAGE EN FOSSE  
D'UNE GROSSE PIÈCE.

---

Le 14 juin 1873, à la fonderie de la Compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer, à Saint-Chamond (Loire), tandis qu'on procédait au moulage en fosse d'un grand cylindre, une explosion souleva tout à coup le moule déjà presque plein et causa la mort de M. Montaudon, ingénieur des ateliers, et de cinq mouleurs; en outre, vingt et un ouvriers furent atteints de brûlures, pour la plupart très-graves.

Les circonstances dans lesquelles s'est produite cette terrible catastrophe sont de nature à appeler l'attention des ingénieurs sur le danger auquel on s'expose en pareil cas, si l'on ne prend pas certaines précautions.

La pièce à mouler était un cylindre à vent de machine soufflante, ayant 5<sup>m</sup>,20 de hauteur et 2<sup>m</sup>,60 de diamètre extérieur, devant peser 16.000 kilogrammes environ. Quelque temps auparavant, on avait parfaitement réussi dans la coulée d'un cylindre semblable; cette fois, les mêmes dispositions avaient été prises.

Au fond de la fosse destinée à recevoir le moule, était établie une espèce de radier, au moyen de feuilles de tôle posées sur des rails. Par-dessus on avait tassé du noir ou sable ordinaire de l'atelier sur une épaisseur de 0<sup>m</sup>,25. Sur cette base, reposait le châssis du fond (Pl. VII, fig. 4), dont les compartiments étaient remplis avec du sable fin de moulage. Sur le châssis horizontal, on avait dressé, deux jours avant la coulée, le noyau D (fig. 2 et 5), moule correspondant au vide intérieur du cylindre; c'était une

maçonnerie en briques, à section annulaire, revêtue extérieurement de sable fin de fonderie. Dans cette espèce de tour, composée de deux tronçons, construite dans une fosse spéciale, au moins quinze jours avant la coulée, séchée longtemps à l'intérieur au moyen d'un feu de coke, on avait encore, après la mise en place, entretenu jusqu'au dernier moment un feu vif de menu bois, pour empêcher l'absorption de l'humidité ambiante. On avait ensuite placé le moule extérieur B, maçonnerie en briques revêtue à l'intérieur de sable fin de fonderie et enchâssée dans une armature, qui se composait de plaques de fonte à nervures assemblées par des clavettes. Les trois tronçons dont ce moule était formé avaient, ainsi que le châssis du fond, été séchés à l'étuve pendant huit à dix jours. La chape inférieure de l'armature était fixée au châssis horizontal par des clavettes et des agrafes en fer.

A l'intérieur du noyau, on avait descendu la lanterne F et rempli le vide avec du noir à peine tassé, en réservant, au moyen de vergettes de 0<sup>m</sup>,04 de diamètre, de nombreux événements qui pénétraient jusqu'au châssis du fond. Une plaque circulaire en fonte, adaptée sur le noyau et solidement maintenue par deux rails fixés au rebord du châssis extérieur, au moyen d'agrafes en fer, assurait la stabilité du moule intérieur.

L'appareil, de 5<sup>m</sup>,60 de hauteur (non compris le châssis du fond), dépassait de 1<sup>m</sup>,10 le niveau du sol. Entre le moule et les parois de la fosse, on avait damé du sable ordinaire de l'atelier, pour arrêter les petites fuites latérales, — la fonte devant se solidifier immédiatement au contact du sable et fermer la fissure.

Des trois trous de coulée, l'un débouchait directement dans le moule, à 5<sup>m</sup>,10 au-dessus du fond, les deux autres, régnant sur toute la hauteur de l'appareil, communiquaient avec le vide du moule par huit conduits horizontaux, régulièrement étagés.

Enfin, autour de la fosse, s'élevait un échafaudage en planches destiné à faciliter les manœuvres.

On avait déjà introduit dans le moule le contenu d'une première poche de fonte de 3.000 kilogrammes; une deuxième poche de 10.000 kilogrammes, que l'on versait en même temps par un autre trou de coulée, était presque vidée, et l'on commençait à verser une dernière poche de 5.000 kilogrammes. On entretenait un feu de copeaux autour de la partie haute du châssis, pour enflammer les gaz qui s'échappaient du moule, et les ouvriers allumaient eux-mêmes les jets de gaz sortant des événements ménagés dans la partie centrale du noyau.

Tout à coup une explosion sourde se fait entendre et le moule s'incline brusquement (d'un angle de 20° environ). M. Montaudon, un contre-maître et les ouvriers qui étaient montés sur l'échafaudage, sont jetés sur le sol de l'atelier. M. Montaudon est tué sur le coup, sa tête ayant porté contre une pièce de fonte; le contre-maître peut se relever et fuir, ainsi qu'une partie des ouvriers. Les poches de fonte ayant été culbutées, le métal fondu se répand sur le sol et, atteignant le corps du malheureux ingénieur, le défigure horriblement; l'échafaudage en bois prend feu; le contenu de l'une des poches coule sur le châssis du moule, d'où la fonte rejaille en tous sens; la terre qui entourait le moule est soulevé en tourbillon. La confusion et l'épouvante règnent pendant quelques minutes. Mais bientôt on rentre dans l'atelier, on parvient à enlever les cadavres des victimes et à emporter les blessés, auxquels sont prodigués les soins que réclame leur état.

Le lendemain et les jours suivants, l'un des gardes-mines de Rive-de-Gier (\*), M. Lavé, se rendit sur les lieux; il assista au démontage du moule, entendit les témoins et

(\*) A cette date, le poste d'ingénieur des mines se trouvait vacant.

rédigea un procès-verbal très-circonstancié, d'où sont extraits tous ces détails.

On commença par enlever la terre tassée autour du moule, puis on démontra le châssis pièce par pièce, ce qui ne dura pas moins de dix jours.

Quand on eut enlevé le sable sur un mètre de profondeur, du côté où il y avait eu soulèvement, on aperçut un trou rond de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,15 de diamètre, qui s'élargissait vers le bas. En opérant avec précaution, on constata l'existence d'une cavité assez grande représentée sur la *fig. 5*. Le moule avait été violemment séparé du châssis horizontal et entre ces deux pièces existait, sur ce point, un intervalle de 0<sup>m</sup>,30 environ. La maçonnerie du moule extérieur avait été détruite sur une hauteur de 0<sup>m</sup>,60 à 0<sup>m</sup>,80, à partir de la base, et sur un développement de 1 mètre suivant le pourtour; au contraire, le noyau était intact. Quant au châssis horizontal, on reconnut qu'il était brisé; à l'opposé du point où s'était produite l'explosion, le moule et le châssis s'étaient affaissés, et c'est là que ce dernier était le plus complètement détruit. De ce côté seulement, sur une très-petite partie de la circonférence, la fonte s'était solidifiée sur toute l'épaisseur du vide et sur la moitié de la hauteur du cylindre; partout ailleurs, les parois du moule n'étaient revêtues que d'une très-faible épaisseur de fonte. Ainsi presque tout le métal qu'on avait introduit dans le moule s'était répandu sous celui-ci, englobant des fragments du châssis, du sable, des débris de la maçonnerie. Les clefs qui fixaient le moule au châssis horizontal avaient été brisées ou déplacées. Les grandes agrafes qui embrassaient la seconde nervure de la chape inférieure et le dessous du châssis avaient toutes été déplacées, mais non rompues.

A quelle cause doit-on attribuer l'explosion? L'existence de la cavité trouvée dans le sable, vers la base et à l'extérieur du moule, précisément du côté où il y a eu soulèvement de l'appareil, démontre qu'elle s'est produite, non

pas à l'intérieur, mais bien en dehors du moule. Sans aucun doute, elle est due à la formation subite, au milieu de la terre humide du remplissage extérieur, d'une grande quantité de vapeur d'eau, qui, ne trouvant pas d'issue, a dû acquérir, au contact de la fonte en fusion, une tension énorme capable d'ébranler le moule et de l'incliner sur la verticale. Ainsi la présence de l'eau dans le sable, qu'on avait tassé autour du moule sans y ménager des événements qui eussent permis à la vapeur de se dégager librement, telle est la cause immédiate de l'accident. Ce sable, essayé par M. Lavé, a perdu 8 p. 100 de son poids, après dessiccation pendant trois jours à l'étuve, et 10 p. 100 par calcination au rouge.

Du reste, il n'est guère possible de dire comment la fonte a pu tout d'abord sortir du moule et se répandre en assez grande quantité dans la terre humide. Faisant remarquer que l'explosion s'est produite vers le point qui était à l'aplomb du trou de coulée débouchant directement dans le moule, à 3<sup>m</sup>,10 au-dessus du fond, M. Lavé pense que la fonte, tombant d'une telle hauteur au fond du moule, a détérioré le châssis horizontal, et qu'il s'est ensuite déclaré en ce point, par suite de la pression croissante, une fissure d'où serait résultée la rupture du châssis. Or, quelques jours auparavant, dans la coulée d'un cylindre semblable, le châssis horizontal n'avait aucunement souffert; on ne peut donc guère admettre cette explication.

Il semble plus naturel de supposer que le moule s'est séparé du châssis inférieur, sous l'effort de la pression énorme exercée de bas en haut par la fonte fluide sur la base du moule, dans la partie correspondant au rebord du cylindre, pression qui était de 130 tonnes au moins au moment où l'explosion a eu lieu, en admettant que ce rebord fût seulement de 0<sup>m</sup>,08. Cette force, bien supérieure au poids de tout le système, qui n'atteignait certainement pas 50 tonnes, aura suffi pour briser les clefs et faire échapper les grandes

agrafes qui fixaient le moule sur le châssis. A l'aplomb du trou de coulée en question, la fonte, constamment agitée, était restée liquide, tandis que, dans la partie diamétralement opposée, le métal s'était solidifié et la force tendant à séparer le moule de sa base n'existait pas. On s'explique donc ainsi la position du point où cette séparation s'est produite, en donnant issue à la fonte en fusion. On se rend compte, en outre, de ce fait que le châssis horizontal a surtout souffert dans la région opposée au siège de l'explosion, le poids du moule tout entier s'étant porté subitement sur cette portion du châssis.

Quoi qu'il en soit de la manière dont la fuite s'est déclarée, on peut affirmer que l'appareil n'aurait pas été sérieusement ébranlé et que l'accident aurait été inoffensif, sans l'explosion due à la vaporisation subite de l'eau contenue dans le sable qui entourait le moule.

Cette catastrophe démontre donc que, pour la coulée en fosse des grosses pièces, il faut laisser à nu le châssis extérieur du moule; ou bien, si l'on remplit la fosse avec du sable, pour soutenir le moule et arrêter les petites fuites, il faut n'employer que du sable préalablement desséché et avoir soin de ménager de nombreux et larges événements.

---



---

## SUR LA TÉNACITÉ DE L'ACIER.

Par M. PESLIN, ingénieur des mines.

---

Deux méthodes sont employées pour déterminer les éléments qui caractérisent l'élasticité des métaux : ce sont la traction directe et la flexion transversale. Les chiffres obtenus par les deux méthodes ont été généralement assez concordants; toutefois des divergences notables ont été reconnues depuis longtemps pour certains métaux, par exemple pour la fonte. Je me propose d'appeler l'attention sur les anomalies de même nature que présente l'acier.

M. Grüner, dans une note sur les *Propriétés mécaniques des aciers phosphorés*, a signalé (\*) quelques résultats singuliers obtenus par M. Fairbairn dans ses expériences sur la ténacité des aciers; pour certaines barres, la tension élastique maximum déterminée par flexion transversale a été trouvée supérieure à la charge qui produit la rupture par traction directe. Ces faits anormaux sont attribués par lui à l'aigreur du métal des barres et à des secousses déterminant une rupture anticipée dans l'essai par traction. Mais la même explication ne suffit pas pour d'autres cas où l'anomalie se présente.

La valeur admise aujourd'hui pour la charge de rupture de l'acier fondu de première qualité est celle de 100 kilogrammes par millimètre carré de section. Cette valeur résulte de très-nombreux essais faits récemment dans divers pays par la méthode de la traction directe; on a trouvé

---

(\*) *Annales des mines*, 2<sup>e</sup> livraison de 1870, page 554.

qu'elle varie très-peu, suivant que l'acier est doux, demi-dur ou dur. Nous mettrons en comparaison des résultats d'expériences de flexion transversale, d'où l'on déduit, pour cet élément, des valeurs beaucoup plus élevées.

M. Phillips, à la fin de son mémoire sur les *Ressorts en acier employés dans le matériel des chemins de fer* (\*), donne la relation de nombreuses expériences qu'il a exécutées sur des feuilles d'acier de dimensions et de provenances diverses. Sans entrer dans le détail des résultats obtenus, je citerai le paragraphe par lequel il termine cette partie de son travail, paragraphe qui les résume fort nettement au point de vue qui nous intéresse :

« On peut remarquer en passant que, dans les expériences qui viennent d'être décrites, on a fait subir à l'acier des allongements qui ont été jusqu'à 0,007, 0,008 et même 0,0095 ; ce qui correspond à environ 140, 160 et même 190 kilogrammes par millimètre carré (\*\*), sans que l'acier rompît. Ce fait, très-curieux en lui-même, mérite d'être étudié à part, et je me propose de le faire. »

Les feuilles de ressorts, essayées par M. Phillips, avaient en moyenne 10 millimètres d'épaisseur et 75 millimètres de largeur. Les aciers qui ont donné les résultats signalés ci-dessus étaient des aciers fondus, trempés et recuits au-dessous du rouge lumineux dans l'obscurité.

Nous avons obtenu des chiffres encore plus élevés en soumettant au calcul les résultats des expériences faites par M. Rézal sur les *Ressorts moteurs des chronomètres* (\*\*\*). Mais pour faire ce calcul nous devons d'abord rappeler les principales formules relatives à la lame élastique qui travaille par flexion transversale.

(\*) *Annales des mines*, 5<sup>e</sup> série, 2<sup>e</sup> livraison de 1852, page 502.

(\*\*) Le chiffre de 190 kilogrammes est exagéré. En se reportant au détail de l'expérience (page 511), on trouve pour valeur de la charge maximum :  $E\alpha = E'\alpha' = 165^b,4$ .

(\*\*\*) *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> livraison de 1867, page 95.

Le moment du couple des forces élastiques a pour expression :

$$M = \mu \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right);$$

$\rho$  est le rayon de courbure de la fibre neutre sous charge,  $\rho_0$  est le rayon de courbure qu'elle prend quand la charge est enlevée,  $\mu$  représente le moment d'élasticité de la lame, dont l'expression pour la lame rectangulaire pleine est :

$$\mu = E \cdot \frac{h \cdot e^3}{12},$$

(E, coefficient d'élasticité; h, largeur ou hauteur; e, épaisseur de la lame.)

La tension maximum correspond à l'allongement élastique que subit la fibre superficielle :

$$\alpha = \frac{e}{2} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right),$$

et a pour valeur :

$$T = E\alpha = E \cdot \frac{e}{2} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right).$$

De la comparaison des valeurs de M et de T, on tire la relation :

$$M = \frac{2\mu}{Ee} \cdot T,$$

qui, dans le cas de la lame rectangulaire pleine, devient :

$$M = \frac{h \cdot e^2}{6} \cdot T.$$

Ceci posé, considérons le ressort de chronomètre enroulé autour de sa bonde en spires non jointives et tendu par le poids P appliqué au barillet. Le moment du couple d'élasticité varie d'un point à l'autre de chaque spire, et oscille autour d'une valeur moyenne qui est le moment du

poids moteur P, par rapport à l'axe du barillet (\*). Par suite, si je détermine la tension T par l'équation approximative

$$T \cdot \frac{he^2}{6} = M = P \cdot R,$$

j'aurai une valeur moyenne qui est certainement dépassée dans une partie de chaque spire du ressort.

Dans les expériences faites par M. Résal, le ressort avait pour largeur  $h = 27$  millim., et pour épaisseur  $e = 0^{\text{mm}},50$ , ou plus exactement  $e = 0^{\text{mm}},54$ . (Voyez 1<sup>re</sup> livraison de 1868, page 104.) Le poids moteur représenté par la lettre  $y$  dans les tableaux des expériences avait pour bras de levier  $R = 40$  millimètres. Substituant ces valeurs, nous aurons, pour déterminer la tension T rapportée au millimètre carré de section, l'équation

$$T \cdot \frac{27 \cdot (0,54)^2}{6} = 40 \cdot y;$$

d'où l'on tire, tout calcul fait,

$$T = 30,5 \cdot y.$$

Laissant de côté les expériences où des spires étaient en contact, nous trouvons que le poids moteur  $y$  a atteint les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{ll} y_0 = 7^{\text{kg}},20 & (2^{\text{e}} \text{ et } 4^{\text{e}} \text{ série}), \\ y_1 = 7^{\text{kg}},50 & (5^{\text{e}} \text{ série}). \end{array}$$

(\*) M. Résal représente le moment variable M par l'expression :

$$\mu \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right) = \mu (ax + by + c').$$

$\mu c'$  est le moment du poids moteur; les coordonnées  $x$  et  $y$ , qui sont rapportées à l'axe du barillet comme origine, changent de signe d'une demi-spire à la suivante. (Voyez *Annales des mines*, 6<sup>e</sup> livraison de 1866, page 441.)

Par conséquent la tension T a atteint les valeurs

$$T_0 = 220 \text{ kilogr.}, \quad T_1 = 229 \text{ kilogr.},$$

et les a même dépassées dans certaines parties des spires, sans qu'il y ait eu rupture.

M. Résal cite les résultats d'expériences analogues faites par M. Rozé sur des ressorts de plus faible épaisseur. Soumises au calcul précédent, elles donnent des valeurs de T aussi fortes, et quelquefois même notablement plus fortes.

Les chiffres que nous venons d'obtenir sont confirmés par ceux qui se rapportent aux allongements élastiques. Nous avons déjà cité les résultats obtenus par M. Phillips pour les ressorts de chemins de fer.

Pour les lames de très-faible épaisseur qu'emploie l'horlogerie, nous trouvons tous les éléments nécessaires au calcul dans un mémoire de M. Résal sur la *Courbure que les ressorts prennent par l'estrapade* (\*). En effet, le diamètre de l'arbre d'estrapade et l'épaisseur du ressort suffisent pour calculer la courbure et par suite l'allongement-limite qu'a subi le ressort pendant qu'il était enroulé sur l'arbre d'estrapade; et d'autre part, la portion de cet allongement qui correspond à la déformation permanente se déduit aisément de la courbure que le ressort a conservée, et que donnent les tableaux du mémoire. Nous avons ainsi trouvé que, pour des allongements des fibres superficielles qui dépassaient 0,020, l'allongement permanent n'atteignait pas 0,004; ce qui laisse à l'allongement élastique une valeur supérieure à 0,016. C'est à peu près le triple du chiffre obtenu par les expériences de traction directe.

Nous avons vérifié ce dernier résultat d'une manière fort simple en soumettant des tronçons de ressorts d'horlogerie à la flexion transversale, par compression entre les mâchoires d'un étai. Nous mesurons directement les

(\*) *Annales des mines*, 2<sup>e</sup> livraison de 1868, page 506.

rayons de courbure que présentait la lame en son point milieu, soit l'étau étant serré, soit après avoir desserré l'étau et retiré la lame (\*).

Ce sont les rayons de courbure  $\rho$  et  $\rho_0$ , correspondant à la flexion sous charge et à la flexion permanente, et il est facile d'en déduire l'allongement élastique des fibres superficielles par la formule déjà citée :

$$\alpha = \frac{e}{2} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right).$$

Nous donnons ci-contre deux tableaux d'expériences qui représentent assez exactement la moyenne des résultats que nous avons obtenus ;

1° *Lame de 0<sup>mm</sup>,67 d'épaisseur :*

OUVERTURE de l'étau.	$2\rho$ .	$2\rho_0$ .	$\alpha$ .
millimètres.	millimètres.	millimètres.	
30	18	29	0,0141
24	13	20	0,0180
22	12	18	0,0186
21	rupture.	»	»

2° *Lame de 0<sup>mm</sup>,28 d'épaisseur :*

OUVERTURE de l'étau.	$2\rho$ .	$2\rho_0$ .	$\alpha$ .
millimètres.	millimètres.	millimètres.	
15,0	10	21	0,0147
12,0	8	17	0,0185
10,5	7	14	0,0200
10,0	rupture.	»	»

(\*) Ces rayons se mesurent en essayant successivement des tiges cylindriques de diamètres gradués. Quand le diamètre est trop petit, il y a jeu sensible sur les côtés; quand il est trop grand, il y a deux contacts, et le jour passe au point milieu entre la lame et la tige essayée. Nous croyons qu'on peut évaluer ainsi le rayon de courbure à un demi-millimètre près.

On voit que nos résultats confirment pleinement ceux obtenus par d'autres méthodes d'expérimentation.

Les valeurs de la tension et de l'allongement proportionnel qui correspondent à la limite d'élasticité présentent des divergences du même ordre, selon qu'elles ont été obtenues par des expériences de traction directe ou de flexion transversale.

Les expériences de traction directe donnent des chiffres qui ne dépassent pas 40 kilogrammes pour la tension et 0,002 pour l'allongement proportionnel. Or, dans les résultats obtenus par M. Fairbairn, on trouve des chiffres de 70 kilogrammes et même de 75 kilogrammes pour la tension élastique maximum déterminée par flexion transversale. (Voyez les tableaux joints au mémoire de M. Gruner déjà cité.) De même, M. Phillips résumant les résultats de ses expériences sur les lames de ressorts de chemins de fer, dit : « L'acier fondu, trempé et recuit au-dessous du rouge lumineux dans l'obscurité, commence à éprouver des allongements permanents sensibles, à une limite d'allongement proportionnel élastique qui varie de 0,004 à 0,005. »

Ainsi l'anomalie sur laquelle nous voulons appeler l'attention s'est présentée très-fréquemment, quoiqu'on ne l'ait pas mise en lumière jusqu'à présent. Il nous reste à chercher à quelles causes elle doit être attribuée.

Nous ferons d'abord remarquer que les résultats obtenus par les deux méthodes ne sont pas entièrement comparables, et que les formules employées pour le calcul des expériences de flexion transversale cessent d'être rigoureusement exactes dès que la limite d'élasticité est dépassée.

Le caractère physique qui sert à reconnaître la limite d'élasticité est le commencement de la déformation *permanente* de la barre essayée. Dans les expériences de traction directe, l'allongement est le même pour toutes les fibres, qui par suite atteignent au même moment leur

limite d'élasticité. Mais il n'en est pas de même dans les expériences de flexion transversale, où l'allongement décroît depuis la fibre superficielle jusqu'à la fibre neutre; les fibres voisines de l'axe de la barre sont loin de la limite d'élasticité, au moment où cette limite vient d'être dépassée par les fibres voisines de la surface.

Les forces élastiques qui se développent lorsque la charge est enlevée ne tendent donc pas toutes au même résultat; les unes tendent à maintenir une déformation permanente dans les fibres de la surface, les autres tendent à ramener à la figure première les fibres centrales, et par suite la barre entière. Les premières ne deviendront prépondérantes que lorsque la limite d'élasticité sera dépassée dans une partie notable de section de la barre, par exemple dans la moitié de la section pour la barre rectangulaire pleine.

En d'autres termes, le commencement de la déformation permanente, dans les expériences de flexion transversale, correspond à la limite d'élasticité, non de la fibre superficielle, mais d'une certaine fibre moyenne, dont la position doit varier avec la figure de la section de la barre.

La détermination de la charge de rupture d'un métal par les expériences de flexion transversale donne prise à d'autres objections non moins sérieuses. La formule qui sert à calculer le couple des forces élastiques suppose que les forces élastiques développées par la flexion sont proportionnelles aux allongements des fibres. Or cette proportionnalité cesse d'être rigoureuse dès que la limite d'élasticité est dépassée, et près du point de rupture la tension de la fibre varie très-peu pour une grande variation de l'allongement.

Représentons par une courbe la relation qui existe entre les allongements et les tensions élastiques, telle qu'elle résulte des expériences de traction directe. Soit pour un allongement quelconque OX de la fibre, MX sa tension élas-

tique; les points M forment une courbe O $\gamma$ M qui se confond avec une ligne droite de l'origine O jusqu'au point  $\gamma$  correspondant à la limite d'élasticité, présente toujours ensuite sa concavité à l'axe des  $x$  (en négligeant quelques petites irrégularités), et se termine brusquement au point C, correspondant à la limite de rupture. Cette courbe peut être supposée prolongée dans l'angle  $y'Ox'$  des axes coordonnés par une courbe analogue O $\gamma$ M', représentant la relation qui existe, les raccourcissements de la fibre et les résistances élastiques qu'elle développe quand elle est soumise à la compression.

Considérons une barre soumise à la flexion transversale, soient OX l'allongement de la fibre de la surface convexe de la barre, OX' le raccourcissement de la fibre de la surface concave. La loi de variation des tensions dans l'intérieur de la barre sera représentée par la courbe M'OM, les abscisses représentant à une échelle convenablement choisie les distances des fibres à la fibre neutre, distances auxquelles les allongements et raccourcissements des fibres restent toujours proportionnels. La valeur du couple des forces élastiques est, pour la portion de la barre soumise à l'extension :

$$M_1 = \int_0^{OX} x \cdot y \cdot h dx. \quad 29$$

Si nous supposons la barre rectangulaire et pleine, et par suite sa largeur  $h$  constante, le facteur  $h$  sort de l'intégrale. L'expression  $y dx$  représente un élément de l'aire O $\gamma$ MX comprise entre la courbe O $\gamma$ M et les droites OX et MX; le facteur  $x$  est la distance du centre de gravité de cet élément à l'axe des  $y$ . Donc, d'après un théorème connu, l'intégrale  $M_1$  a pour valeur :

$$M_1 = h \cdot A_1 \cdot \xi_1,$$

$A_1$  étant l'aire totale du triangle curviligne O $\gamma$ MX, et  $\xi_1$  étant la distance de son centre de gravité à l'axe des  $y$ .

De même pour la portion de la barre soumise à la compression, nous trouverons que la valeur du couple des forces élastiques est :

$$M_2 = h \cdot A_2 \cdot \xi_2,$$

$A_2$  étant l'aire  $O\gamma'M'X'$  et  $\xi_2$  étant en valeur absolue l'abscisse de son centre de gravité.

On reconnaît de même que, si l'on appelle  $F$  la traction qu'exerce ou à laquelle résiste la section de la barre considérée, sa valeur, somme des forces élastiques, est :

$$F = h \cdot A_1 - h \cdot A_2.$$

Par suite, s'il y a flexion transversale sans traction longitudinale, la position de la fibre neutre, qui peut ne pas être la fibre moyenne, doit être déterminée par la condition :

$$A_1 = A_2.$$

Tant que la limite d'élasticité n'est pas dépassée, les triangles  $O\gamma MX$ ,  $O\gamma'M'X'$  sont des triangles rectilignes. La condition  $A_1 = A_2$  entraîne les suivantes :

$$OX = OX' = \frac{e}{2}, \quad MX = MX' = T;$$

et par conséquent on a :

$$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} OX \cdot MX = \frac{1}{4} e \cdot T,$$

$$\xi_1 = \xi_2 = \frac{2}{3} OX = \frac{e}{3},$$

$$M = M_1 + M_2 = \frac{h \cdot e^2}{6} \cdot T,$$

ce qui est la formule connue.

Mais dès que la limite d'élasticité est dépassée, cette formule cesse d'être exacte. Nous voyons qu'elle revient à substituer aux triangles curvilignes  $O\gamma MX$ ,  $O\gamma'M'X'$ , les

triangles rectilignes  $OMX$ ,  $OM'X'$ ; ainsi elle n'est qu'approximative, et donne pour le couple d'élasticité une valeur trop faible, ou inversement pour la tension-limite  $T$  une valeur trop forte.

La formule exacte pourra être mise sous la forme :

$$M = k \cdot \frac{he^2}{6} \cdot T = \frac{he^2}{6} kT,$$

$k$  étant un coefficient variable qui croît à mesure qu'on s'éloigne de la limite d'élasticité et qu'on se rapproche du point de rupture. Ce coefficient ne peut être calculé que si l'on a obtenu par les expériences de traction directe la relation qui existe entre les tensions et les allongements jusqu'au point de rupture.

On peut toutefois assigner aux valeurs de  $k$  une limite assez simple. Quelque ductile que soit le métal, quelque rapides que soient les allongements près du point de rupture, le triangle curviligne  $O\gamma MX$  reste toujours compris dans l'intérieur du rectangle  $OYMX$ ; par suite le moment du triangle curviligne par rapport à l'axe des  $y$ , soit  $A_1 \xi_1$ , reste toujours inférieur à celui du rectangle  $OYMX$ . Or ce dernier moment est égal à une fois et demie le moment du triangle rectiligne  $OMX$ ; donc la valeur  $k_0 = \frac{3}{2}$  représente une limite que le coefficient  $k$  ne peut jamais atteindre.

Nous avons fait le calcul des valeurs du moment  $A_1 \xi_1$  près du point de rupture pour les aciers fondus pour canons, au moyen des diagrammes d'expériences publiés par la commission régionale d'artillerie de Saint-Étienne (\*). Nous avons trouvé que pour ces aciers le coefficient  $h$  pouvait atteindre les valeurs 1,58, 1,40 et même 1,42; il faut re-

(\*) Rapport sur les expériences auxquelles a donné lieu la fabrication des canons de 7, dont la commission régionale d'artillerie de Saint-Étienne a été chargée (1872).

marquer que les allongements observés près du point de rupture dépassent 10 et quelquefois 20 p. 100.

Enfin les allongements élastiques près du point de rupture ne doivent pas davantage se correspondre dans les résultats obtenus par les deux méthodes d'expérimentation. Nous venons de voir que dans la barre soumise à la flexion transversale, lorsqu'on approche du point de rupture et que le métal présente une certaine mollesse, la tension élastique des fibres varie peu depuis la surface jusqu'assez près de la fibre neutre ; dans tout cet intervalle les fibres tendent donc à se raccourcir de quantités sensiblement égales, lorsque la charge qui produit la flexion est enlevée. Comme elles ne peuvent le faire, et doivent se raccourcir en proportion de leur distance à la fibre neutre, il y aura une certaine compensation, un certain équilibre des forces élastiques développées par les diverses fibres ; et ce sera, non la fibre superficielle, mais une fibre moyenne qui présentera le raccourcissement correspondant à sa charge.

Ainsi, la formule  $\alpha = \frac{e}{2} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \right)$  donne toujours l'allongement élastique de la fibre superficielle ; mais cet allongement surpasse notablement celui qui correspond à la charge réelle de la fibre, peut en devenir le double, par exemple dans le cas de la barre rectangulaire pleine et de l'extrême mollesse du métal.

Les erreurs commises sur les charges et sur les allongements élastiques doivent se reporter sur la valeur du coefficient d'élasticité déterminée par la formule  $T = E\alpha$ . Les erreurs de  $T$  et de  $\alpha$  sont de même sens, mais celle de  $\alpha$  est la plus forte en valeur relative. L'erreur sur  $E$  devra donc être de sens contraire, c'est-à-dire en moins, et elle pourra devenir considérable près du point de rupture.

Les considérations théoriques que nous venons de développer rendent compte d'une grande partie des écarts que nous avons signalés entre les résultats donnés par les

deux méthodes d'expérimentation ; toutefois elles ne nous paraissent pas suffire à les expliquer. Les chiffres obtenus par les expériences de traction directe étant :

	kilogr.
Charge à la limite d'élasticité. . . . .	40
Allongement à la limite d'élasticité. . . . .	0,002
Charge déterminant la rupture . . . . .	100
Allongement élastique près de la rupture. . . . .	0,005

les valeurs des mêmes éléments déduites par les formules usuelles des expériences de flexion transversale ne devraient pas dépasser les chiffres qui suivent :

	kilogr.
Charge à la limite d'élasticité. . . . .	80
Allongement à la limite d'élasticité. . . . .	0,004
Charge déterminant la rupture. . . . .	150
Allongement élastique près de la rupture. . . . .	0,010

Elles devraient même rester notablement au-dessous de ces valeurs-limites, lorsque les expériences se rapportent à un métal qui est loin d'être mou, à l'acier fondu pour ressorts trempé et recuit. Or il n'en est rien, et plusieurs des chiffres cités dans la première partie de ce travail dépassent largement ceux qui précèdent. Il nous paraît hors de doute que l'acier qui constitue les ressorts d'horlogerie résiste par flexion transversale à des tensions effectives peu inférieures à 200 kilogrammes par millimètre carré.

Nous croyons probable, bien que nous n'ayons pas pu le vérifier par des expériences précises, qu'il résisterait aux mêmes tensions agissant par traction directe. On sait que les fils fins de cuivre rouge ou de laiton présentent une ténacité très-supérieure à celle du métal brut sortant de la fonte, que les fils fins d'acier pour cordes de pianos peuvent souvent résister à des charges exceptionnelles. Les faits cités plus haut, et relatifs à l'acier pour ressorts, sont

vraisemblablement un nouvel exemple de l'influence que le travail subi par le métal, après la fonte, exerce sur sa texture et par suite sur ses propriétés élastiques (\*).

(\*) Un fait connu depuis longtemps montre fort nettement cette influence. La tôle de fer tirée dans le sens du laminage résiste plus que dans le sens perpendiculaire. J'ai observé un fait analogue dans le cours des expériences que j'ai relatées plus haut; une lame de ressort d'horlogerie fléchie dans le sens de sa largeur atteint le point de rupture beaucoup plus tôt que quand la flexion se fait dans le sens de la longueur. L'allongement élastique limite est réduit d'un quart.

---



---

## NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. DESCOS

INGÉNIEUR DES MINES.

Par M. E. JACQUOT, inspecteur général.

---

Le 17 septembre 1872, Descos, ingénieur des mines, attaché à l'inspection générale des carrières de la Seine, officier de la Légion d'honneur, a succombé à l'âge de quarante-six ans, aux suites d'une grave maladie qui, depuis quelques mois, avait complètement épuisé ses forces, sans avoir pu le décider à abandonner son service. L'opinion publique ne s'est point méprise sur la cause de cette fin prématurée. Pour remonter à l'origine du triste événement qui enlevait subitement au corps des mines l'un de ses ingénieurs les plus distingués, les camarades de Descos n'ont eu qu'à se rappeler le siège de Paris, le dévouement qu'il a apporté dans l'exécution de travaux extrêmement pénibles, les fatigues qui en sont résultées, les privations qu'il a endurées avec toute la population de cette grande cité et qui, par suite de son abnégation, ont dépassé pour lui la mesure commune. Une constitution plus robuste que la sienne n'eût certes point résisté à de pareilles épreuves. Aussi n'est-ce que justice de reconnaître que Descos est une des nombreuses victimes de la funeste guerre de 1870-71 qui a accumulé tant de ruines sur le sol de notre patrie.

Coullard Descos (Aubin-Émile) est né à Paris, le 28 février 1826. Après avoir fait de brillantes études au collège Louis-le-Grand et avoir obtenu l'un des trois grands prix annuels, celui des sciences, au concours général de 1845, il entra à la fin de cette année à l'École polytechnique. Placé par ses examens au premier rang d'une promotion qui comptait cent trente-six élèves, il s'y maintint constam-

ment, et c'est avec ce rang que, deux ans plus tard, il fut admis dans le corps des mines en qualité d'élève ingénieur.

A l'École des mines, il obtint les mêmes succès, et lorsqu'il la quitta dans les premiers jours de 1851, il se trouvait placé en tête de sa promotion.

Au début de sa carrière d'ingénieur, il eut la bonne fortune d'être associé à un de ces travaux qui font époque dans les annales de la science. Sur le vœu exprimé par la commission centrale des appareils à vapeur, le ministre des travaux publics avait chargé, dès 1840, M. Regnault, ingénieur en chef des mines, membre de l'Académie des sciences, de reprendre l'étude des lois physiques sur lesquelles repose le calcul théorique des machines à feu, et de l'établir sur des bases certaines. Les nombreuses expériences à entreprendre pour mener ce travail à bonne fin, les longs calculs à faire pour en traduire les résultats en chiffres, exigeaient impérieusement l'adjonction d'un certain nombre de coopérateurs. En 1851, M. Regnault, aidé jusque-là par ses préparateurs ou ses élèves, réclama le concours d'un ingénieur des mines, et à la suite de cette demande, Descos fut mis à sa disposition. Aux termes de la décision ministérielle du 29 janvier qui l'attachait à ce service intéressant, sa collaboration ne devait pas s'étendre au delà d'un an. Elle dura en réalité trente-trois mois répartis sur cinq années, car, après être resté à Paris jusqu'au milieu de 1852, Descos, qui avait été récemment appelé à occuper le poste de Chaumont, fut autorisé à venir passer dans la capitale les hivers de 1853, 1854 et 1855 pour reprendre, sous la direction de M. Regnault, son travail interrompu. C'est ainsi qu'il fut amené à lui donner son concours, lorsqu'à la fin de 1854 ce savant fut chargé d'un autre grand travail qui consistait à déterminer le prix de revient du gaz à la houille pour servir de base au marché à passer avec les compagnies d'éclairage de la ville de Paris.

Les renseignements que j'ai recueillis sur cette première phase de la carrière de Descos le montrent déjà animé de cette ardeur passionnée pour le travail qui fut un des traits les plus saillants de son caractère et lui fit souvent négliger les soins de sa propre conservation. Ainsi, pour exécuter et vérifier les nombreux calculs auxquels donnaient lieu les expériences sur les propriétés du gaz, il ne craignait pas de passer des nuits entières. Sa collaboration terminée, il trouva en M. Regnault un juste appréciateur de ses grandes qualités. L'éminent physicien n'a jamais rendu compte de ses travaux, soit devant l'Académie des sciences, soit dans les introductions placées en tête de ses publications, sans reconnaître qu'il avait été puissamment secondé par son jeune camarade, et sans signaler le zèle infatigable qu'il avait rencontré chez lui.

Descos ne fit à Chaumont qu'un court séjour. Une décision ministérielle du 9 février 1855 l'appela à occuper le poste de Troyes. Il acquit dans cette ville de telles sympathies que, quand il la quitta au bout de moins de trois ans, le préfet de l'Aube (\*) crut devoir témoigner au ministre les regrets qu'il en éprouvait et demander pour lui la première classe de son grade. Dans sa dépêche, ce magistrat le signale comme un ingénieur des plus actifs, des plus laborieux et d'un mérite véritablement hors ligne. La promotion de Descos à la seconde classe ne remontait qu'au 4 juillet 1854, c'est-à-dire à deux années et demie. Si le ministre ne put, à raison de ce court délai, accueillir la proposition qui lui était adressée, celle-ci ne fut pas moins un témoignage éclatant rendu aux excellents services de l'ingénieur des mines de Troyes.

Une décision ministérielle du 11 novembre 1856 avait confié à Descos le sous-arrondissement minéralogique de Vesoul. Il occupa ce poste pendant quatre années, se fai-

(\*) M. Belurgey de Grandville.

sant remarquer, comme dans ses précédentes résidences, par son zèle et par son ardeur pour le travail. Il eut toutefois à faire preuve à Vesoul de qualités d'un autre genre qu'il possédait également à un haut degré et qui devaient appeler sur lui l'attention de l'administration centrale.

Dans l'intervalle compris entre 1857 et 1859, les mines de houille de Ronchamp, situées dans le sous-arrondissement minéralogique de Vesoul, sur le versant occidental des Vosges, furent le théâtre de trois accidents graves.

Le 29 janvier 1857, une explosion de grisou à la suite de laquelle huit ouvriers périrent et cinq furent grièvement blessés, se produisit dans les travaux de la deuxième couche au puits Saint-Charles.

Prévenu de l'accident dans la nuit par le préfet (\*), Descos se rend immédiatement avec ce magistrat à Ronchamp, malgré un froid excessif et les dangers qu'offrait l'abondance des neiges accumulées sur le sol. Arrivé sur le puits, théâtre du sinistre, il y descend, sans même prendre, dit le rapport auquel j'emprunte ces détails, le soin de se réchauffer un peu. Malgré le danger sérieux d'explosion qui existait encore, il pénètre dans les travaux et ne se retire qu'après avoir pourvu à ce que l'accident commandait.

Au mois de novembre suivant, un incendie se déclara dans le local souterrain des chaudières du même puits. La mine dans laquelle le feu s'était propagé dut être fermée jusqu'au mois d'avril 1858.

A la réouverture du puits, Descos veut, avant de laisser reprendre l'exploitation, apprécier par lui-même l'état des travaux incendiés. Le grisou et l'eau avaient pu s'accumuler dans les chambres d'extraction, et en enlevant les décombes pour y pénétrer, on s'exposait à être surpris. La situation n'était donc pas exempte de dangers. C'est une raison pour qu'il en prenne sa part. Aussi le voit-on pré-

(\*) M. Dieu.

sider en personne à la rentrée des ouvriers dans leurs chantiers, se tenir constamment à leur tête et assurer, en définitive, la sécurité commune par la direction intelligente qu'il imprime à l'opération.

Enfin, le 10 août 1859 une terrible explosion de grisou dans les travaux du puits Saint-Joseph vint jeter, pour la troisième fois, la désolation aux houillères de Ronchamp, en enlevant vingt-neuf mineurs à leurs familles.

A la nouvelle de cette catastrophe, Descos accourt de nouveau à Ronchamp pour diriger les travaux de sauvetage et essayer d'arracher à la mort quelques-unes des victimes. Il lutte, à cet effet, pendant quinze jours sans prendre un seul instant de repos. Si, à raison du temps qui lui a été nécessaire pour se rendre sur les lieux, il ne peut atteindre son but, du moins, grâce à ses efforts persévérants, les corps des malheureuses victimes sont-ils retrouvés et rendus à leurs familles.

Le préfet de la Haute-Saône, témoin de l'énergie remarquable et de la rare intrépidité dont Descos avait fait preuve dans ces tristes circonstances, s'était empressé de les signaler au ministre des travaux publics. A la suite des deux premiers accidents de Ronchamp, il avait été chargé d'adresser à l'ingénieur des mines de Vesoul des félicitations pour sa belle conduite. Dans la tentative presque désespérée de sauvetage du puits Saint-Joseph, celui-ci s'était exposé aux plus grands dangers; il avait reçu à la main droite une blessure des plus douloureuses qui n'avait pu le déterminer à suspendre ses recherches; il avait même failli périr victime de son zèle. Le préfet n'eut aucune peine à montrer que de pareils actes de courage et d'abnégation méritaient plus que des éloges. Sur sa proposition qui fut appuyée par M. de Billy, inspecteur général des mines de la division du Nord-Est, un décret du 17 mai 1860 nomma Descos chevalier de la Légion d'honneur.

Comme le faisait, du reste remarquer avec raison le préfet

de la Haute-Saône dans le rapport contenant ses propositions, Descos possédait d'autres titres à cette honorable distinction. Il avait, en effet, rédigé, au commencement de 1859, un mémoire très-détaillé et rempli d'observations judicieuses sur le captage des eaux ferrugineuses de Luxeuil. Soumis au conseil général des mines, ce mémoire y avait été l'objet d'une appréciation extrêmement flatteuse pour son auteur. Plus tard, lorsque l'exécution des travaux fut résolue, Descos les avait dirigés avec cette intelligence et ce soin qu'il apportait à tout ce qu'il entreprenait. L'excursion qu'il avait faite dans le domaine scientifique à l'occasion des sources de Luxeuil avait donc pleinement réussi, et elle avait prouvé qu'il était en état d'y obtenir des succès.

Toutefois, il ne persévéra point dans cette voie, et quand il quitta Vesoul au commencement de 1861, pour prendre le poste de Rouen auquel il avait été appelé par décision du 2 février, il consacra de nouveau toute son activité au service ordinaire. Descos passa trois années à Rouen. Il y fut élevé, le 7 février 1863, à la première classe de son grade.

Le désir de se rapprocher de sa famille et les intérêts qu'il possédait à Paris l'avaient engagé, dès 1859, à solliciter cette résidence. Une place étant devenue vacante, en avril 1864, dans le service spécial de surveillance des appareils à vapeur de la Seine, l'administration centrale put accueillir le vœu qu'il avait exprimé en la lui confiant. C'est en prenant quinze mois plus tard la direction de ce service que j'eus occasion de connaître cet excellent camarade que je n'avais fait qu'entrevoir à Metz, lors de son voyage d'élève dans les provinces du Nord-Est. Je ne tardai pas à reconnaître combien sa collaboration était précieuse et dévouée, car l'année même de mon entrée en fonctions, il fut proposé pour le grade d'ingénieur en chef.

Au passage de Descos dans le service spécial de surveillance des appareils à vapeur se rattache un incident de sa

carrière d'ingénieur qu'il m'est impossible de passer sous silence, parce qu'il témoigne de la sûreté de son jugement et qu'il révèle la part considérable qu'il a prise à l'installation du nouveau mode de locomotion mis, dans ces derniers temps, à la disposition de la population parisienne. On sait que c'est de 1867 que date l'inauguration des Mouches qui ont rendu tant de services à cette population pendant l'exposition universelle et qui sont aujourd'hui complètement entrées dans ses habitudes, faveur que justifient d'ailleurs la régularité et la sécurité de leur service. Ce qu'on ignore, c'est que le projet de doter la Seine de bateaux-omnibus a failli échouer, par suite de la préférence que la commission de surveillance et le conseil général des ponts et chaussées avaient accordée au type en usage sur la Tamise, type qui, approprié peut-être à sa destination, ne l'était nullement aux conditions nouvelles dans lesquelles il aurait dû fonctionner sur la Seine. Dans la commission, Descos s'était prononcé, au contraire, en faveur des Mouches. Il resta jusqu'au bout fermement uni à la minorité qui, par les raisons qu'elle donna à l'appui de sa manière de voir, finit par la faire adopter au ministre des travaux publics, heureusement fort compétent en cette matière (\*).

La surveillance des appareils à vapeur de la Seine ne constitue qu'un service spécial, accessoire de celui beaucoup plus important de l'inspection générale des carrières, qui comprend à la fois le service ordinaire des mines du département et la consolidation des anciennes carrières sous Paris. Descos entra, sur sa demande, dans ce dernier service vers le milieu de l'année 1866. Il fut d'abord chargé de la surveillance des carrières dans le département de la Seine; mais il n'exerça ces fonctions que pendant quelques mois, et dans les premiers jours de 1867 il les quitta pour prendre la direction des ateliers employés aux travaux sous

(\*) M. Béhic.

Paris. Il a gardé ce service jusqu'à sa mort, c'est-à-dire pendant près de six ans. Depuis la création de l'inspection en 1777 il n'y a pas de période comparable, pour l'activité, à celle qui s'étend du commencement de 1867 au milieu de 1870. Dans cet intervalle, indépendamment du crédit de 120.000 francs qui est affecté chaque année à la consolidation de la voie publique dans l'intérieur de la capitale, l'inspection n'a pas eu à dépenser moins de 1.050.000 fr. en travaux extraordinaires d'intérêt départemental ou communal. De cette époque datent les travaux exécutés au-dessous du boulevard Arago, des mairies des treizième et seizième arrondissements, des écoles municipales de la rue Vandrezanne, des bains résineux et du pensionnat de l'asile Sainte-Anne, de plusieurs casernes d'octroi, enfin de l'aqueduc de la Vanne. La consolidation de ce dernier ouvrage qui, depuis les abords de la vallée de la Bièvre jusqu'à Paris, c'est-à-dire sur plus de 5 kilomètres d'étendue, repose sur des vides de carrières, est un travail qui fait notamment le plus grand honneur à Descos. C'est également d'après les plans qu'il avait dressés que l'on a repris dans ces derniers temps les substructions du réservoir de Montsouris, commencées, sous sa direction, en 1868, et arrêtées quelques mois plus tard faute de crédit. Pour mener à bonne fin des entreprises de cette importance, dans un aussi court délai et avec le personnel peu nombreux dont il disposait, il a dû déployer une activité prodigieuse. Il trouva néanmoins encore le temps de concourir à la préparation de l'exposition universelle de 1867, en mettant en ordre les collections envoyées par les ingénieurs des mines et en dirigeant la publication des notices explicatives, prouvant ainsi qu'il était impossible de faire, en vain, appel à son zèle.

Descos était tout entier livré à ses occupations pacifiques, lorsqu'éclata la guerre de 1870. Elle devait, à bien court délai, lui imposer de nouveaux devoirs et remettre en

lumière les qualités dont il avait donné des preuves si éclatantes dans les accidents de Ronchamp.

A peine était-elle déclarée que survenaient les nouvelles des désastres de Wissembourg, de Wœrth et de Forbach. Dès le 7 août, l'investissement et le siège de Paris s'annonçaient déjà comme une triste éventualité qui rendait nécessaire la mise en défense immédiate de la place et des forts. Dans cette grande entreprise, l'inspection des carrières avait sa tâche toute tracée.

Pour se rendre compte de celle qu'elle a accomplie, il faut se représenter les dangers qui résultaient du voisinage des carrières pour la défense des forts et de l'enceinte fortifiée. Du côté du nord, les exploitations de plâtre, vers le sud, celles de pierres de taille s'avançaient, sur beaucoup de points, jusqu'aux glacis et pénétraient même souterrainement, dans quelques cas, au-dessous des ouvrages. Cette situation, conséquence du développement qu'a présenté de tout temps l'extraction des matériaux de construction aux environs de la capitale remontait, en partie, à l'époque de l'exécution des fortifications; mais elle avait été fort aggravée dans les trente dernières années par la tolérance du génie militaire.

C'était, pour la population parisienne, à la veille du siège de Paris, l'objet d'appréhensions des plus vives que plusieurs communications de l'autorité compétente n'avaient pas réussi à calmer. La guerre de surprise et d'embuscade faite par les Allemands disposait naturellement les esprits à attacher une importance exagérée à ces grandes voies souterraines qui, débouchant dans la campagne et pénétrant jusqu'au cœur de la ville, pouvaient servir les projets de l'ennemi. Les braves marins, nouvellement installés dans les forts qu'ils devaient si bien défendre, n'étaient pas eux-mêmes sans préoccupations. Suivant une remarque fort juste de l'honorable amiral La Roncière le Noury, habitués par leurs officiers à envisager les ouvrages confiés à leur garde comme des vaisseaux, ils

n'avaient pas tardé à reconnaître que les cales de ces navires d'un nouveau genre présentaient de graves avaries. D'un autre côté, sur la rive gauche de la Seine, la défense était singulièrement gênée par les nombreux terre-pleins construits à l'orifice des puits d'extraction des carrières et dont quelques-uns s'avançaient jusque sur les glacis. On pouvait craindre de voir l'ennemi s'en emparer et les transformer en abris difficiles à réduire. Faire disparaître ces obstacles, combler les puits et rendre impraticables toutes les galeries qui se dirigeaient de l'extérieur soit vers les forts, soit vers l'enceinte fortifiée, telle était donc la mission réservée à l'inspection générale des carrières de la Seine dans la mise en défense de Paris. A ce programme elle ajouta l'ouverture de communications souterraines entre la place et les forts de la rive gauche que l'autorité militaire considérait comme très-utiles pour assurer le ravitaillement en cas de bombardement.

Le préfet de la Seine (\*), sollicité, dès le 9 août, de mettre à la disposition de cette autorité le personnel de l'inspection et celui des travaux sous Paris, avait envoyé le lendemain la permission réclamée, en ajoutant que la ville continuerait à prendre à sa charge la solde des ateliers. On se mit immédiatement à l'œuvre. C'est de cette époque que date la formation du bataillon des mineurs auxiliaires du génie dont les éléments furent fournis non-seulement par le personnel de l'inspection, mais encore par un grand nombre d'ingénieurs qui, à la nouvelle de nos revers, s'étaient empressés de m'offrir leur concours (\*\*).

La part que Descos a prise aux travaux exécutés par ce bataillon est des plus considérables. Il fut d'abord envoyé

(\*) M. Chevreau.

(\*\*) Décision ministérielle du 10 septembre 1870, M. Jacquot, ingénieur en chef, est autorisé à organiser, avec les ingénieurs, agents et ouvriers du service de surveillance des carrières de Paris, un bataillon des mineurs auxiliaires du génie, spécialement préposé à la surveillance et à la garde des carrières sous Paris, ainsi

aux forts d'Ivry et de Vanves, ayant sous ses ordres MM. les élèves-ingénieurs Zeiller, Heurteau, Bertrand et de Grossouvre, pour mettre ces ouvrages à l'abri des approches prussiennes et faire disparaître les formes des puits qui constituaient autant de petites citadelles dont la possession pouvait tenter l'ennemi. Toutefois, son service et la merveilleuse aptitude qu'il possédait pour s'orienter au milieu du réseau compliqué de vides laissés par l'exploitation des carrières le désignaient, d'une manière spéciale, pour diriger l'établissement des communications souterraines. Dès le milieu du mois d'août il se dévoua particulièrement à cette tâche et il la poursuivit jusqu'à la conclusion de l'armistice avec une ardeur qui l'entraîna à y consacrer une partie de ses nuits.

Le fort de Montrouge fut le premier relié à la place. La galerie de soutènement de l'aqueduc de la Vanne, qui vient déboucher au-dessous de la porte d'Arcueil, passait à 150 mètres environ du bastion oriental de ce fort. Vers le 20 septembre, grâce à l'activité imprimée aux travaux qui avaient été poursuivis de jour et de nuit, la communication était établie au moyen d'une galerie creusée, en grande

qu'à la pose et à la mise en feu des torpilles aux abords de toutes les portes de la rive droite.

Puisque j'en trouve l'occasion, je crois devoir citer les noms des ingénieurs appartenant au corps des mines et à celui des ponts et chaussées qui ont fait partie du bataillon des mineurs auxiliaires. Plusieurs d'entre eux ont été associés aux travaux entrepris par Descos. Tous se sont dévoués à la tâche commune avec un zèle auquel je me plais à rendre hommage.

Ce sont, dans le corps des mines, MM. les ingénieurs Jordan, Worms de Romilly, Michel-Lévy, Douvillé et Clérault;

Tous les élèves présents à l'École : MM. Zeiller, Henry, Heurteau, Amiot, Voisin, Boutan, Bertrand, Durand de Grossouvre et Le Verrier;

Dans le corps des ponts et chaussées, MM. les ingénieurs Heurtier, Lax et Choquet.

Le bataillon des mineurs auxiliaires a également compté dans ses rangs : M. Cazin, professeur de physique au lycée Condorcet; MM. Bouchon et Boulangé, élèves de l'École polytechnique; M. Bréguet, qui l'est devenu depuis; M. Joseph Bertrand, étudiant.

partie, dans la roche vierge et d'un puits de 24 mètres de profondeur foncé dans une des poternes du fort (\*).

Les forts d'Ivry et de Vanves furent, plus tard, l'objet de travaux analogues. Descos avait été vivement sollicité par l'autorité militaire de s'occuper de ce dernier qui était très-menacé par le bombardement. Il parvint assez rapidement à rattacher un ancien puits de carrière situé dans un des fossés du fort à une galerie qui débouchait au fond d'une grande excavation placée le long de la route de Paris à Chevreuse. Ce passage était un acheminement, puisqu'il permettait de pénétrer dans le fort en évitant la route stratégique très en vue et par conséquent très-dangereuse. Pour compléter la communication, Descos reconnut les vides existant entre cette route et celle d'Orléans sous l'ancien parc de Montrouge, et après beaucoup de recherches, il finit par découvrir une voie souterraine qui, à l'aide de quelques travaux, pouvait devenir praticable. Le résultat cherché était donc atteint, mais au prix de quels efforts? Pour parvenir à son but, Descos avait dû relever, souvent sous le feu des Prussiens, la position des différents puits de carrières en avant du fort de Vanves, et pendant le rude hiver de 1870-71, à la suite de ses excursions dans les galeries de la plaine de Montrouge où il avait trouvé jusqu'à 75 centimètres d'eau, il était maintes fois rentré à Paris ayant ses vêtements couverts de glace.

Le bombardement des forts du Sud qui survint dans les premiers jours de janvier fit reconnaître l'opportunité de quelques travaux indispensables pour compléter les communications souterraines(\*\*). Ils furent exécutés d'urgence,

(\*) Pendant le bombardement, cette galerie de Montrouge rendit de très-grands services. On y établit non-seulement des relais pour le transport des sacs à terre et des autres matériaux propres à la réfection des ouvrages, mais encore un fil télégraphique et une conduite d'eau pour remplacer les pompes du fort brisées par les obus.

(\*\*) En particulier, l'ouverture d'un puits dans l'intérieur du fort

sous la direction de Descos qui, à partir de cette époque, ne quitta presque plus les forts de Montrouge et de Vanves. Jusqu'au dernier moment il resta à la tête des ateliers, les guidant sur les points exposés au bombardement, partageant leurs fatigues et les animant constamment par sa présence.

Tant de zèle, de dévouement, de courage, d'abnégation devaient appeler sur lui l'attention du commandant en chef du génie dont il avait été l'utile auxiliaire pendant le siège. Par décret du 22 janvier 1871, rendu sur la proposition du général baron de Chabaud-Latour, il fut élevé au grade d'officier dans l'ordre de la Légion d'honneur. Récompense non recherchée, mais bien noblement acquise, après de si rudes labeurs.

La guerre civile, qui succéda à si bref délai à la guerre étrangère et en fut le corollaire, réservait de nouvelles épreuves à Descos. Après le 18 mars, il avait pris le parti de rester à Paris dans le but de soustraire à l'insurrection le personnel des ateliers. Il y parvint pendant près d'un mois; mais le 17 avril il dut céder à la force et se retira devant la révolte de quelques-uns des agents de l'inspection qui avaient pactisé avec la Commune. Il se réfugia à Versailles, où il trouva bientôt l'occasion de rendre de nouveaux services. Il fut, en effet, mandé au commencement du mois de mai au quartier général de l'armée pour coopérer, sous les ordres du général de Cissey, à l'attaque des forts de la rive gauche. Sa mission consistait à fermer les issues souterraines qu'il avait ouvertes entre les forts et la place, et à rendre ainsi toute retraite impossible aux insurgés. Il était près d'atteindre son but au fort de Vanves, lorsque ce dernier fut enlevé par une brusque attaque.

Les deux sièges de Paris avaient fortement ébranlé la santé de Descos, et dès le mois de juin des signes non

de Vanves pour remplacer celui des fossés qui, étant exposé au bombardement, était devenu impraticable.

équivoques de la maladie à laquelle il devait succomber quelques mois plus tard s'étaient déjà manifestés. L'ordre rétabli, il reprit néanmoins son service. Jamais peut-être la force de caractère dont il était doué n'apparut avec plus d'évidence que dans cette dernière période de sa vie. L'insurrection avait complètement désorganisé le service de l'inspection; les archives avaient été détruites dans l'incendie de l'hôtel de ville; la plupart des agents avaient dû être révoqués, comme ayant pactisé avec la Commune; enfin la révolte des ateliers rendait leur licenciement nécessaire. Il fallait donc se remettre au travail, sans plans et avec un personnel qui était tout entier à former. Des conditions essentiellement désavantageuses n'arrêtèrent point Descoûs. On le vit alors, déjà affaibli par la souffrance, puiser dans son énergie morale la force de pouvoir à tout. Que de recherches n'entreprit-il pas à cette époque pour retrouver dans des bureaux des architectes, des géomètres, quelques expéditions des plans détruits! Et combien il était heureux, lorsqu'il pouvait découvrir de semblables documents. En vain sa famille et ses amis, effrayés des progrès du mal, le pressaient-ils de prendre un congé de longue durée pour essayer de rétablir sa santé. Aux instances répétées dont il était l'objet, il n'opposait qu'un refus catégorique, inspiré par une interprétation peut-être exagérée, mais certainement louable, des obligations que lui imposait son service. Il est tombé, sans l'avoir quitté en prenant avec une sévérité impitoyable, pour mesure de l'étendue de sa tâche, non ses forces qui étaient épuisées, mais son courage, luttant jusqu'au bout et ne cédant en définitive que devant l'impérieuse nécessité.

Telle est la carrière de Descoûs. Toute entièrement remplie par le sentiment du devoir et l'esprit du sacrifice, elle peut être offerte en exemple et, à ce titre, elle avait sa place marquée dans nos annales.

## LÉGENDE TECHNIQUE GÉNÉRALE

DE

LA CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE

**Systeme et mode d'application de la nomenclature et des signes conventionnels; mode de conservation des échantillons recueillis à l'appui des signalements.**

La nomenclature des matières minérales douées d'une utilité spéciale, dont il y a lieu de signaler sur la Carte les gisements et les exploitations, a été établie d'après le *Systeme de Classification* adopté pour la *Collection de statistique des départements et des colonies*, qui fait partie du musée de l'École nationale des Mines, et qui reçoit les échantillons techniques recueillis par le Service de la Carte. Le premier cadre de ce système de classification, combiné au point de vue dominant de l'*utilisation* du règne minéral, a été donné en 1848 par M. Le Play, professeur de métallurgie. Après avoir été développé et appliqué par M. de Chancourtois, professeur adjoint de géologie, le système complet a été l'objet d'une délibération du conseil de l'École, qui en a fixé la rédaction. Enfin, dans le présent tableau, dressé par M. de Chancourtois, sous-directeur du Service de la Carte géologique détaillée, la rédaction a été appropriée aux besoins de cette Carte, entreprise, en 1868, sous la direction de M. Élie de Beaumont.

L'un des ingénieurs du Service de la Carte, M. de Laparent, est en même temps attaché à l'École des mines pour opérer dans le musée de statistique, avec le concours de M. Guyerdet, conservateur, également attaché aux deux

services, le classement des échantillons des matières utiles.

En vue des découvertes qui viendront à être faites, et aussi afin que la nomenclature de la Carte géologique détaillée reste applicable aux relevés géologiques des colonies françaises qui pourraient être entrepris sur le même plan, il a paru convenable de conserver ici le cadre établi pour la plus grande richesse possible du sol, cadre qui dépasse, sur quelques points, les besoins actuels du relevé de la France continentale.

Les substances restent aussi groupées comme dans la collection. Celles qui présentent des analogies spéciales sont réunies en *articles*, qui sont, à leur tour, réunis en *catégories* d'après des analogies générales. Les catégories sont réparties dans six *paragraphes*, qui correspondent à de grandes subdivisions des Arts industriels, conçues toujours au point de vue particulier du règne minéral. Les titres des paragraphes, des catégories et des articles étant les mêmes dans le présent tableau et dans le système de classification de la collection, on trouvera facilement, dans le musée, les pièces à l'appui du relevé technique figuré sur la Carte. Chaque paragraphe est suivi d'*appendices* concernant les ateliers d'exploitation, les usines de traitement immédiat et les moyens d'utilisation, dont les signes sont principalement préparés en vue de relevés de statistique agricole et industrielle.

Quant à l'ordre des matières, on s'est quelque peu écarté de celui qui préside au classement des échantillons conservés, pour se rapprocher davantage de l'ordre marqué historiquement par le développement des applications. Il résulte de cette tendance que, en dehors de la métallurgie où les métaux nobles prennent la tête du classement, parce qu'ils se rencontrent à l'état natif, les énumérations procèdent, en général, des matières communes et de qualité inférieure aux matières les plus rares et les plus précieuses.

La nomenclature a été assez détaillée, dans chaque article, pour ménager la faculté d'appliquer des signes particuliers à toutes les qualités de matières qu'il importe de distinguer; mais, pour le cas où les connaissances acquises laissent la qualité indéterminée, un signe collectif a été affecté à chacun des articles qui ne comprennent que des variétés d'une même substance ou des matières fournissant le même produit.

Il convient souvent de distinguer deux nuances de la même matière; afin d'y pourvoir sans allonger le tableau, on a disposé deux colonnes de signes. Lorsque la distinction peut avoir lieu pour tous les termes d'un article, on ne l'a pas répété à chaque terme, et l'on en a seulement indiqué le principe par le double titre de l'article et par les deux signes collectifs qui lui correspondent.

Les lettres romaines ordinaires étant employées pour désigner les formations géologiques, il a paru convenable de réserver les *lettres italiques courantes* pour les besoins des Cartes agronomiques, dans lesquelles pourront ainsi être juxtaposés, d'une manière distincte, le signalement du *sol végétal* et celui du sous-sol géologique. On a marqué le principe de cette réserve dans le tableau en affectant aux grandes catégories de sols végétaux, distinguées par les figurés topographiques de l'état-major, des lettres italiques, qui ne sont pas d'ailleurs placées sur la Carte, où elles feraient une surcharge inutile.

Les *combustibles* sont signalés par des lettres majuscules rondes, et les *matières d'amendement* par des lettres majuscules bâtarde. On a dû ne pas étendre davantage l'emploi des abréviations littérales, qui, jetées en trop grand nombre au milieu des écritures topographiques et des notations géologiques, auraient donné lieu à des confusions. Les indications concernant la métallurgie et les arts céramiques sont donc faites par des *signes conventionnels*, combinés méthodiquement en prenant pour points de départ

Les anciens signes planétaires dont l'application aux métaux est généralement connue et toujours usitée. On a été ensuite conduit naturellement à recourir aux signes également connus du zodiaque pour les métalloïdes. Ces deux séries de signes fournissent des combinaisons facilement intelligibles pour les minerais composés qu'il est utile de spécifier, pour les matières premières des produits chimiques, des verres et des poteries, et pour les eaux minérales, dont la qualité thermale est de plus distinguée uniformément.

Les matériaux et les matières premières des arts de construction sont signalés par des figures dont les contours et les traits principaux rappellent la structure de la pierre ou du minéral qui la compose. Les nuances de nature ou de qualité sont distinguées au besoin dans chaque article par des traits de détail ajoutés aux signes d'une manière systématique. La nomenclature de ce paragraphe a été particulièrement développée, en raison de l'importance géognostique des notions lithologiques que les signes des matériaux peuvent faire ressortir.

On a suivi la même méthode à l'égard des pierres et des matières comprises dans le paragraphe des arts mécaniques et décoratifs.

Enfin, dans les signes concernant les ateliers d'exploitation et les usines de traitement immédiat, on a cherché à rappeler par quelque trait saillant l'objet de l'établissement.

Plusieurs substances figurent dans le tableau à des titres différents; hormis les cas d'utilisations multiples très-intéressantes, le signe relatif à l'utilisation la plus importante est seul placé sur la carte.

Les signes des matières minérales utiles placés isolément en un point de la carte, indiquent l'existence constatée en ce point de la matière utile correspondante. La position de l'indice est au besoin précisée par un point triangulaire.

Lorsque la matière utile donne lieu à une exploitation, le point précis d'extraction est indiqué par le signe spécial relatif au mode d'extraction, accompagné du signe caractéristique de la matière utile.

Toutefois, lorsque les points signalés pour un même objet sont à la fois très-voisins et très-multiples, ou de situation variable, chaque groupe est représenté par un seul signe de matière utile et par les signes des principaux points d'extraction.

Si la matière utile qui affleure constitue en totalité ou en partie un filon ou une couche, les affleurements qui ont pu être relevés sont indiqués par un signe spécial (voir *Légende géologique*), accompagné du signe caractéristique de la matière utile.

Lorsque la matière utile affleure et que la formation géologique à laquelle elle appartient a été distinguée par une teinte, le signe caractéristique de cette matière utile est placé seul et autant que possible dans le champ de la teinte. Lorsqu'au contraire la matière utile n'appartient pas à la formation qui affleure, la formation inférieure dont elle est extraite est indiquée par sa lettre caractéristique placée en dénominateur au-dessous du signe conventionnel.

Les ateliers et les usines de traitement immédiat ne sont, en général, signalés sur la carte que s'ils offrent un caractère marqué d'importance ou de permanence. Toutefois, dans le cas d'une industrie très-répandue, quelques établissements même peu importants ou passagers sont signalés à titre de spécimen.

Les ateliers et les usines métallurgiques où l'on traite principalement des matières de provenance lointaine ne sont pointés que si ils offrent une très-grande importance ou un intérêt extraordinaire. Les ateliers et les usines agricoles ne sont pointés que dans le même cas. Les machines à vapeur ne sont jamais signalées qu'accessoirement.

Dans tous les cas, les signes des ateliers et des usines sont, autant que possible, combinés avec les signes d'exploitation.

Dans les *Légendes techniques* établies au bas des feuilles, une première ligne comprend, sous les titres des six paragraphes, les signes des substances constatées dans le champ de la feuille; les formations d'où chaque substance est extraite sont indiquées en dénominateur, quelles que soient d'ailleurs les conditions du gisement. Les différents dénominateurs qui sont placés ainsi au-dessous du signe d'une substance, et qui indiquent ses différentes origines, facilitent la recherche des gîtes marqués sur la feuille. On a placé en seconde et en troisième ligne les signes qui marquent les ouvrages d'exploitation et les ateliers ou usines. La distribution de ces derniers signes répétée, suivant les besoins, au-dessous des signes de matière, et celle des signes de formation, en dénominateurs à la première ligne complètent la valeur statistique de chaque légende partielle des matières utiles.

TABLEAU  
DES MATIÈRES MINÉRALES OU FOSSILES D'UNE UTILITÉ SPÉCIALE  
ET DES SIGNES ADOPTÉS POUR MARQUER SUR LA CARTE LES GÎTES DE CES  
MATIÈRES, LES ATELIERS D'EXPLOITATION ET LES USINES DE TRAITEMENT  
IMMÉDIAT (\*).

§ 1<sup>er</sup>. — AGRICULTURE ET HYGIÈNE

Stés végétaux.		
2	Landes et friches. ( <i>Rappel du figuré topographique.</i> ) . . . . .	l
4	Marécages. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	m
6	Bois et forêts. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	b
8	Prairies naturelles. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	p
10	Terres arables. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	a
12	Vignobles. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	u
Matières d'amendement.		
15	Matières aluminieuses et alcalines	
	Argiles, vases. . . . .	A
17	Sables feldspathiques. . . . .	F
19	Lignites pyriteux (pour cendres). . . . .	L
	Matières calcaires (carbonatées et sulfatées):	
23	Marne. . . . .	M
25	Calcaire (pierre à chaux). . . . .	C
27	Gypse (pierre à plâtre). . . . .	G
29	Sables calcaires, faluns, tangués. . . . .	E
	Matières phosphorées, azotées:	
33	Phosphate de chaux. . . . .	P
35	Guano. . . . .	W
Eaux douces.		
	Eaux stagnantes. . . . .	
	Névé. ( <i>Rappel du figuré topographique.</i> ) . . . . .	
	Glacier. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	
	Lac, étang, mare. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	
	Nappe d'eau souterraine. . . . .	
	Eaux courantes. . . . .	
	Cours d'eau souterrain. . . . .	
51. 52	Source ordinaire. Source intermittente. . . . .	o
	Ruisseau. Torrent. ( <i>Rappel du figuré topographique.</i> ) . . . . .	
	Rivière, fleuve. ( <i>Idem.</i> ) . . . . .	

(\*) Les signes conventionnels, gravés et fondus à l'imprimerie nationale, ont été communiqués par cet établissement.

<b>Eaux et matières salées.</b>	
	Eaux marines et matières salées superficielles.
	Lagunes, estuaires. (Rappel du figuré topographique.)
	Mer océanique et lacs salés. (Idem.)
	Terres salées.
	Eaux et matières salées souterraines.
67	Sources salées. Nappes salées souterraines.
69	Roches salées.
71	Sel gemme.
<b>Eaux minérales et dépôts accessoires.</b>	
73	74 Sources minérales déterminées.
75	76 Sources d'eaux carbonatées.
77	78   Eaux acidules (acide carbonique seul)
79	Eaux ferrugineuses (bicarbonatées et crénatées)
81	82   Eaux calcaires (bicarbonatées)
83	84   Eaux alcalines (bicarbonatées)
85	86 Sources d'eaux sulfatées et sulfurées.
87	Eaux sulfatées ferreuses.
89	90   Eaux sulfatées magnésiennes.
91	92   Eaux sulfatées calcaires.
93	94   Eaux sulfatées sodiques.
95	96   Eaux sulfureuses (hydrogène sulfuré)
97	98 Sources d'eaux chlorurées.
99	100   Eaux chlorurées simples.
101	Eaux iodo-bromurées.
103	104 Sources d'eaux azotées et carburées.
106	Eaux à glairines.
107	108   Eaux boueuses avec pétrole.
110	Sources geysériennes.
112	Eaux siliceuses.
114	Eaux boraciques.
Dépôts accessoires :	
	Lacs de salures diverses.
119	120   Boues minérales, efflorescences.
121	Terres bolaires.
<b>EXPLOITATION FORESTIÈRE ET AGRICOLE.</b>	
123	Atelier de flottage.
125	Scierie.
127	Charbonnage fixe.
129	Tannerie.
131	Ferme modèle.
133	Moulin à farine. (Signe combiné avec celui du moteur.)

135	Huilerie. (Idem.)
137	Féculerie.
139	Sucrerie.
141	Distillerie.
143	Usine agricole compléxe.
<b>EXPLOITATION DES AMENDEMENTS ET DU SEL.</b>	
	Mines, carrières, marais, fours, à chaux. (Voir S.V.)
147	Atelier de préparation des phosphates.
149	Saline.
151	Marais salants.
<b>UTILISATION DES EAUX ET DU VENT.</b>	
153	154 Sources de drainage artificiel.
155	156 Puits.
157	158 Puits artésien. Puits jaillissants.
159	160 Appareil élévatoire.
161	162 Moulin à vent. (Ex. du signe combiné.)
163	164 Roue hydraulique. (Idem.)
165	166 Machine à vapeur. (Idem.)
167	168 Établissement hydrothérapique.
169	Établissement thermal.
170	(Ex. du signe combiné.) Bains sulfureux.
171	Établissement de bains de mer.
<b>§ II. — CHAUFFAGE ET ÉCLAIRAGE.</b>	
<b>Combustible de chauffage.</b>	
	Tourbes.
	Tourbe herbacée ou fibreuse.
	Tourbe ligneuse.
	Lignites.
	Lignite terreux, terre d'ombre.
	Bois bitumineux.
	Lignite gras, compacte ou piciforme.
	Houilles.
	Houille sèche flambante ou ligniteuse.
	Houille grasse à longue flamme.
	Houille grasse maréchale.
	Houille grasse à courte flamme ou à coke.
	Houille maigre ou anthraciteuse.
	Anthracites.
	Anthracite schisteuse, ou feuilletée.
	Anthracite résinoïde.

205	Bitumes. . . . .	⊗	
207, 208	Asphalte et bitume visqueux. Bitume rétiné. . . . .	⊗	⊗
209	Bitume oléifère. . . . .	⊗	
<b>Combustibles d'éclairage.</b>			
211	Houilles. . . . .	⊗	
213	Houille grasse à longue flamme. . . . .	⊗	
215	Houille oléifère, canel-coal. . . . .	⊗	
217	Pétroles et gaz combustibles. . . . .	⊗	
219	Schiste oléifère. . . . .	⊗	
221	Roche bitumineuse oléifère. . . . .	⊗	
223	Pétrole et naphte. . . . .	⊗	
225	Hydrogène carboné gazeux. . . . .	⊗	

EXPLOITATION DES COMBUSTIBLES.

227	Tourbière. . . . .	⊗	
229, 230	Expl. de comb. fossile à ciel ouvert. Expl. abandonnée. . . . .	⊗	⊗
231, 232	Galerie de mines de comb. et fendue. Galerie abandonnée. . . . .	⊗	⊗
233, 234	Puits de mine de combustible. Puits abandonné. . . . .	⊗	⊗
235	Puits de pétrole. . . . .	⊗	
237, 238	Sondages et travaux de recherche. Indices. . . . .	⊗	⊗

PRÉPARATION DES COMBUSTIBLES.

239	Atelier de préparation de la tourbe. . . . .	⊗	
241	Fours à coke. . . . .	⊗	
243	Fours à coke avec laverie de houille. . . . .	⊗	
245	Usine à gaz. . . . .	⊗	

§ III. — ARTS CÉRAMIQUES ET CHIMIQUES.

**Matières premières des poteries:**

<b>Matières premières des poteries communes :</b>			
249	Argile siliceuse pour poteries grès. . . . .	⊗	
251	Argile figuline, ferrugineuse (bariolée) ou calcaire. . . . .	⊗	
<b>Matières prem. des faïences fines et des porcelaines tendres :</b>			
255	Argile blanche, terre de pipe. . . . .	⊗	
257	Sépiolithe, hydro-silicate de magnésie. . . . .	⊗	
<b>Matières premières des porcelaines dures :</b>			
261	Kaolin et pegmatite altérée. . . . .	⊗	
263	Feldspath. . . . .	⊗	
<b>Matières premières des poteries réfractaires :</b>			
267	Argile pure. . . . .	⊗	
269	Graphite argileux. . . . .	⊗	

**Matières premières des verres.**

<b>Matières première des verres communs :</b>			
273	Sable plus ou moins ferrugineux. . . . .	⊗	
275	Domite et autres matières vitrifables. . . . .	⊗	
<b>Matières premières des verres incolores et des cristaux :</b>			
279	Sable quartzeux pur. . . . .	⊗	
281	Quartz. . . . .	⊗	

**Matières premières des produits et des réactifs chimiques.**

283	Oxydes de manganèse (minerais, d'oxygène). . . . .	⊗	
285	Pyrolusite. . . . .	⊗	
287	Psilomélane et oxydes hydratés. . . . .	⊗	
<b>Minerais de soufre, de sélénium et de tellure :</b>			
291	Soufre natif des terrains sédimentaires. . . . .	⊗	
293	Soufre des solfatares. . . . .	⊗	
295	Pyrites. . . . .	⊗	
297	Minéraux sélénifères. . . . .	⊗	
299	Minéraux tellurifères. . . . .	⊗	
<b>Matières premières des produits phosphorés et arsénifères :</b>			
303	Apatite et minéraux phosphorés. . . . .	⊗	
305	Réalgar et orpiment. . . . .	⊗	
307	Mispickel et minéraux arsénifères. . . . .	⊗	
<b>Matières premières des produits chlorés, bromés, iodés :</b>			
311	Matières diverses chlorées. . . . .	⊗	
313	Matières diverses et eaux mères bromées. . . . .	⊗	
315	Matières diverses et eaux mères iodées. . . . .	⊗	
317	Matières premières des produits azotés. . . . .	⊗	
319	Sel ammoniac et matières ammoniacales diverses. . . . .	⊗	
321	Roches salpêtrées. . . . .	⊗	
323	Nitratine (azotate de soude). . . . .	⊗	
325	Matières premières des produits carbonés. . . . .	⊗	
327	Bitumes. . . . .	⊗	
329	Pétroles, Naphte. . . . .	⊗	
331	Calcaires exploités pour leur acide carbonique. . . . .	⊗	
<b>Matières premières des alcalis minéraux (Voir § I.)</b>			
335	Natrons. . . . .	⊗	
337	Matières diverses sodiques et cendres de varechs. . . . .	⊗	
339	Matières diverses potassiques et cendres de bois. . . . .	⊗	
341, 342	Carnallite, Sylvine (chlorure de potassium). . . . .	⊗	
<b>Matières premières des sels alcalino-terreux :</b>			
345	Dolomie. . . . .	⊗	
347	Célestine (strontiane sulfatée). . . . .	⊗	
349	Barytine (baryte sulfatée). . . . .	⊗	

	Matières premières de la couperose et des aluns :	
353	Lignites pyriteux . . . . .	425
355	Ampélite alumineux et pyriteux . . . . .	427
357	Alunite . . . . .	
	Fondants métallurgiques :	
361	Acide borique . . . . .	
363	Borax . . . . .	
365	Fluorine (spath-fluor) . . . . .	
	<b>Minéraux métallifères.</b>	
	Matières premières des produits colorants métalliques.	
	(Voir § IV.) :	
369	Minéraux cadmifères . . . . .	429
371	Pechblende et minéraux uranifères . . . . .	431
373	Fer chromé et minéraux chromifères . . . . .	433
375	Minéraux manganésifères . . . . .	435
377	Minéraux vanadifères . . . . .	437
	Matières premières des produits d'étude :	
381	Minerais contenant du molybdène . . . . .	439
383	Wolfram et minéraux contenant du tungstène . . . . .	441
385	Rutile et minéraux contenant du titane . . . . .	443
387	Tantalite et minéraux tantalifères . . . . .	445
389	Cérite et minéraux contenant du cerium . . . . .	447
391	Béryl et minéraux contenant du glucyum . . . . .	449
393	Zircons et minéraux contenant du zirconium . . . . .	451
395	Lépidolite et minéraux contenant du lithium . . . . .	453
397-398	Eaux et minéraux contenant des éléments nouveaux . . . . .	455
	<b>EXPLOITATION.</b>	
	Carrière (Voir § IV.) :	
403	Minière, mine et travaux de recherche. (Voir § IV.) :	
	<b>FABRICATION DES POTERIES.</b>	
405	Fabrique de poteries communes sans couverture . . . . .	463
407	Fabrique de poteries communes émaillées . . . . .	465
409	Fabrique de poteries communes émaillées . . . . .	467
411	Fabrique de faïence fine et de porcelaine tendre . . . . .	469
413	Fabrique de porcelaine dure . . . . .	471
415	Fabrique de poteries réfractaires . . . . .	473
	<b>FABRICATION DES VERRES.</b>	
417	Verrerie à bouteilles . . . . .	475
419	Verrerie de gobeletterie . . . . .	477
421	Cristallerie . . . . .	479
423	Fabrique de glaces . . . . .	481

	Matières premières de la couperose et des aluns :	
	<b>FABRICATION DES PRODUITS CHIMIQUES.</b>	
	Fabrique de produits communs . . . . .	425
	Fabrique de produits spéciaux . . . . .	427
	<b>Fondants métallurgiques :</b>	
	<b>§ IV. — MÉTALLURGIE.</b>	
	<b>Minerais de métaux précieux.</b>	
	Minerais d'or proprement dits . . . . .	429
	Or natif d'alluvion . . . . .	431
	Or natif de filon . . . . .	433
	Tellurure d'or . . . . .	435
	Minerais d'or et d'argent mélangés . . . . .	437
	Pyrite auro-argentifère . . . . .	439
	Minerais auro-argentifères tellurés . . . . .	441
	Minerais auro-argentifères arsenicaux . . . . .	443
	Minerais auro-argentifères antimoniaux . . . . .	445
	Minerais d'argent proprement dits . . . . .	447
	Argent natif . . . . .	449
	Argent amalgamé . . . . .	451
	Argent chloruré . . . . .	453
	Argent sulfuré . . . . .	455
	Argents rouges arsenicaux . . . . .	457
	Argents rouges antimoniaux . . . . .	459
	Minerais d'argent et de plomb mélangés . . . . .	461
	Galène argentifère . . . . .	463
	Plomb phosphaté, carbonaté, etc., argentifère . . . . .	465
	Minerais d'argent, de plomb, de zinc et de cuivre mélangés . . . . .	467
	Cuivres gris argentifères arsenicaux . . . . .	469
	Cuivres gris argentifères antimoniaux . . . . .	471
	Galène, blende et pyrite cuivreuse argentifères . . . . .	473
	<b>Minerais de métaux communs.</b>	
	Minerais de cuivre . . . . .	475
	Cuivre natif . . . . .	477
	Cuivre oxydulé . . . . .	479
	Cuivre carbonaté . . . . .	481
	Cuivre silicaté . . . . .	483
	Cuivre oxychloruré . . . . .	485
	Cuivre sulfuré . . . . .	487
	Cuivre pyriteux . . . . .	489
	Minerais de cuivre arsenicaux . . . . .	491
	Minerais de cuivre antimoniaux . . . . .	493

495	Minerais d'étain. . . . .	24
497	Étain oxydé de filon. . . . .	24
499	Étain oxydé d'alluvion. . . . .	24
501	Minerais de plomb. . . . .	24
503	Galène pauvre et alquifoux. . . . .	24
505	Plomb carbonaté. . . . .	24
507	Plomb phosphaté, vanadaté, etc. . . . .	24
509	Minerais de zinc. . . . .	24
511	Blende. . . . .	24
513	Calamine (carbonate et silicate). . . . .	24
515	Franklinite et minerais divers. . . . .	24

**Minerais de fer.**

517	Minerais de fer supérieurs ou aciers. . . . .	24
519	Fer oxydulé à grains d'acier. . . . .	24
521	Fer carbonaté spathique. . . . .	24
523	Hématite manganésée. . . . .	24
525	Minerais de fer de qualité ordinaire. . . . .	24
527	Fer oxydulé, titané, etc. . . . .	24
529	Fer oligiste de filon. . . . .	24
531	Hématite rouge sédimentaire. . . . .	24
533	Fer oligiste siliceux. . . . .	24
535	Fer oligiste argileux sédimentaire. . . . .	24
537	Hématite brune de filon. . . . .	24
539	Hématite brune sédimentaire. . . . .	24
541	Fer pisolitique. . . . .	24
543	Minerais de fer défectueux. . . . .	24
545	Fer carbonaté des houillères. . . . .	24
547	Mine bleue oolithique et chamolsite. . . . .	24
549	Mine brune oolithique. . . . .	24
551	Limonite sulfureuse. . . . .	24
553	Limonite phosphoreuse. . . . .	24

**Minerais de métaux rares ou de production restreinte.**

555	Minerais du groupe du platine. Alluvions platinifères. . . . .	24
557	Platine. . . . .	24
559	Palladium. . . . .	24
561	Rhodium. . . . .	24
563	Osmium d'iridium. . . . .	24
565	Minerais de mercure. . . . .	24
567	Mercure natif. . . . .	24
569	Cinabre. . . . .	24

571	Minerais d'antimoine. . . . .	24
573	Antimoine oxydé. . . . .	24
575	Antimoine sulfuré. . . . .	24
577	Minerais de bismuth. . . . .	24
579	Bismuth natif. . . . .	24
581	Minerais bismuthifères. . . . .	24
583	Minerais de nickel et de cobalt. . . . .	24
585	Pyrite nickelifère et nickel arsenical. . . . .	24
587	Cobalt gris, etc. . . . .	24
589	Minerais d'aluminium. . . . .	24
591	Bauxite, hématites, alumineuses. . . . .	24
593	Kryolith et autres matières alumineuses. . . . .	24

**EXPLOITATION. — MINES MÉTALLIQUES.**

595,596	Exploitation à ciel ouvert. . . . .	24	24
597,598	Galerie de mine. Galerie de mine abandonnée. . . . .	24	24
599,600	Puits de mine. Puits de mine abandonnée. . . . .	24	24
601,602	Travaux de recherche. Indices. . . . .	24	24

**EXPLOITATION. — MINIÈRES DE FER.**

603,604	Minière à ciel ouvert. Minière à ciel ouvert abandonnée. . . . .	24	24
605,606	Bouche de minière souterraine. Bouche de minière abandonnée. . . . .	24	24
607,608	Puits de minières. Puits de minière abandonnée. . . . .	24	24

**TRAITEMENT DES MÉTAUX AUTRES QUE LE FER.**

609	Atelier de préparation mécanique. . . . .	24
611	Usine métallurgique de voie sèche (p. ex.) à cuivre. . . . .	24
612	Tas d'anciennes scories. . . . .	24
613	Usine métallurgique de voie humide (p. ex.) à cuivre. . . . .	24

**TRAITEMENT DU FER.**

615	Lavoir de minerais de fer. . . . .	24	
617,618	Haut-fourneau au charbon de bois. Tas d'anciens laitiers. . . . .	24	24
619	Haut-fourneau au coke. . . . .	24	
621	Forge au charbon de bois (affinage). . . . .	24	
622	Tas d'anciennes scories. . . . .	24	
623	Forge à la houille (puddlage). . . . .	24	
625	Acierie. . . . .	24	
627	Usine à fer complexe. . . . .	24	
629	Fonderie ou usine de ferronnerie. . . . .	24	

§ V. — ARTS. DE CONSTRUCTION	
<b>Matériaux de construction proprement dits.</b>	
Pierres layées ou granitiques	
631.632	Moellons, pierres de taille
633.634	Lave et tuf volcanique.
635.636	Trachyte et tuf trachytique.
637.638	Basalte, trachydolérite et vake.
639.640	Porphyre et argilophyre.
641.642	Trapp, mélaphyre et brèche ophitique.
643.644	Granite et syénite.
645.646	Diorite, diabase et euphotide.
647	Gneiss et schiste cristallin.
Pierres arénacées ou schisteuses :	
649.650	Moellons; pierres de taille.
651.652	Grès à ciment siliceux.
653.654	Quartzite.
655.656	Grès à ciment argileux.
657.658	Arkose.
659.660	Grès à ciment calcaire.
661.662	Mollasse.
663	Poudingue.
665.666	Grauwacke.
667	Schiste.
669	Phyllade, schiste saigné.
671.672	Pierres siliceuses : moellons; pierres de taille.
673.674	Meulière.
675	Silex.
677	Chailles et gaize dure.
679	Jaspe.
681	Schiste siliceux.
Pierres calcaires ou dolomitiques :	
683.684	Moellons; pierres de taille.
685.686	Tuf calcaire.
687.688	Calcaire lacustre, travertin tendre.
689.690	Calcaire siliceux, tuf dur.
691.692	Calcaire grossier coquillier, grignard.
693.694	Calcaire grossier millaire, tendre, lambourde.
695.696	Calcaire grossier et glauconieux, résistant, vergelé.
697.698	Calcaire crayeux.
699.700	Calcaire crayeux, sableux et micacé, tuffeau.
701.702	Calcaire lithographique.

703.704	Calcaire corallien ou à polyypiers.
705.706	Calcaire tolimique grossier.
707.708	Calcaire oolithique fin.
709.710	Calcaire spathisé à entroques.
711.712	Calcaire compacte.
713.714	Calcaire compacte à efflorescences et à polyypiers.
715.716	Calcaire compacte coquillier, luffachelle.
717.718	Calcaire esquilleux.
719.720	Calcaire esquilleux fossilifère.
721.722	Calcaire brèche.
723.724	Calcaire saccharoïde.
725.726	Calcaire schisteux.
727.728	Dolomie compacte.
729.730	Dolomie saccharoïde.
731.732	Dolomie schisteuse.
733.734	Pierres réfractaires.
736	Grès siliceux et poudingues.
738	Roche serpentineuse.
740	Calcaire employé pour hauts-fourneaux.
742	Schistes et pierres téglaires.
744	Schiste.
746	Ardoises.
748	Lauzes oolithiques.
750	Lauzes phonolithiques.
<b>Matières premières des mortiers, des briques et des enduits.</b>	
751	Terre pour pisés.
753	Terre à briques, à carreaux, à tuiles.
755.756	Limon. Limon sableux.
757	Marne argileuse.
759.760	Glaïse. Argile sableuse.
761	Argile compacte ou schisteuse.
763	Pierres à chaux ordinaires.
765	Calcaire pur, pierre à chaux grasses.
767	Calcaire impur, pierre à chaux maigre.
769	Pierres à chaux hydraulique et à ciment.
771	Marne magnésienne, pierre à chaux hydraulique.
773	Calcaire marneux, pierre à chaux hydraulique.
775	Calcaire argileux, pierre à ciment.
<b>Matières complémentaires des mortiers :</b>	
779	Sables.
781	Arènes.
783	Pouzzolanes.
785	Trass.

787	Groises. . . . .	Y
789	Pierres à plâtre. . . . .	△
791	Gypse fibreux ou lamelleux pur. . . . .	△
793	Gypse saccharoïde calcaire. . . . .	△
	Minerais d'asphalte :	
797-798	Grès et schiste bitumineux. . . . .	Y
799	Calcaire bitumineux. . . . .	Y
	<b>Matériaux des chaussées.</b>	
801	Matériaux défectueux ou complémentaires. . . . .	◇
803	Sables. . . . .	◇
805	Calcaire tendre. . . . .	◇
807	Calcaire marneux. . . . .	◇
809	Matériaux d'empierrement de qualité moyenne. . . . .	◇
811	Meulière. . . . .	◇
813	Chailles et cherts. . . . .	◇
815	Silex et jaspes. . . . .	◇
817	Calcaire dur. . . . .	◇
819	Dolomie. . . . .	◇
821	Cailloux et galets. . . . .	◇
823	Matériaux d'empierrement de qualité supérieure. . . . .	◇
825	Quartzite. . . . .	◇
827	Porphyre. . . . .	◇
829	Cornéenne. . . . .	◇
831	Matériaux d'empierrement de luxe. . . . .	◇
833	Graviers. . . . .	◇
835	Graviers coquilliers. . . . .	◇
837	Calcaire bitumineux. . . . .	◇
839	Matériaux de ballast. . . . .	△
841	Matériaux sableux et graveleux. . . . .	△
843	Matériaux fragmentaires. . . . .	△
845, 846	Matériaux de pavage et de dallage schisteux ou calcaires. . . . .	▽
848	Schiste. . . . .	▽
849	Calcaire compacte coloré. . . . .	▽
852	Liais. . . . .	▽
853, 854	Matériaux de pavage et de dallage arénacés. . . . .	▽
855	Grès à ciment calcaire. . . . .	▽
858	Mollasse. . . . .	▽
859	Arkoses. . . . .	▽
861, 862	Grès à ciment argileux. . . . .	▽
863, 864	Grès à ciment siliceux. . . . .	▽
865	Quartzite. . . . .	▽
867	Grauwacke. . . . .	▽
869	Gros galets pour pavage. . . . .	▽

871, 872	Matériaux de pavage et de dallage laviques ou granitiques. . . . .	▽	▽
873, 874	Lave et tuf volcanique. . . . .	▽	▽
875, 876	Basalte et trachydolérites. . . . .	▽	▽
877, 878	Trachyte et phonolithe. . . . .	▽	▽
879, 880	Trapp et mélaphyre. . . . .	▽	▽
881, 882	Porphyre. . . . .	▽	▽
883, 884	Diorite. . . . .	▽	▽
885, 886	Granite. . . . .	▽	▽
887, 888	Gneiss et schiste cristallin. . . . .	▽	▽

## EXPLOITATION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

889, 890	Carrière à ciel ouvert (importante). Carrière abandonnée. . . . .	vv	vv
891, 892	Bouche de car. souter. Bouche de car. souter. abandonnée. . . . .	^^	^^
893, 894	Puits de carrière. Puits de carrière abandonnée. . . . .	tt	tt

## PRÉPARATION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

895	Briqueterie. . . . .	⊕
897	Tuilerie. . . . .	⊕
899	Fabrique de briques creuses, de tuyaux de drainage. . . . .	⊕
901	Four à chaux ordinaire. . . . .	⊕
903, 904	Four à chaux avec carrière de matériaux. (Exemple.) . . . . .	⊕
905, 906	Four à chaux hydraul. (calc. arg. ou marne magnésienne). . . . .	⊕
907	Fabrique de ciment naturel. . . . .	⊕
909	Fabrique de chaux hydrauliques artificielles. . . . .	⊕
911	Four à plâtre. . . . .	⊕

## § VI. — ARTS MÉCANIQUES ET DÉCORATIFS.

## Matières employées en raison de leurs actions physiques.

	Pierres molaires pour meules à moudre :	
915	Pierre meulière. . . . .	⊕
917	Porphyre trachytique. . . . .	⊕
919	Granite. . . . .	⊕
	Pierres à aiguiser :	
923	Grès à meules. . . . .	⊕
925	Pierres à faux. . . . .	⊕
927	Pierres d'affûtage. . . . .	⊕
929	Schistes novaculaires, pierres à rasoirs. . . . .	⊕
	Matières dures employées pour roder et polir :	
939	Pierres ponces. . . . .	⊕
935	Tripoli. . . . .	⊕
937	Émeri. . . . .	⊕
939	Diamants carboniques. . . . .	⊕

943	Pierres lithographiques.	□
945	Ardoises.	□
949	Graphite pur.	■
951	Graphite argileux.	■
953	Sanguine.	■
955	Craie.	■
957	Stéatite, craie des tailleurs.	■
961	Ogres rouges.	■
963	Ogres jaunes.	■
965	Outremer, lapis.	■
967	Terre verte.	■
969	Blanc de craie.	■
973	Terre à foulon, argile smectique.	■
975	Pierre à détacher, stéatite.	■
<b>Matières plastiques :</b>		
979	Sables de moulure.	■
981	Terre glaise, argile plastique.	■
983	Gypse lamelleux pour moulages délicats.	■
<b>Matières d'usages divers :</b>		
987	Amiante.	■
989	Talc.	■
991	Mica.	■
993	Minette (à boucher les mines).	■
995	Pierre à fusil.	■
997	Pierre de touche.	■
999	Pierre d'aimant.	■
<b>Pierres à sculpter et à façonner.</b>		
1001	Pierres dures.	■
1003	Granite et syénite.	■
1005	Diorite et diabase.	■
1007	Euphotide.	■
1009	Porphyte rouge.	■
1011	Porphyre vert.	■
1013	Jade.	■
1015	Obsidienne.	■
1017	Jaspe, aventurine.	■
1019	Agates.	■
1021	Pierres tendres.	■
1023	Kersanton.	■

1025	Pierre ollaire.	■
1027	Ardoises.	■
1029	Serpentine.	■
1031	Écume de mer.	■
1033	Jaict.	■
1035	Marbres et albâtres.	■
1037	Marbre statuaire.	■
1039	Marbre cristallin coloré.	■
1041	Cipolin.	■
1043	Marbre nodulo-schisteux.	■
1045	Griotte.	■
1047	Marbre tacheté.	■
1049	Lumachelle.	■
1051	Brèche simple.	■
1053	Brèche à éléments multiples.	■
1055	Albâtre onyx.	■
1057	Albâtre oriental.	■
1059	Albâtre gypseux.	■
<b>Minéraux d'étude et d'ornement</b>		
<b>Minéraux employés pour l'optique</b>		
1063	Quartz, cristal de roche.	○
1065	Tourmalines.	○
1067	Spath calcaire.	□
<b>Minéraux et matières minéralisées de joaillerie :</b>		
1071	Calcédoines, cornalines et onyx.	◇
1073	Lapis, pierre des amazones.	◇
1075	Marcassites.	◇
1077	Grenats.	◇
1079	Turquoises.	◇
1081	Ambres.	◇
1083	Coraux.	◇
1085	Perles.	◇
<b>Pierres fines, gemmes :</b>		
1089	Opales de feu.	◇
1091	Améthystes et quartz colorés.	*
1093, 1094	Saphirs et améthystes orientales. Dichroïtes.	◇
1095, 1096	Émeraudes et aigues-marines. Cymophanes.	◇
1097, 1098	Topazes. Tourmalines.	◇
1099	Hyacinthes (zircons).	◇
1101, 1102	Rubis. Spinelles.	◇
1103	Diamants.	◇

EXPLOITATION.	
	Carrières. (Voir § V.)
	Minères, mines et travaux de recherche. (Voir § VI.)
INDUSTRIE LOCALE.	
1109	Marbrerie. . . . .
1111	Taillerie de pierres dures. . . . .
1113	Laverie de gemmes. . . . .

PAROLES PRONONCÉES SUR LA TOMBE DE M. LE CHATELIER  
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES.

Par M. L. GRÜNER.

Messieurs,

La mort frappe à coups redoublés au milieu de nous.

Il y a un an, jour pour jour, nous étions appelés à conduire à sa dernière demeure notre camarade Sauvage ; peu de mois avant, nous rendions nos derniers devoirs à Descos, à Delaunay, à Combes, puis, cette année même, à Audibert.

Et maintenant, nous voici réunis autour de la tombe de notre excellent ami et camarade Le Chatelier, enlevé, lui aussi, dans la force de l'âge.

Louis Le Chatelier, né le 20 février 1815, fut admis en 1834 à l'École polytechnique, et, en 1856, avec Delaunay, à l'École des mines. Quel rapprochement, Messieurs ! — Réunis à l'École, les voici réunis avant le temps dans la tombe !

Delaunay choisit la science pure, Le Chatelier la science appliquée à l'industrie. L'un et l'autre ont parcouru leur carrière avec éclat ; tous deux étaient encore appelés à rendre des services. La Providence en a décidé autrement. « Les voies de Dieu ne sont pas nos voies. »

Le Chatelier venait cependant de se retirer de la vie active ; il goûtait un repos largement mérité ; il consacrait désormais sa vie à sa famille, à ses cinq fils, appelés à profiter de l'expérience du père, à marcher sur ses traces. Toutefois son activité dépassait encore de beaucoup les bornes de la famille ; on recherchait ses conseils, on réclamait son concours, ou suivait ses avis.

En 1839, le jeune élève ingénieur des mines n'avait pas encore achevé ses études, lorsque déjà il fut appelé à rédiger, pour les *Annales des mines*, des mémoires que tout le monde sut apprécier. Il avait visité l'Allemagne à l'époque où l'on entreprit, dans les établissements métallurgiques, les premiers essais du soufflage à l'air chaud. A son retour, Le Chatelier fit connaître les résultats de ces premières tentatives, entreprises dans les forges de la Silésie, dans les fonderies de plomb et d'argent de la Saxe, dans les usines à cuivre du Mansfeld; puis, passant de l'atelier au laboratoire, il nous initia aux ingénieuses méthodes que Harcourt et Plattner venaient d'adopter à Freyberg.

A peine revenu dans sa patrie, Le Chatelier fut chargé du service ordinaire des mines de Maine-et-Loire; tous ses loisirs furent alors consacrés aux travaux chimiques. Il analysa les schistes bitumineux du bassin de Vouant, les houilles de la basse Loire, les minerais de fer de la Vendée; il fit connaître, vers cette époque, les importants dépôts ferrugineux de Segré et d'Angers, sur lesquels l'attention publique vient d'être si puissamment attirée. Mais son principal travail, pendant son séjour à Angers, fut l'étude des eaux corrosives des mines et des ardoisières, et la recherche des procédés à l'aide desquels leur emploi peut être rendu inoffensif dans les chaudières à vapeur.

Vers la fin de 1841, le jeune ingénieur fut chargé du service des carrières de Paris, et, dès lors, pendant trente ans, son activité s'est puissamment développée, dans ce grand centre scientifique et industriel, tantôt au service de l'État, tantôt au service de l'industrie privée.

En 1843, il publia un mémoire sur les avantages des fusées de sûreté que Bickford venait d'inventer en Angleterre.

La même année il fut attaché, sous la direction de Bieneau, au service central de la partie métallurgique et de l'exploitation des chemins de fer.

En 1849, le ministre lui confia le contrôle du chemin de fer de Paris à Strasbourg, et vers cette même époque il fit ses expériences mémorables sur la stabilité des locomotives et sur l'utilité des contre-poids appliqués aux roues motrices de ces appareils.

Dans le courant de 1851, l'administration supérieure le chargea d'étudier, en Angleterre, les diverses questions se rattachant à l'exploitation des chemins de fer. Depuis lors, les chemins de fer et les mines le préoccupèrent tour à tour. Tandis qu'en Espagne, en Italie et en Autriche il prit une large part au développement des chemins de fer, il contribua, dans le nord-est de la France, aux travaux de recherches qui permirent de constater le prolongement du bassin houillier de Saarbrück vers la Lorraine.

Ses relations avec le chemin de fer du nord de l'Espagne l'amènèrent, en 1865, aux premiers essais sur la marche à contre-vapeur, dans la descente des fortes rampes; on lui doit cette idée si simple de l'injection de l'eau, dans les cylindres moteurs, qui seule rend possible l'emploi prolongé de l'interversion du jeu de la machine.

Les arts chimiques, la métallurgie surtout, ont souvent préoccupé son esprit si actif.

Il a contribué au développement de la belle industrie de l'aluminium; de plus, par ses relations avec l'éminent ingénieur *von Siemens*, l'emploi de la Bauxite s'est répandu dans les forges.

L'agriculture ne lui est pas non plus demeurée étrangère; le point de vue chimique attirait spécialement son attention. On lui doit une méthode spéciale pour l'utilisation des eaux d'égout; et tout récemment il a recherché, avec M. Durand-Claye, les causes de l'action fertilisante des cendres de houille.

C'est ainsi que Le Chatelier mettait à profit les loisirs que venait de lui créer le retrait de la vie active. Malgré les changements que subit son existence, à la suite de la

dernière guerre, son activité ne s'était pas ralentie; il demeurerait utile à la société, nécessaire aux siens.

Ses fils et sa compagne dévouée perdent beaucoup en lui; pour eux, à vues humaines, la perte est irréparable; qu'ils acceptent du moins avec soumission les décrets de la Providence.

Si nos jeunes amis n'ont plus désormais, pour les guider, le coup d'œil sûr d'un tendre père, ils n'oublieront en tout cas, jamais l'exemple de cette vie si laborieuse, si dignement remplie.

Que le souvenir de son activité et de son affectueux dévouement puisse les consoler dans leur profonde affliction.

Adieu, cher Le Chatelier, adieu et au revoir.

## NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. LE CHATELIER

Par M. CALLON, inspecteur général des mines.

Aux pertes multipliées et bien douloureuses que le corps des ingénieurs des mines avait faites depuis moins de deux ans (Combes, Delaunay, Descos, Sauvage, Audibert) viennent s'ajouter, dans le cours du même mois, celles de deux autres ingénieurs qui n'étaient plus, il est vrai, dans le cadre du service actif, mais que le corps doit être fier de revendiquer comme siens, et qui tous deux ont laissé, dans les directions diverses qu'ils ont suivies, une trace durable de leurs travaux.

L'un est Burdin, depuis longtemps retraité comme ingénieur en chef des mines, ancien professeur de mécanique et d'exploitation des mines à l'École des mineurs de Saint-Étienne, dont le nom restera associé à la vulgarisation des roues hydrauliques dites *turbines*, qui à raison de leurs propriétés spéciales et de leurs facilités d'appropriation aux circonstances de chute les plus variées, jouent aujourd'hui un rôle des plus importants dans l'utilisation industrielle des moteurs hydrauliques.

L'autre est Le Chatelier, inspecteur général des mines, en retraite depuis moins de dix-huit mois, dont le nom n'a pas moins de notoriété, non-seulement dans la grande industrie des chemins de fer, qu'il a en quelque sorte vue naître, et au développement de laquelle il a puissamment concouru, mais en outre dans une multitude d'industries diverses, au service desquelles il a su mettre sa haute intelligence, son étonnante capacité pour le travail

et la variété en quelque sorte encyclopédique de ses connaissances en France, en Belgique, en

Celui qui écrit ces lignes a été son camarade de promotion à l'École polytechnique et est entré avec lui à l'École des mines; c'est avec lui encore qu'il a fait son voyage d'instruction comme élève ingénieur. Les relations d'amitié qui en sont résultées se sont continuées jusqu'aux derniers jours.

Il l'a donc suivi dans toute sa carrière, et en venant aujourd'hui faire connaître dans ses principaux détails l'existence si bien remplie, et rendre ainsi à un ami bien cher un hommage justement mérité, il espère répondre au sentiment général du corps qui a compté Le Chatelier parmi ses membres et en même temps proposer aux jeunes ingénieurs qui débutent dans la carrière un exemple rare à imiter.

Le Chatelier né à Paris le 20 février 1816 est mort le 19 novembre 1875 après une courte maladie qui jusqu'au dernier moment, n'a pas laissé soupçonner l'issue fatale qu'elle devait avoir et que ne pouvaient faire prévoir ni son âge, ni sa santé encore robuste.

Il était inspecteur général des mines en retraite depuis le 16 juin 1872, membre de la Société des agriculteurs de France, membre honoraire du conseil de la Société de encouragement, officier de la Légion d'honneur et de l'ordre de Léopold, commandeur du nombre extraordinaire de l'ordre de Charles III, chevalier de l'ordre de François-Joseph.

Le Chatelier avait fait à Paris, au collège Rollin, de brillantes études, couronnées l'année de son entrée à l'École polytechnique, par un succès peu commun le premier prix de mathématiques spéciales et le second prix de physique au concours général. Il fut admis en 1834 à l'École polytechnique dans un rang distingué, et entra à l'École des mines en 1836. Il y fit ses études complètes en deux ans

seulement, et à la suite, un sub voyage d'instruction de sept mois, dans le nord de la France, en Belgique et en Allemagne.

Ce voyage avait lieu à une époque où l'industrie des mines, et la métallurgie étaient en grande voie de développement et de progrès. Aussi des sujets d'études ne manquaient pas au jeune ingénieur.

Il vit dans le Pas-de-Calais les recherches par sondages, qui se faisaient pour trouver le prolongement du bassin houiller du département du Nord; recherches qui furent alors infructueuses, mais qui devaient être reprises quelques années plus tard avec un éclatant succès. En Belgique il visita les nombreuses usines récemment créées ou en voie de création, au Hartz des premières échelles mécaniques, ou Fahlun, et les premiers emplois des câbles en fils de fer au service de l'extraction, en remplacement des câbles en chanvre ou des chaînes.

L'emploi de l'air chaud, inventé quelques années auparavant en Écosse, pour les hauts fourneaux commençait à jouer un rôle important dans la métallurgie.

Pour la préparation mécanique, on commençait à doter que le vieux type d'atelier établi suivant une formule antique et consistant en un bocard et quelques tables dorantes, fut le dernier mot de l'art, et de nouvelles dispositions nouvelles étaient déjà introduites ou à l'étude au Hartz, en Silésie, etc.

En Saxe, Platner créait les méthodes au moyen desquelles le chalumeau devenait, dans certaines conditions, un instrument propre aux analyses quantitatives comme aux analyses qualitatives, etc., etc.

Le Chatelier étudia toutes ces choses avec l'entrain, l'activité au travail, la facilité d'assimilation, la curiosité d'esprit, la promptitude de coup d'œil dont il fit toujours preuve par la suite.

Un objet nouveau qui se présentait à lui était immédia-

tement compris, une explication donnée était saisie dès les premiers mots; et l'on peut dire véritablement de lui qu'il semblait plutôt se souvenir qu'apprendre.

Le résultat de ce long voyage fut, pour la part de Le Chatelier, la composition de quatre mémoires qui obtinrent les honneurs de l'insertion aux *Annales des mines*, où ils furent, à l'époque, remarqués et appréciés.

Ce travail terminé, Le Chatelier fut envoyé en résidence ordinaire à Angers avec le titre d'aspirant, et fut nommé ingénieur ordinaire de seconde classe, le 1<sup>er</sup> juin 1841.

Bien que la résidence d'Angers n'eût, au point de vue industriel, qu'une importance très-secondaire, Le Chatelier sut s'y distinguer et montrer dès le début ce qu'on pouvait attendre de lui, même dans des fonctions modestes, avec un champ d'action en apparence très-limité.

Grâce au laboratoire annexé au bureau de l'ingénieur ordinaire d'Angers, il étudia très-complètement les houilles des bassins de la Vendée, et les minerais de fer des environs de Ségre, exploités par les anciens, qu'il signala à l'attention des maîtres de forge, et auxquels des travaux récents de recherches semblent donner aujourd'hui une importance assez sérieuse. Il fit un travail sur les eaux corrosives employées souvent, dans les mines et les carrières, à l'alimentation des chaudières à vapeur. Son mémoire fut approuvé par la commission centrale des machines à vapeur, inséré aux *Annales des mines*, et enfin tiré à part et envoyé aux préfets avec une circulaire administrative en date du 12 octobre 1842.

Peu de temps après la rédaction de ce mémoire, il fut chargé officiellement d'étudier la préparation et l'emploi des étoupilles de Bickford, ou fusées de sûreté, récemment importées d'Angleterre, et qui depuis lors sont devenues d'un usage si étendu pour le tirage à la poudre, dans les mines, les carrières et les travaux publics.

A cette occasion, des expériences furent faites sur ses

indications dans les carrières d'ardoises des environs d'Angers, et le rapport qu'il rédigea à la suite de ces expériences fut imprimé à plusieurs reprises, et servit longtemps de guide aux personnes qui adoptèrent l'emploi de ces fusées. Il est mentionné dans le *Traité d'exploitation* de M. Combes qui a paru en 1844.

Enfin il contribua fortement par ses conseils à inaugurer dans les carrières d'Angers l'emploi des câbles en fil de fer, fabriqués par les procédés qu'il avait observés en Allemagne et qui venaient d'être importés en France. Ce fut le point de départ de la fabrication des câbles métalliques dans la ville d'Angers, industrie aujourd'hui très-développée et très-florissante.

Signalé par ces différents travaux à l'attention de l'administration, il fut rappelé à Paris en 1842, pour être attaché, sous les ordres de M. Juncker, au service des carrières. Il le seconda d'une manière très-active dans le travail de réorganisation de ce service important laissé plusieurs années en souffrance, et sa collaboration fut très-appréciée par cet excellent ingénieur.

Cependant un service ordinaire, quelque chargé qu'il pût être, ne devait pas suffire à l'activité et au besoin de travail de Le Chatelier.

C'était à ce moment que la grande industrie des chemins de fer, après de trop longues controverses, allait enfin prendre chez nous un essor sérieux.

A la fin de 1842, nous n'avions encore que 600 kilomètres de lignes, en tronçons isolés dans la Loire, le Nord, l'Alsace, le Gard et l'Hérault, etc...; de Paris on n'allait encore en chemin de fer qu'à Saint-Germain, Versailles et Corbeil.

Mais les lignes de Rouen et d'Orléans étaient en construction et devaient être ouvertes l'année suivante; les pouvoirs publics, après de longs et sérieux débats, venaient de promulguer la loi de 1842, et il était évident qu'il s'ouvrait de

brillantes perspectives aux ingénieurs capables qui se décideraient à entrer dans cette voie nouvelle.

Le Chatelier ne pouvait manquer de le comprendre. Il demanda donc et il obtint en 1845 de passer du service des carrières au service du contrôle, et il y resta jusqu'à la fin de 1845, saisissant, avec l'ardeur et l'entrain qu'il mettait à tous ses travaux, les occasions d'étudier les questions, alors nouvelles, que soulevaient le tracé, la construction et l'exploitation des chemins de fer. Dans cet intervalle, en 1844, M. Legrand, alors sous-secrétaire d'État des travaux publics, lui donna la mission d'aller étudier sur place en Allemagne les mêmes questions. L'Allemagne avait alors sur nous une grande avance. Ainsi, au moment de la mission donnée à Le Chatelier, elle comptait 2,850 kilomètres de chemins de fer en exploitation, tandis que nous n'en avions encore que 876. On comprend quelle était, dans ces conditions, l'importance de la mission donnée à Le Chatelier. Il la remplit en quelques semaines, en septembre et octobre 1844.

Ses études furent résumées dans un volume très-compact, très-rempli de faits qui parut en 1845 sous le titre de *Chemins de fer d'Allemagne*. L'ouvrage donne la description statistique complète du réseau allemand, et pour chaque ligne, le système d'exécution, le tracé, la voie, les stations, le matériel, les frais d'établissement, l'exploitation et le produit de l'exploitation.

Il serait difficile de donner plus de renseignements sous une forme aussi brève; il eût été plus difficile encore de mettre moins de temps pour les recueillir.

C'était, en effet, un trait saillant de l'esprit et du caractère de Le Chatelier, de voir rapidement les choses par lui-même, et d'obtenir promptement la sympathie et la confiance des personnes avec lesquelles il entrait en relation; de manière qu'on ne lui celait rien, et qu'on était au contraire empressé de répondre à toutes ses questions toujours nettes et

bien posées, et même d'aller sur ce point au-devant de ses désirs.

Ces qualités lui furent souvent très-utiles, et c'est à elles, ainsi qu'à son excellente mémoire et à sa remarquable facilité à se représenter, à voir, en quelque sorte, tout ce qu'on lui décrivait, qu'il dut la masse énorme d'informations qu'il avait acquises sur une multitude de sujets, en ne faisant que des déplacements relativement rares et de peu de durée.

En 1846, jugeant, en quelque sorte, son stage terminé, il demanda un congé pour prendre un rôle actif d'ingénieur de chemins de fer.

De 1846 à 1848 il fut successivement chargé d'organiser le service du matériel sur le chemin de fer du Nord, puis l'exploitation et la traction sur le chemin de fer du Centre.

Retiré dans le service du contrôle, sous les ordres de M. Bineau, il fut chargé spécialement du chemin de fer de Paris à Chartres, et contribua à en préparer l'exploitation.

Dans le même temps, selon son habitude constante de mener de front, avec ses occupations principales, des travaux spéciaux d'une espèce ou d'une autre, il fit avec M. E. Godin, l'habile constructeur, des expériences intéressantes sur les locomotives en mouvement.

À ces expériences il en ajouta d'autres qui lui sont exclusivement personnelles, à la suite desquelles il fit paraître la brochure intitulée : *Étude sur la stabilité des machines locomotives en mouvement*, Paris, 1849.

L'objet de cette étude est le suivant :

On sait que dans une machine quelconque en mouvement, les diverses pièces de la machine, indépendamment des forces extérieures qui sont appliquées au système, sont soumises à des réactions mutuelles dues aux forces d'inertie développées sur tous les points matériels dont le mouvement n'est pas actuellement rectiligne et uniforme.

On conçoit que la force d'inertie soit généralement d'au-

tant plus grandé, pour un point matériel donné, que sa masse, sa vitesse et son accélération sont plus grandes. En particulier, dans une locomotive qui circule d'un mouvement uniforme sur une voie, les points matériels qui tournent avec les essieux des roues sont tous animés par une certaine force centrifuge, et toutes ces forces ne s'annulent pas si l'axe de l'essieu n'est pas un axe principal de rotation passant par le centre de gravité; d'un autre côté, les pièces animées d'un mouvement alternatif, comme par exemple le piston et sa tige, réagissent sur le bouton de la bielle qu'ils conduisent, avec une force variant d'intensité et de sens, selon la valeur et la direction de leur accélération actuelle.

Toutes ces forces dues à l'inertie, variables d'un instant à l'autre en direction ou en grandeur, ou à la fois en grandeur et en direction, peuvent être calculées, et l'on reconnaît que dans une locomotive allant à grande vitesse, elles peuvent prendre des valeurs numériques très-comparables aux forces extérieures qui sont en jeu sur la machine.

On conçoit, d'une manière générale, que ces forces, considérées dans leurs composantes horizontales et leurs composantes verticales, puissent donner des couples tendant à produire des oscillations autour de trois axes rectangulaires, l'un vertical, les deux autres horizontaux, l'un parallèle et l'autre transversal à la voie; d'où résultent les mouvements parasites connus sous le nom de mouvement de lacet, de roulis et de galop, ainsi que des pressions variables entre les rails et les jantes des roues.

Le Chatelier a cherché à calculer les contre-poids à fixer sur les roues pour faire disparaître, du moins en partie, les effets de ces forces, au grand avantage de la douceur de marche de la machine, ainsi que de la conservation et de l'uniformité d'usure des roues des machines et des rails de la voie.

L'idée, comme on le voit, était fort simple, et elle s'était

déjà produite antérieurement soit en Allemagne, soit en Angleterre. C'est ce que Le Chatelier prend soin d'indiquer lui-même dans sa brochure. Mais il ne paraît pas que son importance eût attiré jusqu'alors l'attention des ingénieurs. Le Chatelier est le premier en France qui l'a traitée d'une manière étendue et explicite, quoique encore incomplète et peut-être un peu trop élémentaire. Depuis lors, elle a été reprise par diverses personnes, notamment en 1852 par M. Yvon Villarceau (*Théorie de la stabilité des machines locomotives en mouvement*), d'une manière plus complète et avec un appareil scientifique plus rigoureux.

Mais Le Chatelier a eu certainement le mérite de l'initiative en France, et cet autre mérite, essentiel au point de vue pratique, d'être le premier tant en France qu'à l'étranger à poser la question dans des termes et avec les développements propres à fixer l'attention de tous les hommes spéciaux.

Cet effet fut obtenu, non seulement grâce au développement avec lequel il traita la question dans sa brochure, mais aussi grâce à l'influence légitime qui s'attachait déjà à son nom, à l'étendue de ses relations avec les ingénieurs français et étrangers, et enfin à l'action personnelle très-marquée qu'il exerçait toujours sur les personnes avec lesquelles il entraînait en communication sur un sujet donné.

En fait, si la pratique des contre-poids, recommandée par lui, est devenue actuellement universelle, c'est principalement à lui que l'honneur doit en être attribué. Je crois que cette conclusion est généralement admise en France, et elle ne paraît pas l'être moins à l'étranger.

Voici en effet ce que lui écrivait, dès janvier 1852, un ingénieur autrichien des plus distingués, M. d'Engerth : « Bien que M. Haswell, chef des ateliers de construction de Vienne, ait pris en 1847 un brevet d'invention pour la même application, on n'y aurait pas mis

Il a assez d'importance, si l'on n'avait appris par votre ouvrage la grande utilité des contre-poids adaptés aux roues motrices.

C'est donc principalement depuis cette publication que l'on a généralement adopté ladite méthode, et il y a déjà cent treize nouvelles machines sorties des ateliers du chemin de fer de Glognitz, qui font le service sur les diverses lignes de l'Autriche. Plusieurs de ces machines sont employées par le chemin de fer de l'État, et l'expérience a donné les plus heureux résultats; surtout la marche de ces dites machines est d'une régularité parfaite.

Monsieur, nous nous acquittons d'un devoir vivement senti, en vous faisant les remerciements les plus empressés pour la publication de votre estimable ouvrage.

Ce qui précède montre le rôle important que joua Le Chatelier pendant cette première période de trois ans, où il quitta l'administration pour se consacrer au service des compagnies de chemins de fer.

Mais en 1849 Bineau devint ministre des travaux publics, et ce fut Le Chatelier que le nouveau ministre désigna pour le remplacer, dans la direction du contrôle des chemins de fer du Nord, de l'Est et de l'Ouest, dont il cessa d'être chargé.

Le Chatelier fit ainsi fonction d'ingénieur en chef jusqu'au 25 mai 1850, où il fut nommé ingénieur en chef de seconde classe.

En sa qualité d'ingénieur du contrôle, il prit une part importante à la préparation des mesures administratives adoptées pour la prolongation des concessions de chemins de fer, et à l'étude du projet de loi sur les commissions de surveillance administrative.

Il fut nommé en 1852 membre de la commission centrale des machines à vapeur, à laquelle il ne cessa d'appar-

tenir jusqu'à sa mort, et secrétaire du comité consultatif des chemins de fer.

En dehors de ses fonctions courantes d'ingénieur du contrôle, il remplit en 1851, en Angleterre, une mission semblable à celle qu'il avait remplie quelques années auparavant en Allemagne. Les résultats de cette mission sont consignés dans un rapport au ministre des travaux publics, qui fut inséré aux *Annales des mines* (1<sup>re</sup> volume de 1852). Ce rapport contribua essentiellement, entre autres choses, à vulgariser en France l'emploi des échasses, système favorable à la douceur de la locomotion, et par conséquent à la conservation du matériel roulant, ainsi qu'à celle de la voie.

La même année 1851, Le Chatelier publia, en collaboration avec MM. Flachet, Petit et Polonceau, l'ouvrage intitulé : *Guide du mécanicien-chauffeur de locomotives*, qui obtint le plus grand succès, fut considéré comme un ouvrage classique sur la matière et eut une seconde édition en 1859.

Tels furent les travaux de Le Chatelier dans la période qui s'étend de 1849 au 1<sup>er</sup> juin 1855. A cette dernière époque, il quitta de nouveau le service de l'administration, et prit un congé qui devait se prolonger jusqu'au 1<sup>er</sup> octobre 1868.

Toutefois il ne rompit pas absolument toute attache avec l'administration. Il continua, en effet, d'être un membre assidu et autorisé de la commission centrale des machines à vapeur. Si l'on donna en 1856 sa démission de membre du comité consultatif des chemins de fer, il fut bientôt après nommé membre du comité consultatif des arts et manufactures. Il participa en outre, occasionnellement, au travail de diverses commissions spéciales.

Mais en dehors de l'administration, ces treize années, de 1855 à 1868, ouvrirent pour lui une ère nouvelle, dans

laquelle il put enfin donner à ses éminentes facultés tout leur essor.

Indiqué par sa notoriété comme ingénieur, il fut choisi pour être le conseil technique d'une puissante société financière, le Crédit mobilier, dans l'administration de laquelle se trouvaient des hommes éminents qui l'avaient vu à l'œuvre et avaient su l'apprécier de 1846 à 1849, et d'autres qui étaient ses amis personnels.

Pendant treize ans, sans d'ailleurs avoir à s'occuper de la partie financière des opérations, il fut, au point de vue technique, le conseiller écouté d'une société qui se proposait d'entreprendre et qui entreprit en effet, soit par ses propres ressources, soit de concert avec des capitalistes groupés par son initiative, un vaste ensemble d'opérations embrassant en quelque sorte l'Europe entière.

Pour ne parler que des chemins de fer, qui constituent la spécialité dont Le Chatelier eut surtout à s'occuper, il faut citer le chemin de fer du Midi en France, ceux du nord de l'Espagne et de Cordoue à Séville, les chemins de fer de l'État autrichien, et enfin les chemins de fer russes.

La participation de Le Chatelier à ces grandes affaires s'exécuta sous des formes variées. Tantôt, comme pour les chemins de fer autrichiens, il eut d'abord à étudier les bases sur lesquelles la compagnie, formée de capitalistes autrichiens et français, pouvait accepter la cession que lui faisait le gouvernement autrichien, et il devint, après la cession faite, le conseil technique du comité de Paris; tantôt, comme pour le chemin de fer du Midi, il fut, avec M. E. Flachat, le conseil de la compagnie; tantôt, comme avec le nord de l'Espagne, il fut le véritable directeur de l'exploitation, etc.

Quelle que fût la mission, et quel que fût même le nombre de ces missions dont il se trouva simultanément chargé, Le Chatelier se montra toujours à la hauteur de la situation, sut suffire à tout, et on le vit dans la même journée

rédiger un rapport à présenter à une assemblée générale d'actionnaires, et discuter avec un ingénieur du matériel quelque détail minutieux de la construction d'une locomotive. Telles étaient sa puissance de travail, ainsi que la souplesse et l'élasticité de son esprit.

Pendant treize ans, il soutint sans relâche ce lourd fardeau, fournissant chaque jour, sans apparence de fatigue, une somme de travail qui aurait suffi à absorber les facultés de plusieurs hommes moins fortement trempés qu'il ne l'était.

En 1868, toutes ces grandes affaires auxquelles il avait participé étaient terminées; il songea à se retirer du Crédit mobilier et à rentrer dans le corps.

Il y rentra en effet, mais sans reprendre le service ordinaire. Il fut chargé d'une mission scientifique, consistant à étudier les procédés alors usités en France et à l'étranger pour la marche à contre-vapeur des machines locomotives, ainsi que la méthode due à M. Siemens pour la production directe de l'acier en fer fondu sur la sole d'un four à réverbère.

En d'autres termes, il continua, avec une attache officielle, à s'occuper d'études qui, dès longtemps, avaient attiré son attention.

Pour ne parler d'abord que de la contre-vapeur, tous les ingénieurs de chemin de fer connaissent l'importance pratique qu'elle a prise, et tous savent aussi à quelle polémique prolongée a donné lieu la question de priorité, entre Le Chatelier et un autre ingénieur attaché à l'exploitation du chemin de fer du nord de l'Espagne, alors que Le Chatelier en avait la haute direction.

Il ne me paraît pas qu'il soit opportun de revenir ici sur cette polémique, qui a, comme il arrive le plus souvent en pareille matière, laissé le débat au même point qu'à l'origine, en ce sens que chacun des deux adversaires a continué de maintenir sa prétention à la priorité.

Le vœu, entre deux hommes aussi honorablement posés, admettre une égale bonne foi de part et d'autre. Mais, en tous cas, quel qu'il ait pu être le *Papin* de cette nouvelle application de la vapeur dont l'idée a été émise en 1865, on peut bien dire qu'en fait c'est Le Chatelier qui en a été le *Watt*, et le *Watt* entièrement désintéressé. C'est en effet grâce à ses communications que l'idée, qui n'avait pas d'abord bien réussi sur le chemin de fer du nord de l'Espagne, à l'occasion duquel elle s'était produite, s'est promptement répandue sur le réseau français.

Au chemin de la Méditerranée, on arrivait immédiatement à la rendre pratique, et dès le 24 décembre 1866, une note étendue rédigée par M. Marié, ingénieur en chef du matériel et de la traction, en recommandait l'emploi, et son instruction du 12 juin suivant prescrivait dans le plus grand détail toutes les règles à suivre dans cet emploi pour modérer la vitesse des trains.

Au chemin de fer du Midi, le 7 du même mois de décembre, le conseil d'administration autorisait les premiers essais de l'appareil.

Des études du même genre se poursuivaient également sur les lignes d'Orléans par les soins de M. Forquenot, qui arrivait avant la fin de 1868 à la forme définitive sous laquelle le système est appliqué sur cet important réseau.

L'idée de la contre-vapeur est, du reste, très-simple, comme le sont souvent des idées très-fécondes.

De tout temps, on savait qu'en renversant l'admission dans une machine locomotive en marche, les pistons, au lieu de recevoir le travail moteur de la vapeur venant de la chaudière et s'échappant ensuite à la cheminée aspiraient l'air de la cheminée et le refoulaient dans la chaudière, recevant ainsi un travail résistant qui venait, soit sur les pentes en déduction du travail moteur de la gravité, soit quand il fallait ralentir ou arrêter, en atténuation de la demi-force vive possédée par le train. Mais avec ce sys-

tème on avait un prompt échauffement et un grippement des surfaces frottantes, une rapide augmentation de pression dans la chaudière et bientôt la suspension des appareils. Giffard servant à l'alimentation, l'usage du *refoulement* de la distribution était donc peu pratique, jamais pour un long temps ou dans les circonstances normales, mais tout au plus accidentellement, dans quelques cas exceptionnels, par exemple lorsqu'un obstacle inattendu se présentait sur la voie, obligeant le mécanicien à user de toutes ses ressources pour arriver son train le plus promptement possible.

M. de Bergue avait bien proposé, pour éviter une partie des inconvénients signalés plus haut, et aspirer, non pas l'air chaud et souillé de cendres et de suie de la cheminée, mais de l'air pur pris au dehors, et de le refouler, non plus dans la chaudière, mais dans un réservoir d'air maintenu à une pression déterminée.

Cette disposition retardait, mais n'empêchait pas finalement l'échauffement et le grippement, car l'échauffement résultait du seul fait de la compression de l'air frais porté de sa pression atmosphérique ordinaire à une pression de 10 ou 12 atmosphères et plus, comme celle qui il fallait avoir pour opposer aux pistons une résistance suffisante.

L'idée de la contre-vapeur consiste essentiellement à amener, à l'aide de tuyaux munis de robinets, à la base de l'échappement ou dans la boîte du tiroir, un mélange approprié d'eau et de vapeur venant de la chaudière, ou même, plus simplement, de l'eau de la chaudière, qui forme dans le tuyau d'échappement, en revenant à une pression peu supérieure à la pression atmosphérique, le mélange indiqué. Ce mélange doit être, dans l'échappement, en quantité telle, qu'on voit un panache de vapeur humide sortir par le haut de la cheminée. On est alors certain que les pistons aspirent, non de l'air, mais une atmosphère artificielle formée de vapeur saturée, analogue à de l'eau pulvérisée. Des

Après toutes les difficultés disparaissent ; il n'y a plus ni grippement ni éclappement.

D'abord l'influence fâcheuse des cendres sur les surfaces frottantes est écartée. En outre, on doit concevoir que cette eau pulvérisée se vaporise en partie pendant la période d'aspiration, en enlevant de la chaleur aux masses métalliques du cylindre et des organes de la distribution, et que la partie restée liquide serve à lubrifier les surfaces, ou agisse encore, pendant la période de compression, en tempérant l'échauffement que cette compression et les frottements tendent à produire. On peut donc, dans ces conditions, avec de la vapeur en quantité suffisante et suffisamment chargée d'eau, prolonger en quelque sorte indéfiniment l'emploi de la contre-pression.

Il en résulte la possibilité de s'en servir en toute occasion, notamment dans les chemins de fer à profil accidenté, pour descendre les fortes pentes sur une longueur aussi grande qu'on le voudra. C'est un frein très-puissant, toujours prêt à fonctionner, sans les usures qu'entraînent les freins qui fonctionnent par frottement, surtout si l'on va jusqu'à caler les roues.

Tel est, en peu de mots, le système, très-simple en principe, qui est aujourd'hui employé partout, et que les ingénieurs les plus expérimentés regardent comme étant à peu près indispensable (quelques-uns même sont encore plus affirmatifs) pour l'exploitation des tracés accidentés, présentant des pentes prononcées et d'un grand développement en longueur.

C'est ainsi qu'on l'emploie, par exemple, sur les pentes du Cantal (chemin de fer d'Orléans), de la Lozère (chemin de la Méditerranée), du plateau de Lannemezan (chemin de fer du Midi), du Bremser et du Sommering (chemin du sud de l'Autriche), etc. etc.

Outre cet avantage principal et essentiel, le système peut encore, quand les injections se font, comme la pratique

M. Forquenot au chemin d'Orléans, sous la coquille du tiroir, améliorer la marche directe en adoucissant les frottements des tiroirs et pistons, par injection d'eau, ou la marche sur les faibles pentes, à régulateur fermé, par injection de vapeur.

En ce moment le nombre des machines munies des appareils à contre-vapeur, établis d'ailleurs par les divers ingénieurs avec quelques variantes qui ne changent rien au principe, est déjà, pour les six grands réseaux, de 3 627, sur un nombre total de 5 571 machines, et il croît encore rapidement.

On voit, par ce chiffre de 3 627 machines, quel service a été rendu à la grande industrie des chemins de fer par ce dispositif très-simple, qui met aux mains du mécanicien un moyen très-puissant et toujours prêt, pour modérer sa vitesse en toutes circonstances.

Nous croyons que cette opinion sur l'importance de l'invention est universelle ; nous en trouvons la confirmation dans ce fait qu'à la fin de 1871, un congrès des ingénieurs des chemins de fer allemands tenu à Hambourg a recommandé l'appareil à contre-vapeur, comme frein de secours et comme se prêtant parfaitement, soit à régulariser la vitesse des trains sur des longues et fortes rampes, soit à arrêter les trains dans les stations.

Nous en trouvons une nouvelle et plus éclatante confirmation dans le diplôme d'honneur qui vient d'être accordé à M. Le Chatelier, sur le rapport du jury international à l'exposition universelle de Vienne.

Quant à l'autre terme de la mission scientifique donnée en 1868 à M. Le Chatelier, je sais avec quel intérêt il s'en occupait, mais la mort est venue de surprendre avant qu'il eût rien publié sur la matière. Je n'ai donc aucun détail à faire connaître sur ce sujet, me reposant avec confiance sur M. Siemens, qui, au moment opportun, la juste part qui revient dans l'importante question métallurgique qu'il

étude, à un collaborateur digne de lui et dont il savait apprécier la haute valeur. Les détails qui précèdent nous conduisent jusqu'au 16 juin 1872, date de la nomination de Le Châtelier au grade d'inspecteur général. La même date, il prit sa retraite, motivée, non par la fatigue et le besoin de repos, mais par la surdité dont il était affecté et qui lui aurait rendu assez difficile de suivre avec détail nécessaire les délibérations du conseil général des mines, auxquelles son nouveau grade l'appelait à prendre part.

Il renonça donc au service administratif comme il avait renoncé, en 1868, à ses positions industrielles actives. Il se considéra comme arrivé au moment du repos. Mais c'était un repos comme Le Châtelier pouvait en prendre, un repos qui ressemblait singulièrement à ce que beaucoup d'hommes trouveraient une existence fort occupée et fort laborieuse.

Nous ne l'avons vu en effet, jusqu'ici que dans son double rôle, tantôt d'ingénieur du corps des mines, tantôt d'ingénieur de compagnies de fer, et sa carrière entière, depuis son début jusqu'à sa retraite, comprend ainsi cinq périodes successives de 1839 à 1846, de 1846 à 1849, de 1849 à 1855, de 1855 à 1868 et enfin de 1868 à 1872.

Nous avons vu par quels services chacune de ces périodes a été signalée, et nous pouvons bien dire que leur ensemble suffirait à remplir la carrière de plusieurs hommes distingués. Ce ne fut pas tout cependant, et l'on n'aurait qu'une idée incomplète de ses travaux si l'on se bornait aux détails qui précèdent.

En dehors de ces devoirs professionnels, son infatigable activité trouvait encore à s'exercer dans les directions les plus variées, et l'on pourrait dire que dans le cours de sa carrière active, et même depuis sa retraite, il n'est presque aucune question industrielle importante à laquelle il n'ait touché.

Nous ne pourrions, sans allonger outre mesure cette no-

tice, songer à en faire une énumération même à peu près complète, et nous nous bornerons à en citer quelques-unes.

En 1848 et 1849, frappé des inconvénients que présentait surtout pour les trains rapides, l'emploi de combustibles contenant une quantité de cendres au trop grand et trop variable, il fit organiser pour le chemin de fer du Nord, un service régulier de incinérations, tant pour les houilles que pour les coques, et inaugura le système des traités pour fournitures de combustibles, dans lesquels sont stipulées des teneurs normales de cendres avec primes ou amendes par unité de teneurs en moins ou en plus.

Ce système, très-favorable à la régularité du service et très-acceptable pour les compagnies houillères, si les primes sont calculées d'une manière suffisamment large et avec une échelle croissante, est aujourd'hui très-adopté.

En 1856, son attention ayant été éveillée par un événement important de M. Jacquot, il décida des capitalistes de ses amis à se mettre des premiers en ligne pour les recherches par sondages qui s'entreprirent alors sur une grande échelle dans le département de la Moselle, sur le prolongement du bassin houiller de Sarrebrück. Après un sondage heureux, il fit foncer un puits par le procédé Kündt et Chaudron.

Ce fut la première application réussie de ce procédé en France.

Ce puits fut le second par ordre de date qui arriva au charbon, et il est aujourd'hui au premier rang sous le rapport de la production et du bénéfice.

C'est par le même procédé que seront foncés les puits actuellement projetés par la société qui a groupé les principales concessions accordées par le gouvernement français depuis que le pays nous a été cédé à la suite de la malheureuse guerre de 1870.

Il fit faire également, en divers points, soit pour le Crédit mobilier, soit sous ses auspices, tant en France qu'en Espagne et dans le midi de la Russie, des reconnaissances ou

des recherches par sondages qui eurent des succès variés, mais dont quelques-unes eurent pour conséquence la création de houillères d'une certaine importance.

Pourvu de connaissances très-étendues et très-complètes en chimie, quoiqu'il se livrait peu par lui-même aux exercices du laboratoire, il collabora successivement avec un grand nombre de personnes distinguées (MM. H. Sainte-Claire-Deville, Paul Moiré, Jacquemart, Messomier, Brivet, Dony, etc.), et le contingent abondant d'idées neuves et souvent heureuses, qu'il apportait pour sa part dans l'œuvre commune, était fort apprécié de ces divers collaborateurs.

C'est ainsi qu'il concourut à étendre l'emploi et les applications de l'aluminium et du bronze d'aluminium.

C'est ainsi qu'il participa à une série d'études diverses ayant pour objet l'utilisation de la bauxite, espèce de minerai de fer dans lequel une grande partie du peroxyde de fer est remplacée par de l'alumine qui lui est isomorphe.

Cette matière, considérée comme une source abondante d'alumine, peut être utilisée comme matière éminemment réfractaire, ou servir à fabriquer industriellement de l'aluminate de soude, qui traité à son tour par l'acide carbonique, donne de l'alumine pure. De là vint une série de fabrications chimiques nouvelles, et notamment celle de la matière première propre à la fabrication de l'aluminium.

Il en résulta la création d'une industrie spéciale exploitée aujourd'hui en grand avec succès.

C'est encore ainsi que, conduit à s'occuper de la fabrication du sel marin dans le midi de la France, on lui dût les indications les plus utiles sur une quantité de fabrications annexes, notamment sur celle de la potasse extraite des eaux mères des salines, sur celle de la magnésie extraite du chlorure de magnésium, sur la nitrification artificielle par courant d'air forcé, etc., etc.

Ces diverses recherches, et notamment celles qu'il entreprit spécialement avec M. Jacquemart, sur diverses applications

industrielles des sels d'alumine, l'amènèrent à penser que le sulfate d'alumine pourrait être employé à l'épuration des eaux d'égout, et il entrevit là une solution à la grande question que poursuit en ce moment la ville de Paris, celle de se débarrasser des eaux d'égout sans infecter les eaux et les rives de la Seine en aval des points où les égouts collecteurs y versent ces eaux, et subsidiairement en recueillant plus ou moins complètement les matières utiles à l'agriculture que renferment ces eaux.

Dans sa pensée, l'alumine agit en produisant une sorte de collage qui précipite les matières tenues en suspension avec lesquelles elle forme des espèces de *lagues*. Elle précipite en partie l'acide phosphorique, et diverses substances azotées, et par conséquent elle donne à la masse précipitée une valeur réelle comme engrais. La masse liquide qui surnage est limpide, inodore, et bien qu'elle contienne encore des matières organiques, elle ne semble pas apte, probablement par suite de la présence d'un peu de sulfate d'alumine en excès, à subir des décompositions ultérieures, et par conséquent elle peut être, après filtration, envoyée à la rivière sans inconvénient pour la salubrité publique. Telles sont du moins les conclusions qui se déduisent d'une longue suite d'analyses exécutées par M. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées, suivant un programme arrêté entre lui et Le Chatelier.

Une note de Le Chatelier publiée dans les *Annales du génie civil* a fait connaître, avec les détails que comporte un avant-projet, la manière dont il comprenait l'application de son système à la ville de Paris.

En ce moment, la préférence semble acquise à un système plus satisfaisant en principe, en ce qu'il supprime les frais d'épuration et met en jeu la totalité des matières organiques contenues dans les eaux. Il consiste à appliquer directement les eaux d'égout à l'arrosage et à les renvoyer à la rivière après qu'elles ont été débarrassées de leurs

matières organiques par l'action de la végétation, ou par le fait du filtrage à travers de terrain soumis à ce arrosage. On peut bien croire que c'est là en effet la solution finale de la question. Mais il faut craindre d'avant d'y arriver, bien des difficultés de détail. L'arrosage en pleine désert, est-il possible ?

Pour qu'on dispose d'une surface suffisante, la portée des points où seront amenés des eaux ?

Trouvera-t-on tous les propriétaires unanimes à utiliser ces eaux, ou ce qui suppose une transformation complète de leur culture, et probablement une immigration notable sur le territoire à arrosage ?

Que diront des propriétaires non cultivateurs, ceux qui auront des puits pour leurs besoins personnels, etc. ?

Faudra-t-il pour éviter ces difficultés recourir à une expropriation en masse, et les pouvoirs publics y consentiront-ils, et est-ce possible ?

Voilà bien des questions, qui peuvent retarder l'application du système de l'arrosage, et peut-être devra-t-on revenir au système de l'épuration, soit comme mesure provisoire, soit même comme mesure partielle, mais définitive, servant de complément à un système principal dans certaines circonstances données, par exemple lors que la saison ou des pluies prolongées ne permettent pas l'emploi à l'arrosage de la totalité des eaux fournies par les égouts.

Sans prétendre traiter ici plus à fond la question qui est actuellement entre les mains des hommes compétents, on peut penser que le système de Le Chatelier, étudié d'ailleurs avec le soin qu'il méritait de toutes choses, est très rationnel et susceptible d'application utile dans les conditions et sur une échelle données.

C'est ce qui nous a conduit à en dire ici quelques mots.

Nous voyons par ce qui précède que les questions agricoles ne préoccupaient comme les questions de l'industrie manufacturière et de celle des transports.

Il s'en occupait encore d'une autre manière plus directe. Au moment où se construisait le chemin de fer de Bayonne à Bordeaux, prévoyant que l'ouverture de cette ligne à travers les Landes allait vivifier un pays si longtemps déshérité, il acheta en pleine lande un domaine assez étendu, donnant ainsi un des premiers et un exemple qui eut beaucoup d'imitateurs par la suite ; par là il contribua efficacement, pour sa part, à une transformation qui frappa les yeux de toutes les personnes qui circulent sur la ligne et ont autrefois parcouru le pays par la voie de fer.

Il se livra sur ce domaine à des plantations de pins et à des essais de cultures variées, et toujours sur la brèche là où il voyait quelque amélioration possible, il publia, peu de temps avant sa mort, une étude sur les moyens préventifs à employer pour combattre le fléau redoutable auquel sont exposées les plantations du pays, celui de la propagation des incendies.

Récemment aussi il avait acheté de compte à demi avec un de ses amis, à Bordeaux, dans une partie nouvellement desséchée des Landes, une propriété qu'il se proposait, après en avoir achevé l'assainissement, d'amener à un moyen d'engrais dont il était d'avance étudié la nature, en soumettant la terre dont il s'agissait à de nombreuses analyses. Il est mort au moment où ayant complété ses études, il allait mettre la main à l'œuvre. Cette œuvre prise était devenue pour lui, dans les derniers temps, une œuvre de prédilection. Il s'en occupait encore sur les lieux quelques semaines avant sa mort.

Telles ont été les directions nombreuses et variées dans lesquelles s'est exercée l'activité d'esprit de Le Chatelier. Toutes les grandes questions industrielles l'intéressaient. Il n'en était aucune qu'il ne pût aborder, et toutes celles auxquelles il a touché conservent l'imprégnation de sa puissante personnalité.

Mais ce n'est pas tout encore : en dehors de ses occupations principales et de toutes celles qu'il se donnait par

surcroît, Le Chatelier trouvait encore le loisir d'intervenir officieusement dans une foule de questions de toute nature. Ses relations personnelles extrêmement étendues en France et à l'étranger, ses connaissances variées, la confiance qu'inspiraient la justesse et la promptitude de son coup d'œil multipliaient les correspondances et les visites, et la foule était grande de ceux qui venaient lui soumettre un projet, le consulter sur une difficulté, etc.

On était sûr de trouver toujours auprès de lui, non-seulement un accueil bienveillant ou cordial, mais encore quelque indication utile.

Son esprit toujours prêt, toujours libre au milieu des occupations les plus graves, se mettait immédiatement à la question qui lui était soumise; il la saisissait dans son ensemble, en distinguait la portée, en appréciait les difficultés; et aussitôt, grâce à la rare fécondité de son imagination, se développaient devant son interlocuteur les aperçus les plus variés, les rapprochements les plus lumineux, soit sur les applications possibles de quelque procédé nouveau, soit sur les divers moyens qu'il apercevait de vaincre une difficulté donnée.

Ceux qui ne l'ont pas vu dans ces occasions ne connaissent pas un des traits les plus caractéristiques de cet homme éminent à tant d'égards.

Ajouterai-je enfin que chez lui les qualités du cœur étaient à la hauteur de celles de l'intelligence. C'est ce que savent bien les nombreux amis qu'il avait su se faire, dès l'École polytechnique où il en comptait autant que de camarades de promotion, et plus tard dans les nombreuses occasions qu'il a eues, soit en France, soit à l'étranger, d'être en contact avec des hommes en état de l'apprécier.

C'est ce que savent mieux encore ceux qui, comme moi, ont pu pénétrer dans son intimité et le voir au milieu des siens, une fois qu'il avait déposé le fardeau des affaires, et

que, fuyant le monde où il aurait pu trouver l'accueil le plus distingué, il appartenait tout entier à sa famille. Il laisse après lui une veuve inconsolable et six enfants (cinq fils et une fille), auxquels il aurait été si utile, à tous égards, au début de leur carrière, et qui font en lui une perte irréparable.

Mais élevés sous les yeux et par les soins tendres et éclairés d'une femme qui peut être justement regardée comme le parfait modèle de la mère de famille chrétienne, il est permis d'espérer que les fils se montreront dignes de leur père.

On peut bien dire, pour les deux aînés, sortis de l'École polytechnique dans un rang distingué et actuellement élèves-ingénieurs, l'un à l'École des mines, l'autre à l'École des ponts et chaussées, qu'ils donnent déjà plus que des espérances; et il ne reste qu'à demander aux plus jeunes de marcher sur les traces de leurs aînés.

Paris, décembre 1873

ment de la géologie agronomique, des phénomènes actuels et des modifications des roches.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE

LES ANNEES 1871 ET 1872

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

PREMIÈRE PARTIE.

Nous nous proposons de résumer les principaux travaux de géologie qui ont été publiés pendant les années 1871 et 1872.

Les ouvrages français ne seront généralement mentionnés que d'une manière sommaire, notre but étant surtout d'appeler l'attention sur les progrès que la géologie fait à l'étranger.

La classification qui a été suivie dans cette Revue est à peu près celle du *Manuel de géologie* de M. J. Dana, et, comme les années précédentes, elle comprendra cinq parties :

I. PRÉLIMINAIRES.

Etude des agents et des forces qui ont produit des changements géologiques, ainsi que de leur mode d'action.

II. GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.

Etude des roches et de leur gisement. — Roches proprement dites et roches métallifères.

III. GÉOLOGIE HISTORIQUE.

Etude des terrains au point de vue stratigraphique et paléontologique. — Lois du développement des végétaux et des animaux qui vivent pendant la formation de ces terrains.

IV. GÉOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.

Examen des cartes et des descriptions géologiques. — Géologie agronomique.

V. GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

Etude des agents et des forces qui ont produit des changements géologiques, ainsi que de leur mode d'action.

M. Delesse a spécialement traité la deuxième partie, comprenant les roches ou la géologie lithologique ; il s'est occupé égale-

ment de la géologie agronomique, des phénomènes actuels et des modifications des roches.

M. de Lapparent s'est chargé de la troisième partie, comprenant les terrains ou la géologie historique ; il s'est chargé en outre de la stratigraphie systématique.

Quant au reste du travail, il a été fait en commun.

LES ANNEES 1871 ET 1872

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

PREMIÈRE PARTIE.

Nous nous proposons de résumer les principaux travaux de géologie qui ont été publiés pendant les années 1871 et 1872.

Les ouvrages français ne seront généralement mentionnés que d'une manière sommaire, notre but étant surtout d'appeler l'attention sur les progrès que la géologie fait à l'étranger.

Parmi les ouvrages généraux de géologie, nous citerons un livre de M. de Hœchst et de P. Korhny, un traité de M. H. O. Schroter (2) ; l'auteur de ce traité est inspiré des ouvrages classiques de MM. J. Dana et C. F. Naumann. Il est divisé en Géologie physiographique, G. dynamique, G. pétrogénétique, G. architectonique et G. historique.

M. Zittel (3) a terminé son traité élémentaire de géologie, qui contient, sous une forme claire et accessible à tous, un résumé fidèle des diverses évolutions du monde organique, où l'auteur a tenu compte des derniers progrès de la science.

Mentionnons aussi un livre important de M. l'abbé Stoppani (4) sur la dynamique terrestre.

M. Dupaigne a publié un ouvrage intitulé *les Montagnes* qui donne des notions élémentaires de géologie, et il en est de même pour le *Livre de la nature* de M. Fr. Schöedler de Mayence (5).

M. Gotteau a fait paraître, pour la dernière fois, son rapport sur les progrès de la géologie et de la paléontologie en France. On ne peut que regretter la disparition de cet utile travail, dans lequel la *Revue de Géologie* a souvent puisé des renseignements.

- (1) *Allgemeine Erdkunde*. Prag, 1872.
- (2) *Elemente der Geologie*. Leipzig, 1872.
- (3) *Aus der Urzeit*. Munich, 1872.
- (4) *Lehrbuch der Geologie*. Leipzig, 1872.
- (5) Traduction faite par M. Weller sur la 1<sup>re</sup> édition allemande. — Reinwald.

MM. COMPTON et E. PRINODA (1) se sont spécialement occupés de l'étude du sol au point de vue militaire. Leur ouvrage renferme des considérations sur les formes et les apparences extérieures qui sont propres aux différentes espèces de roches.

Sous le titre de *la Guerre et la Géologie*, le colonel Don ANGELO RODRIGUEZ a publié outre, fait paraître un travail dans lequel, à l'exemple de M. ELIE DE BEAUMONT, il a cherché à mettre en relief l'influence que l'orographie, l'hydrographie et la constitution géologique du sol exercent sur les opérations stratégiques. Prenant pour base la carte géologique de la Péninsule par MM. de VERMEIL et COLTOMB, il s'occupe spécialement des différentes guerres que l'Espagne a soutenues depuis l'antiquité jusqu'à notre époque. Puis il traite des dernières guerres de la Prusse contre l'Autriche et contre la France, ainsi que des campagnes les plus mémorables qui ont eu lieu en l'Europe pour théâtre.

On trouvera encore diverses données sur l'orographie et sur l'aspect physique du globe dans les publications géographiques, elles sont d'ailleurs résumées chaque année dans les *Annales* de MM. VIVIEN DE SAINT-MARTIN et BEHN, ainsi que dans les rapports de M. MAURON à la Société de géographie.

Mentionnons enfin M. J. de COSSIGNY (2) qui a publié un résumé sommaire et élémentaire des principales notions acquises sur la terre sur sa constitution actuelle, sur sa chaleur centrale et, en un mot, sur sa géogénie.

On trouvera encore diverses données sur l'orographie et sur l'aspect physique du globe dans les publications géographiques, elles sont d'ailleurs résumées chaque année dans les *Annales* de MM. VIVIEN DE SAINT-MARTIN et BEHN, ainsi que dans les rapports de M. MAURON à la Société de géographie.

M. Deshayes (3) conclut de l'étude des ambliques fossiles que les diverses époques géologiques se groupent en quatre grandes périodes dont aucune n'a d'espèces communes avec les autres. La première de ces périodes comprend les formations paléozoïques. La seconde correspond au trias. La troisième est représentée par les terrains jurassiques et crétacés, qui peut-être devraient être séparés en deux périodes, mais dont la distinction doit être regardée comme douteuse, en raison des travaux récents sur la limite du terrain jurassique et du néocomien. A la quatrième période répondent les terrains tertiaires. L'auteur croit à une interruption brusque des créations de ces périodes, comme si la nature cherchait à renouveler ses forces créatrices et à les

(1) *Die Terrainlehre*. Vienne, 1872.

(2) *Memorial de ingenieros*, 1871.

(3) *Mémoires de la Société historique du Cher*.

(4) *Revue scientifique*, 5 juillet 1873.

appliquer à un plus grand nombre d'êtres, dont quelques-uns s'avancent de plus en plus vers un degré supérieur d'organisation.

Observons toutefois que l'opinion de M. Deshayes sur l'interruption brusque des créations successives, est difficile à concilier avec les travaux, tant de fois analysés dans cette Revue, qui, au fur et à mesure du progrès des explorations géologiques, nous montrent partout des formations de passage venant combler des lacunes admises jusqu'ici sur la foi des premières observations.

Lorsqu'on songe à l'imperfection de nos connaissances relatives à la faune actuelle, on apprécie combien elle doit être plus grande encore pour les faunes des époques antérieures. M. NICHOLSON (4) a présenté sur ce sujet des observations auxquelles il est très-utile pour le géologue d'avoir égard et qui s'accordent d'ailleurs en partie avec celles développées par M. De Bessé dans la *Lithologie du sol*.

Lorsqu'on songe à l'imperfection de nos connaissances relatives à la faune actuelle, on apprécie combien elle doit être plus grande encore pour les faunes des époques antérieures. M. NICHOLSON (4) a présenté sur ce sujet des observations auxquelles il est très-utile pour le géologue d'avoir égard et qui s'accordent d'ailleurs en partie avec celles développées par M. De Bessé dans la *Lithologie du sol*.

Il est nécessaire aussi de tenir compte de l'amincissement des couches, ou plus généralement des variations qu'elles présentent dans leur composition, lors même qu'elles sont synchroniques. Ainsi, par exemple, tandis que les sables et graviers se déposent le long du rivage, les calcaires se forment dans la haute mer; or, les mollusques qui habitent ces régions différentes de la mer n'étaient pas les mêmes, bien qu'appartenant à la même époque.

La disparition subite de certains fossiles est encore bien digne d'attention, car, d'après les études géologiques, M. NICHOLSON pense que les changements dans la vie animale ont eu lieu très-graduellement. Il est remarquable d'ailleurs de voir dans le lias

(1) *Canadian Journal*, décembre 1872.

(2) *Die Terrainlehre*. Vienne, 1872.

(3) *Memorial de ingenieros*, 1871.

(4) *Mémoires de la Société historique du Cher*.

(5) *Revue scientifique*, 5 juillet 1873.

des zones peu épaisses, dont chacune est bien caractérisée par des espèces différentes d'ammonites.

5° Enfin, comme l'observe M. Nicholson, il est un grand nombre de circonstances qui ont amené la destruction des fossiles.

En particulier, dans les couches très-perméables, comme les sables et les graviers, les eaux souterraines qui contiennent de l'acide carbonique ont pu dissoudre les têts calcaires des mollusques.

Le développement du clivage et de la schistosité a aussi déformé les fossiles dans certaines couches; mais c'est surtout de métamorphisme qui, en donnant la structure cristalline à des couches occupant des régions étendues, a contribué à faire disparaître les fossiles.

Le carbonifère inférieur de la Grande-Bretagne offre du reste un exemple remarquable des variations que peuvent présenter des terrains synchroniques.

En effet, comme l'observe M. Alley de Nicholson (1), dans le sud du pays de Galles et dans le centre de l'Angleterre, cet étage est constitué par une grande masse calcaire ayant plus de 500 mètres d'épaisseur dans laquelle on ne rencontre pas une seule intercalation de schiste. Mais lorsqu'on se dirige vers le Nord, plusieurs des couches de calcaire vont en s'amincissant et sont remplacées par du grès ou par des schistes, avec deux ou trois lits minces de combustibles; c'est ce qui a lieu dans le Yorkshire et dans le Westmoreland. Le calcaire carbonifère continue à s'amincir lorsqu'on va encore plus au nord et jusque dans le centre de l'Écosse; les puissantes couches de calcaire constituant le carbonifère inférieur du Derbyshire y sont remplacées par un grand groupe de grès et de schistes contenant des couches épaisses de combustibles exploités, tandis que le calcaire est en quantité relativement insignifiante.

D'après cela, M. A. Nicholson son regard comme probable que la mer dans laquelle s'est déposé le carbonifère inférieur de la Grande-Bretagne, avait une profondeur qui augmentait graduellement du nord vers le sud. La terre ferme et le rivage qui fournissaient les sédiments grossiers devaient donc se trouver dans le nord de l'Écosse, tandis que les parties les plus profondes de l'Océan étaient vers le Derbyshire et le sud du pays de Galles; aussi observons-nous dans ces dernières régions la plus grande épaisseur de calcaire, et, au contraire, la plus faible intercalation de dépôts mécaniques.

(1) *Canadian Journal*, décembre 1872; 389.

des zones peu épaisses, dont chacune est bien caractérisée par des espèces différentes d'ammonites.

5° Enfin, comme l'observe M. Nicholson, il est un grand nombre de circonstances qui ont amené la destruction des fossiles.

En particulier, dans les couches très-perméables, comme les sables et les graviers, les eaux souterraines qui contiennent de l'acide carbonique ont pu dissoudre les têts calcaires des mollusques.

## LITHOLOGIE.

Le développement du clivage et de la schistosité a aussi déformé les fossiles dans certaines couches; mais c'est surtout de métamorphisme qui, en donnant la structure cristalline à des couches occupant des régions étendues, a contribué à faire disparaître les fossiles.

Le carbonifère inférieur de la Grande-Bretagne offre du reste un exemple remarquable des variations que peuvent présenter des terrains synchroniques.

En effet, comme l'observe M. Alley de Nicholson (1), dans le sud du pays de Galles et dans le centre de l'Angleterre, cet étage est constitué par une grande masse calcaire ayant plus de 500 mètres d'épaisseur dans laquelle on ne rencontre pas une seule intercalation de schiste. Mais lorsqu'on se dirige vers le Nord, plusieurs des couches de calcaire vont en s'amincissant et sont remplacées par du grès ou par des schistes, avec deux ou trois lits minces de combustibles; c'est ce qui a lieu dans le Yorkshire et dans le Westmoreland. Le calcaire carbonifère continue à s'amincir lorsqu'on va encore plus au nord et jusque dans le centre de l'Écosse; les puissantes couches de calcaire constituant le carbonifère inférieur du Derbyshire y sont remplacées par un grand groupe de grès et de schistes contenant des couches épaisses de combustibles exploités, tandis que le calcaire est en quantité relativement insignifiante.

D'après cela, M. A. Nicholson son regard comme probable que la mer dans laquelle s'est déposé le carbonifère inférieur de la Grande-Bretagne, avait une profondeur qui augmentait graduellement du nord vers le sud. La terre ferme et le rivage qui fournissaient les sédiments grossiers devaient donc se trouver dans le nord de l'Écosse, tandis que les parties les plus profondes de l'Océan étaient vers le Derbyshire et le sud du pays de Galles; aussi observons-nous dans ces dernières régions la plus grande épaisseur de calcaire, et, au contraire, la plus faible intercalation de dépôts mécaniques.

Le développement du clivage et de la schistosité a aussi déformé les fossiles dans certaines couches; mais c'est surtout de métamorphisme qui, en donnant la structure cristalline à des couches occupant des régions étendues, a contribué à faire disparaître les fossiles.

Le carbonifère inférieur de la Grande-Bretagne offre du reste un exemple remarquable des variations que peuvent présenter des terrains synchroniques.

En effet, comme l'observe M. Alley de Nicholson (1), dans le sud du pays de Galles et dans le centre de l'Angleterre, cet étage est constitué par une grande masse calcaire ayant plus de 500 mètres d'épaisseur dans laquelle on ne rencontre pas une seule intercalation de schiste. Mais lorsqu'on se dirige vers le Nord, plusieurs des couches de calcaire vont en s'amincissant et sont remplacées par du grès ou par des schistes, avec deux ou trois lits minces de combustibles; c'est ce qui a lieu dans le Yorkshire et dans le Westmoreland. Le calcaire carbonifère continue à s'amincir lorsqu'on va encore plus au nord et jusque dans le centre de l'Écosse; les puissantes couches de calcaire constituant le carbonifère inférieur du Derbyshire y sont remplacées par un grand groupe de grès et de schistes contenant des couches épaisses de combustibles exploités, tandis que le calcaire est en quantité relativement insignifiante.

D'après cela, M. A. Nicholson son regard comme probable que la mer dans laquelle s'est déposé le carbonifère inférieur de la Grande-Bretagne, avait une profondeur qui augmentait graduellement du nord vers le sud. La terre ferme et le rivage qui fournissaient les sédiments grossiers devaient donc se trouver dans le nord de l'Écosse, tandis que les parties les plus profondes de l'Océan étaient vers le Derbyshire et le sud du pays de Galles; aussi observons-nous dans ces dernières régions la plus grande épaisseur de calcaire, et, au contraire, la plus faible intercalation de dépôts mécaniques.

Le développement du clivage et de la schistosité a aussi déformé les fossiles dans certaines couches; mais c'est surtout de métamorphisme qui, en donnant la structure cristalline à des couches occupant des régions étendues, a contribué à faire disparaître les fossiles.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873; 449.  
(2) *Philosophical Transactions*, 20 juin 1872.

Le tableau ci-joint fait connaître, pour 16 roches essayées, 1° leur nom; 2° leur densité; 3° la pression (en kilogrammes par centimètre carré) sous laquelle l'écrasement commence; 4° la pression moyenne pendant l'écrasement; 5° la chute du piston qui multipliquait la pression, réduite à ce qu'elle eût été pour un cube de 1 centimètre de côté; 6° la chaleur spécifique de la roche; 7° la température à laquelle s'éleverait un centimètre cube de la roche, si tout le travail dépensé (produit de la chute du piston par la pression) était transformé en chaleur et appliqué à cette roche même.

Les nombres donnés par M. Mallot sont les moyennes de trois expériences, dont les résultats différaient parfois de 20 p. 100.

	1	2	3	4	5	6	7
	mètres.						degrés.
Oolite de Clent	2,372	115	149	0,0070	0,284	24,4	
Oolite de Portland	2,462	219	409	0,0076	0,265	11,6	
Dolomie (Magnesian limestone)	2,571	259	317	0,0072	0,245	14,5	
Graès de Bradford	2,478	278	288	0,0075	0,215	17,7	
Graès de Ayre-Hill (à grain fin)	2,408	51	51	0,0075	0,233	26,5	
Graès de Bramley Hill (à grain fin)	2,506	115	153	0,0072	0,238	17,0	
Calcaire carbonifère du Devon	2,717	320	398	0,0078	0,203	63,2	
Schiste de Comau (Sibirien infer)	2,733	684	878	0,0059	0,248	67,9	
Schiste de Bangor id.	2,859	1,085	1,291	0,0087	0,201	80,1	
Basalte de Rowley-Rag	2,882	1,082	1,038	0,0078	0,204	108,4	
Granite rouge (Dartmoor)	2,652	1,163	1,357	0,0083	0,180	64,6	
Granite gris (Guernesey)	2,858	1,463	2,108	0,0075	0,189	120,6	
Syénite (Mont Sorrel)	2,553	1,398	1,834	0,0082	0,181	101,3	
Granite bleu (Aberdeen)	2,707	1,408	1,568	0,0071	0,215	66,2	
Granite gris id.	2,678	1,180	1,562	0,0080	0,196	86,8	
Porphyre (Inverary)	2,594	1,830	2,168	0,0081	0,186	110,5	

Antérieurement à ces expériences M. Mallot avait soumis des quartzites et des schistes à des pressions de 84 kilogrammes par centimètre carré sans dépasser leur limite d'élasticité et obtenu des contractions de 0,15 pour le quartz et 0,045 pour le schiste.

**Contraction des roches par la chaleur.**

Par des expériences analogues à celles de M. Fizeau, M. Pfaff (1) a déterminé la dilatation linéaire de quelques roches chauffées à la température rouge. Cette température qui s'obtient à l'aide d'une lampe à gaz peut s'estimer à 1,200 ou plus exactement à 1,180°. La dilatation entre la température ordinaire et la température rouge était 0,0168 pour le granite du Fichtelgebirge.

(1) Jahresbericht der Chemie, Al. Naumann: 1869; 1287.  
 (2) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, XXIV, 1872.

pour le porphyre rouge du Tyrol; 0,0150 pour le basalte d'Auvergne. On voit donc que la dilatation du basalte reste notablement inférieure à celle du granite dont elle n'atteint pas les trois quarts.

Rémarquons à ce sujet que les filons puissants de granite ne présentent habituellement aucune trace d'une pareille dilatation; par conséquent il est naturel d'en conclure qu'ils ne se sont pas formés à une température aussi élevée que le rouge.

**Solubilité des roches dans l'eau.**

Des recherches ont été faites par M. A. Gossa (2) sur la solubilité des roches dans l'eau.

Pour différentes espèces de calcaires et de dolomies, la proportion dissoute par 1,000 parties d'eau saturée d'acide carbonique a varié de 0,57 à 1,23, suivant l'état physique, la température et la pression.

Dans les roches silicatées, l'essai avait lieu en faisant digérer les roches réduites en poudre, avec 25 fois leur poids d'eau à la température de 100°, ensuite on filtrait et l'on pesait le résidu de l'évaporation. Ce dernier contenait quelquefois un peu de lithine; c'est particulièrement ce qui a été constaté pour le granite de Bavend, pour un gneiss du Frioul, pour le trachyte du mont Choisy et pour un basalte des anonts Eugangens.

**Dénomination des roches mesurées d'après la finesse de leur grain.**

Pour donner plus de précision au classement des roches mesurées, M. Orth propose d'adopter l'échelle suivante dans laquelle chaque dénomination se trouve placée en regard de la grosseur du grain correspondant.

Sable fin ou pulvérisé	0,05 à 0,25 millimètres.
Sable moyen	0,25 à 0,50
Sable grossier	0,5 à 1,0
Sable très-grossier	1,0 à 3
Gravier	3 et au delà.

**Étude microscopique des roches.**

Dans ces dernières années de nombreuses recherches ont été faites sur les minéraux à l'aide du microscope; il suffira d'appeler celles de MM. Zirkel, Vogelsang, Des Cloizeaux, H. C. Cotton, Sorby, de Kobell, Tschermak, von Rath, Borscky (1).

(1) Jahresbericht der Chemie, Al. Naumann: 1869; 1287.  
 (2) Delesse. Recherches sur les roches volcaniques.



microscopique de quatre minéraux : l'anorthite, l'hornblende verte auquel elle doit sa couleur, le quartz hyalin et enfin le fer oxydé. M. Zirkel pense, d'après cela, que la Bytownite n'est pas un minéral simple, mais bien une roche que sa composition minéralogique rapprocherait de la diorite orbiculaire de Corse (1).

#### Importance des organismes microscopiques.

M. C. W. Guembel (2) a calculé que la marne éocène des Alpes de la Bavière, qui est désignée par les mineurs sous le nom de *Stockletten*, contient, par mètre cube, 5 milliards de foraminifères et 800 billions de coccolithes. Ces chiffres sont bien propres à montrer la grande importance des organismes microscopiques, particulièrement dans la formation des couches calcaires.

#### Sel marin dans les roches.

L'analyse a constaté l'existence du sel marin dans un grand nombre de roches soit volcaniques, soit plutoniques; d'un autre côté, les eaux pluviales contenant du sel marin, on conçoit qu'elles puissent aussi en introduire dans ces roches (3).

Récemment, M. Isidore Pierre (4), a dosé le sel marin se trouvant dans une terre végétale du Calvados qui n'avait pas été fumée depuis trois ans : or, dans 1 hectare, il en a obtenu 200 kilogrammes pour la profondeur de 0<sup>m</sup> à 0<sup>m</sup>,20 et 1.400 kilogrammes pour la profondeur de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,40; c'est en tout 1.600 kilogrammes par hectare dans une couche de 0<sup>m</sup>,40, et l'on voit que la proportion en est forte.

Il convient d'observer du reste que, d'après M. I. Pierre, aux environs de Caen, les pluies n'apportent pas moins de 49 kilogrammes de sel par hectare pendant une année.

#### Salpêtre dans les roches.

Du salpêtre se rencontre souvent dans les roches mélangées de matières organiques azotées, particulièrement lorsque ces roches sont calcaires.

Un tuf calcaire de Hombourg, sur le Main, montre dans ses cavités des cristaux de salpêtre qui se distinguent très-bien; il est d'ailleurs très-poreux et contient un grand nombre de débris de mollusques et de plantes qui expliquent la formation du salpêtre

(1) Delesse. *Annales de physique et de chimie*, [3] XXIV.  
 (2) *Neues Jahrbuch*, 1873; 299.  
 (3) Delesse. *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre*. — *Annales des mines de 1860*.  
 (4) *Association scientifique de France*, 1873.

aux dépens de leur azote. Des essais faits au laboratoire de chimie agricole de Würzburg (1) ont appris que ce tuf calcaire de Hombourg contient 2,70 p. 100 de substances solubles dans l'eau dans lesquelles on a trouvé, 8,720 de salpêtre, 12,59 de sulfate de magnésie, 5,14 de gypse et 1,98 d'eau avec des matières organiques.

A Folx-les-Caves, en Belgique, on sait qu'un calcaire crétacé poreux est également très-riche en salpêtre, ce qui le fait rechercher pour le marnage des terres (2).

#### Matières organiques azotées dans les roches.

M. Forster (3) a indiqué la présence d'une matière organique azotée dans le quartz, enfumé et dans la topaze; c'est une confirmation des recherches qui ont été publiées depuis longtemps sur le même sujet (4).

#### CLASSIFICATION DES ROCHES.

M. H. Vogelsang (5) s'est occupé de la classification des roches silicatées; mettant à profit les nombreuses analyses de ces roches qui ont été faites jusqu'à présent, il a utilisé aussi des recherches microscopiques auxquelles elles ont donné lieu dans ces dernières années.

Les roches qui sont en grandes masses et constituent essentiellement l'écorce terrestre, réclament évidemment toute l'attention du géologue, tandis qu'il n'y a pas d'inconvénient à reléguer au second plan ou même à négliger complètement celles qui sont rares et doivent, par cela même, être considérées comme des accidents minéralogiques; telles sont le Greisen, l'Eklogite, le Topazfels, le Gneiss à dichroïte, la Lherzolith, l'Épidotite, la Grenatite. M. Vogelsang attache d'ailleurs beaucoup d'importance à l'âge des roches, si non pour les genres, au moins pour les espèces, qui, comme l'a observé M. Justus Roth, peuvent être utilement groupées d'après leurs gisements géologiques ou même simplement d'après les régions géographiques auxquelles elles appartiennent.

(1) *Fr. Nies, Neues Jahrbuch*, 1873; 551.  
 (2) *Revue de géologie*, VII, 35.  
 (3) *Mittheil. Bern*, 1871.  
 (4) Delesse. *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre*. — *Annales des mines de 1860*.  
 (5) *Deutsche geol. Gesellschaft*, XXIV, 507.

Dans sa classification, M. Vogelsang établit d'abord des types puis des genres et ensuite des espèces. Il distingue parmi les minéraux :

1° Ceux de premier ordre qui sont typiques, c'est-à-dire caractéristiques, et qui continuent à se montrer lors même que les autres disparaissent ;

2° Ceux de deuxième ordre qui sont habituellement abondants, mais non essentiels ;

3° Ceux de troisième ordre qui, moins abondants que les précédents, sont des minéraux accessoires encore très répandus ;

4° Ceux de quatrième ordre qui sont également accessoires, et de plus peu abondants ou bien limités à un petit nombre de gisements ; tels sont notamment les minéraux de contact et de filons.

M. Vogelsang donne le nom de *Viridite* à la substance que, dans nos recherches sur les roches, nous avons indiquée être une sorte de *terre verte* ; c'est elle qui colore en vert les porphyres, les mélaphyres, les ophites, les basaltes, et en général des roches à base de feldspath anorthose ; c'est un hydro-sulfate contenant du fer, de la magnésie, de l'alumine et aussi des alcalis, qui se laisse complètement attaquer par l'acide chlorhydrique, et qui, par conséquent, ne saurait être considéré comme de l'augite ou de l'amphibole.

M. Vogelsang donne, d'une manière générale, le nom d'*opacite* à toutes les parcelles opaques et noires, bien visibles sous le microscope, mais ne pouvant pas toujours être déterminées avec sûreté ; elles sont composées de fer oxydulé, de fer titané ou même d'autres minéraux.

En outre, il désigne sous le nom spécial de *ferrite* l'ensemble des oxydes et des hydroxydes de fer, distinction qui est assez difficile à comprendre ; car, bien que ces oxydes soient quelquefois en proportions assez variables dans les roches, ils en font cependant essentiellement partie au même titre que toutes les autres substances.

Dans le tableau suivant de la composition des roches, M. Vogelsang ne tient compte de ces oxydes que pour le type basaltique, bien qu'ils jouent encore un rôle important dans le type basique et qu'ils se retrouvent aussi dans le type granitique.

SiO <sub>2</sub>	60.00
Alcalis	12.00
MgO	6.00
CaO	4.00
FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50
Rapports d'oxygène	0.50
Poids spécifique	2.70

TYPE.	I. GRANITIQUE.	II. SYENITIQUE.	III. GÉOCLINIQUE.	IV. AMPHIBOLIQUE.	V. BASALTIQUE.	VI. BASIQUE.
Composition minéralogique.	1. Quartz, Orthose. 2. Hornblende. 3. Anorthose.	1. Orthose. 2. Amphibole. 3. Calcé. 4. Quartz.	1. Orthose. 2. Amphibole. 3. Augite, Mica. 4. Fer oxydulé.	1. Anorthose. 2. Hornblende. 3. Fer oxydulé. 4. Orthose.	1. Amphibole. 2. Hornblende, Mica. 3. Fer oxydulé. 4. Nephéline.	1. Amphibole. 2. Augite, Fer oxydulé, Anorthose, Hornblende. 3. Viridite, Mica, Péridot. 4. Sagidine.
SiO <sub>2</sub>	60.00	65.00	60.00	62.00	60.00	58.00
Alcalis	12.00	4.00	1.00	3.00	1.00	0.50
MgO	6.00	4.00	1.00	3.00	1.00	0.50
CaO	4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Rapports d'oxygène	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Poids spécifique	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70

Dans chacun des types définis par le tableau précédent, M. Vogelsang établit ensuite deux divisions principales qui sont basées sur la structure et sur le développement des diverses parties :

- A Les *Granomérites* ou roches entièrement cristallines, dans lesquelles il n'y a pas de pâte.
- B Les *Porphyres* ou roches formées de pâte, enveloppant des cristaux.  
Dans ces dernières, on pourrait encore distinguer :
  - a Les *Granophyres* dont la pâte présente un mélange de cristaux microscopiques, en sorte qu'il ne reste presque pas de magma.
  - b Les *Felsophyres* dont la pâte consiste surtout en un magma felsitique.
  - c Les *Vitrophyres* dont la pâte est un magma vitreux.

Quand les porphyres sont presque entièrement composés de pâte, ils ont été désignés d'une manière générale sous le nom de *Porphyrites*.

Voici du reste le résumé de la classification que M. Vogelsang a proposée pour les roches silicatées :

Opacitisme Basilite Porphyre Granite Gneiss Gneiss amphibolique Gneiss amphibolique Granulite	Résumé géologique Basilite Porphyre Granite Gneiss Gneiss amphibolique Gneiss amphibolique Granulite	Opacitisme Basilite Porphyre Granite Gneiss Gneiss amphibolique Gneiss amphibolique Granulite	Résumé géologique Basilite Porphyre Granite Gneiss Gneiss amphibolique Gneiss amphibolique Granulite
--	---	--	---

Dans M. Vogelsang établit ensuite deux divisions principales qui sont basées sur le développement des diverses parties :

- A Les *Granomérites* ou roches entièrement cristallines, dans lesquelles il n'y a pas de pâte.
- B Les *Porphyres* ou roches formées de pâte, enveloppant des cristaux.  
Dans ces dernières, on pourrait encore distinguer :
  - a Les *Granophyres* dont la pâte présente un mélange de cristaux microscopiques, en sorte qu'il ne reste presque pas de magma.
  - b Les *Felsophyres* dont la pâte consiste surtout en un magma felsitique.
  - c Les *Vitrophyres* dont la pâte est un magma vitreux.

Quand les porphyres sont presque entièrement composés de pâte, ils ont été désignés d'une manière générale sous le nom de *Porphyrites*.

Voici du reste le résumé de la classification que M. Vogelsang a proposée pour les roches silicatées :

I. T. GRANITIQUE. (Granite, Gneiss, Granite amphibolique, Gneiss amphibolique, Gneiss amphibolique, Granulite)	II. T. SYÉNITIQUE. Syénite, Syénite gneissique, Syénite micacée, Syénite micacée et gneissique.	III. T. PHONOLITHIQUE. Miascite (Foyaité), Miascite zirconienne (syénite zirconienne), Diorite (Miascite à soignée), Diorite orbiculaire de Corse.	IV. T. DIORITIQUE. Diorite, Diorite micacée, Diorite quartzifère (Tonaité), Diorite orbiculaire de Corse.	V. T. BASALTIQUE. Gabbro à bronzite (Gabbro), Diabase (Grunsteing et gabbros à augite), Diabase à anorthite (Leukrite).	VI. T. BASALTE (Résumé). Néphéline.
a. P. granitiques anciens, P. quartzifère, P. felsite (Liparite, Petrosiles, Halletina), Néphéline granitique.	a. P. Syénitiques anciens, P. syénitique et micacée (Minette), Kurite syénitique, Réimite syénitique.	a. Dioritiques anciens, P. Dioritiques micacés, P. dioritiques quartzifères.	a. Dioritiques anciens, P. Dioritiques micacés, P. dioritiques quartzifères.	a. P. basaltiques anciens, P. basaltiques à base de Diabase, P. basaltiques à base de Diabase, P. basaltiques à base de Diabase, P. basaltiques à base de Diabase.	b. Porphyres à base de Néphéline, Porphyres à base de Néphéline, Porphyres à base de Néphéline, Porphyres à base de Néphéline.
b. P. Granitiques récents, P. quartzifère (Rhyolite, Liparite), Perlite, Obsidienne.	b. P. syénitiques récents, Trachyte avec sanidine, Trachyte syénitique, Réimite trachytique, Obsidienne syénitique.	b. P. phonolithiques récents, Phonolithe (Ph. à néphéline), Phonolithe à hauyne (Ph. à noscam).	b. P. dioritiques récents, Trachyte dioritique (Grunsteing trachytique), Andésite à hornblende (Trachyte de Volkenburg), Andésite quartzifère (Dactite).	b. P. basaltiques récents, P. basaltiques à base de Diabase, P. basaltiques à base de Diabase, P. basaltiques à base de Diabase, P. basaltiques à base de Diabase.	b. Porphyrites à base de Néphéline, Porphyrites à base de Néphéline, Porphyrites à base de Néphéline, Porphyrites à base de Néphéline.

—Voici encore le tableau résumant la classification que M. Her-



Quant au Grunstein-trachyte, M. Szabb attribue sa couleur verte et les minerais qu'il renferme à des exhaissions hydratées et sulfureuses; or, la couleur verte se retrouve aussi dans le phonolithe et dans le basalte, c'est-à-dire dans des roches éruptives qui ne paraissent pas avoir été altérées.

Enfin, bien que l'alunite et l'hydroquinite soient associées au trachyte dans lequel on les voit même s'enchevêtrer de la manière la plus intime, bien que ces roches résultent vraisemblablement de sa pénétration par des vapeurs sulfureuses ou par de la silice, elles diffèrent si complètement du trachyte par leur composition minéralogique, qu'elles ne sauraient guère trouver place dans une classification de cette roche.

### ROCHES.

Donnons maintenant la description des différentes espèces de roches en insistant plus particulièrement sur les travaux qui font connaître leur composition minéralogique et chimique.

#### Roches carbonées.

**GAZ.**  
**SAINT-MICHEL.** — D'après diverses recherches de MM. Ch. Saint-Eclair-Deville, Janssen et Fouquet (1), les gaz qui se dégagent des Caldéras de Saint-Michel aux Açores, et qui ont une température de 98°, contiennent de fortes proportions d'acides carbonique et sulfhydrique, mais extrêmement peu d'azote et pas du tout de gaz combustibles hydrogènes. Ces émanations gazeuses se rapprochent de celles des solfatares de Pouzzoles et de Vulcano.

#### Gaz inflammables.

**ITALIE.** — D'après MM. Fouquet et Gorceix (2) qui ont étudié les gaz inflammables des Apennins et des lagonis de la Toscane, on peut les diviser en quatre classes :

- 1° Le gaz de Sassuno, caractérisé par l'hydrogène d'éthyle;
- 2° Tous les gaz, comme celui de Porretta, qui renferment plus de 1,80 p. 100 d'acide carbonique;
- 3° Les gaz contenant plus de 5 p. 100 d'azote : Porretta, Fossodei Bagni, San Martino, San Venanzio;

(1) Comptes rendus, t. 55, 115.  
 (2) Annales des sciences géologiques, II.

4° Les gaz dans lesquels domine le gaz des marais : Barigazzo, Monte Creto, Sassuolo, Salvarola, Bergullo, Riglo, Pietra Mala, Gaggio.

Tous appartiennent à une même famille caractérisée par la prédominance du gaz le moins chargé, le gaz des marais. Ils renferment souvent des vapeurs de carbures liquides appartenant à la série  $C^m H^{2m-2}$ ; ils sont en relation intime avec les gaz combustibles des puits de pétrole américains, mais ils sont moins carburés (1). Relativement aux recherches de pétrole, Sassuno paraît être la seule localité où l'on puisse espérer le succès.

Les gaz des Apennins sont groupés suivant deux lignes sensiblement parallèles à l'axe de ces montagnes, qui courent au milieu des argiles et des marnes subapennines.

Les Soffioni de la Toscane jalonnent une ligne NNO.-SSE., parallèle à l'axe des Alpes-Apuéennes et dont le prolongement passe par les volcans du Latium et par le Vésuve.

#### Pétrole.

**PUNJAB.** — M. B. S. Lyman (2) a fait une exploration de la région du Punjab (Inde), dans laquelle on trouve du pétrole.

Ce dernier a une couleur vert foncé et marque jusqu'à 25° de l'aréomètre de Beaumé. Dans un puits creusé à Gunda, du pétrole a été obtenu, mais son débit a diminué rapidement. Dans quelques autres endroits, il vient naturellement à la surface du sol et quelquefois il y produit de l'asphalte en se desséchant.

Le pétrole du Punjab se rencontre habituellement dans des roches tertiaires éocènes, qui sont même en partie nummulitiques; toutefois, à Abuggad, il sort de roches qui paraissent appartenir au carbonifère.

M. Lyman n'admet pas que ce pétrole du Punjab soit arrivé par émanation ou par distillation, ni même qu'il ait passé d'une roche dans une autre. Il explique sa formation par une décomposition lente des matières organiques qui se sont déposées avec les roches dans lesquelles on le trouve.

Dans cette dernière hypothèse, il est cependant difficile d'expliquer comment, dans une même région, il se montre dans des roches d'âges très-différents; d'un autre côté, on sait que le pétrole peut très-bien accompagner des eaux minérales et même avoir une origine volcanique.

(1) Revue de géologie, IX, 17.

(2) Ann. Philos. Society, XV, 3. — Am. Journal, 1872, III, 392.

**SAINTE-DOMINGUE.** — M. W. M. Gabb (1) a signalé une source naturelle de pétrole au nord de la ville d'Azua, à l'île Saint-Domingue. Elle se fait jour avec de l'eau, à travers des grâviers, en donnant lieu à un dépôt d'asphalte.

**Ambre.**

A Incheville, hameau de Mortagne (Seine inférieure), M. V. Arambault a observé un petit gisement d'ambre à la partie supérieure de la grès plastique.

L'ambre de Sicile contient une feuille d'un laurier nommé, par M. G. Deppert (2), *Laurus gemelliflora*, toutefois ce laurier diffère de celui qui a été observé par MM. Melchior et Zuccarini dans l'ambre de la Banque et retrouvée depuis dans les lignites du Rhin.

**Fichtelite.**

M. J. W. Mallet a constaté que le pinus australis, arbre résineux de l'Alabama, sécrète une résine qui est soluble dans l'alcool et fusible à 45°. Elle contient environ 22 p. 100 de carbone et 12 d'hydrogène. Sa composition C<sup>5</sup>H<sup>8</sup>, ainsi que ses propriétés, montrent son identité avec la *Fichtelite* de Bromeis et de Clark, qu'on ne connaissait jusqu'à présent qu'à l'état fossile.

**Bois fossile.**

**TOSCANE.** — Dans une étude sur la Toscane, M. d'Achiardi (3) donne la composition élémentaire de bois fossiles (*Piagno*) qui ont conservé la couleur ainsi que la structure du bois et qui appartiennent à des dépôts compris entre le pliocène et l'époque actuelle :

A de hauteur de 1 mètre, C de Viterbe, densité de 0,36  
B de Barberino de Mugello, densité de 0,36

	C	H	O	Cendres.	Summe
A	55,36	5,66	30,83	2,25	94,10
B	57,27	5,23	32,15	2,15	97,80
C	50,23	5,53	32,22	1,18	100,0

**Lignite.**

**TOSCANE.** — Des analyses du lignite miocène de la Toscane ont encore été faites par M. d'Achiardi (4) :

	A de Caniparola.	C de Frontignano; densité = 1,40.
B	de Sarzanello; densité = 1,40.	

(1) *American Journal*, 1872, III, 481.  
 (2) *Compt. rend. Acad. Sci. Paris*, 1872, LXXV, 117.  
 (3) *R. Comitato Geologico d'Italia*, 1872, 293.  
 (4) *R. Comitato Geologico d'Italia*, 1872, 293.

	C	H	O	Cendres.	Summe
A	61,62	5,87	26,41	2,10	96,00
B	63,54	5,55	27,75	2,16	99,00
C	61,56	5,55	30,62	1,00	100,0

Ces lignites sont de bonne qualité et exploités pour l'industrie.

**ANPÔ.** — Depuis quelques années, des combustibles jurassiens ont été observés dans les îles Loffoden. On a constaté qu'ils forment des couches dans des grès qui, d'après leurs fossiles, appartiennent à l'étage de l'argile d'Oxford. Un puits de 120 mètres, percé dans l'île d'Anpô, a rencontré sept de ces couches, dont la plus puissante a seulement 0,55 d'épaisseur. Dans l'intervalle, il y a plusieurs couches de schistes charbonneux dont l'épaisseur va jusqu'à 6 mètres. Voici, en défalquant les cendres dont la proportion est très-forte, quels sont les résultats des essais pour le charbon (P) et pour le schiste (II) :

	Densité.	C	H	O	Cendres.
P	1,27	72,45	5,85	18,70	3,00
II	1,27	72,45	5,85	18,70	3,00

Les couches charbonneuses d'Anpô sont, comme on voit, très impures, et jusqu'à présent on n'a pu les utiliser que pour la fabrication du gaz d'éclairage et de la paraffine (1).

Il est facile de comprendre la grande importance qu'auraient pour ces régions de l'extrême nord, des gîtes de combustibles qui seraient exploitables; d'un autre côté, la rencontre du terrain jurassien en Norvège et jusque sous la latitude élevée des îles Loffoden, est une découverte géologique très-intéressante, qu'il convient de rapprocher de la découverte de ce même terrain faite récemment par M. Judd sur la côte orientale de l'Écosse.

**BOHÈME.** — M. W. F. Gintl (2) a donné l'analyse de quelques lignites de la Bohême. L'eau était déterminée en chauffant le lignite à 150° dans un courant d'acide carbonique.

	A Lignite de Chodau.	B Lignite de la mine Antonius dans la vallée de Davidl.	C Id. de Haberspirk.	D Id. de Boden.	E Id. de Muntshof.	F Id. brun de Reichenau.	G Id. noir de Reichenau.

(1) *Marcel Bertrand, ingénieur des mines, Le Journal de voyage en Norvège*, 1872.  
 (2) *Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt*, 1872, III, 117.

	Substances organiques p. 100 de lignite desséché à l'air	HO	Cendres.	C	H
A	74,3	19,5	6,2	68,1	5,5
B	61,6	35,1	3,3	71,0	5,2
C	68,6	28,5	2,9	75,7	6,8
D	64,9	29,8	5,5	69,2	6,4
E	74,0	18,9	7,2	66,9	6,5
F	70,5	25,6	3,8	82,2	7,7
G	80,0	12,6	7,4	77,8	8,3

STEYERDORF. — Le charbon liasique de Steyerdorf, dans le Banat, présente cinq couches, dont l'épaisseur varie de 1,5 à 4 mètres; ces dernières sont intercalées dans les grès micacés et schisteux, qui se trouvent à la base du lias. C'est un des meilleurs combustibles de toute la Monarchie autrichienne; par sa faible teneur en cendres et par son haut pouvoir calorifique, il se rapproche même des bonnes houilles du continent et de l'Angleterre; la possibilité de le convertir en coke le rend d'ailleurs précieux pour l'industrie métallurgique du Banat.

Voici le résultat d'essais sur des échantillons de ce charbon liasique, qui ont été pris sur divers points de l'exploitation et dans la couche dite principale, atteignant une épaisseur de 5 mètres :

	Puits Colonne.	Puits Kibécl.	Puits Gustav.
Eau . . . . .	2,10	1,10	1,70
Coke . . . . .	59,72	45,52	64,61
Parties volatiles . . . . .	30,86	38,76	31,48
Cendres . . . . .	7,26	14,67	2,21
Plomb réduit par 1 de charbon . . . . .	22,086	18,304	24,561
Pouvoir calorifique . . . . .	4,977	4,129	55,44

La production totale annuelle est d'environ 170.000 tonnes; elle atteindra bientôt et même dépassera 200.000 tonnes.

Au-dessus du grès liasique avec charbon, il existe des schistes argileux, noirs et bitumineux, qui appartiennent encore au lias et qui contiennent du fer carbonaté lithoïde, se montrant soit en rognons, soit en couches. Ce minerai de fer est également exploité et sa richesse moyenne s'élève environ à 38 pour 100 (4).

LOTA. — Le lignite de Lota (Chili) décrit par MM. Mallard et Fuchs (5) a également été exploré par M. le professeur Louis Agassiz (3), qui le considère comme incontestablement crétacé,

(1) A. de Grossouvre, ingénieur des mines, Mémoires sur les houillères du Banat, 1872.  
 (2) Annales des mines, 1872.  
 (3) American Journal, 1872, t. 1, p. 143.  
 (4) The Coal-Fields of Great-Britain, etc., 1873, 3<sup>e</sup> édition, Londres.

car il est recouvert par des couches contenant des baculites. Il est possible, du reste, qu'il y ait à la fois des lignites crétacés et tertiaires sur cette côte du Chili.

**Gaz contenus dans les combustibles.**

Des recherches sur les gaz renfermés dans les combustibles ont été faites par M. E. von Meyer (1). Ces gaz sont analogues au grisou, mais on y trouve une proportion plus grande d'azote.

Dans une même couche de combustibles, ils présentent quelquefois des différences marquées; d'un autre côté, ils peuvent être les mêmes dans des combustibles d'âges différents. Du reste, les charbons frais renferment plus de gaz que ceux qui sont altérés.

**Rapport entre le soufre et le fer dans les combustibles.**

MM. von Meyer et Andrews ont fait voir, en analysant des charbons de l'Ohio, que leur soufre est dans une proportion supérieure à celle de 55, 55 pour 100, qui correspond à la pyrite de fer FeS<sub>2</sub> (2). Depuis, M. Rush Emery (5) a entrepris des recherches analogues sur les charbons d'Iowa. Il traitait d'abord ces charbons pulvérisés par de l'eau acidulée avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique, de manière à enlever les sels solubles de fer et de chaux; puis il dosait le fer et le soufre dans le résidu. M. Rush Emery a constaté ainsi que le soufre se trouve dans une proportion tantôt égale, tantôt supérieure à celle de la pyrite de fer; quelquefois même il est dans une proportion moindre.

**Production et avenir des combustibles.**

ROYAUME-UNI. — M. Édouard Hull (4) a résumé les principaux faits connus sur le terrain houiller du Royaume-Uni, en utilisant les résultats de l'enquête récente prescrite par le Parlement Anglais.

Dans le Royaume-Uni, la richesse houillère actuellement reconnue s'élève à 56.275 millions de tonnes.

Celle qui est recouverte par le permien et par le grès bigarré peut être estimée à 140.186 millions de tonnes.

Soit en tout 196.461 millions de tonnes. La profondeur maximum à laquelle les exploitations sont regardées

(1) Neues Jahrbuch, 1873, 323.  
 (2) Revue de géologie, X, 26.  
 (3) American Journal [3], III, 34.  
 (4) The Coal-Fields of Great-Britain, etc., 1873, 3<sup>e</sup> édition, Londres.

dées, comme possible, est estimée à 7,560 mètres à cause de l'accroissement de la température et des difficultés de la descente ainsi que de la ventilation. Il est à regretter que ces derniers temps.

Si l'on prenait pour base la quantité de houille exploitée en 1870, le Royaume-Uni en aurait encore pour environ 9,260 ans.

FRANCE. — D'un autre côté, un ouvrage publié par M. de la Rive (4) contient de nombreux documents sur les combustibles minéraux.

La production et le mouvement des houilles sont spécialement étudiés pour l'Angleterre et pour la France.

Les progrès toujours croissants de la consommation exigent du reste qu'on se préoccupe dans notre pays, non seulement de la production actuelle, mais encore des ressources pour l'avenir. Il y aurait donc un très grand intérêt à évaluer, par une enquête sérieuse, la richesse des bassins houillers de la France qui sont actuellement connus; il conviendrait en outre de rechercher, à l'aide de la science et en recourant au besoin à des sondages s'il ne serait pas possible de tenter l'exploitation de nouveaux bassins.

Nous signalerons particulièrement, dans l'ouvrage de M. de la Rive, un résumé des nombreuses analyses qui ont été faites sur les principaux types de houilles provenant des bassins français, anglais, belges, allemands, autrichiens, américains et de tous les points du globe.

On y trouvera aussi un grand nombre d'essais nouveaux de houilles, qui sont dus à M. de Fontenay.

**Diamant.**

OURAL. — M. de Jeremiey (1) avait annoncé que la Xanthophyllite contient du diamant en cristaux microscopiques. De son côté, M. A. Knop (2) a cherché à vérifier l'exactitude de ce fait, mais en dissolvant de la Xanthophyllite par de l'acide fluorhydrique, jamais il n'a pu obtenir de diamant. Il pense que les cavités de la Xanthophyllite qui avaient été considérées comme des empreintes laissées par des cristaux de diamant sont simplement le résultat d'une dissolution analogue à celle qui donne les figures dites de Léydhorn, ou bien encore le motif métallique: M. Knop déclare qu'il les a produits à volonté et qu'il les a même vus se former sous le microscope, en traitant à chaud une lamelle de Xanthophyllite par de l'acide sulfurique concentré.

(1) *Question des houilles*, 3 volumes, 1873.

(2) *Revue de géologie*, X, 28.

(3) *Deutsch geol. Gesellschaft*, XXIV, 583.

VAAL. — M. Cohen (1) a étudié les gîtes de diamant du bassin du Vaal, dans la colonie du Cap, qui sont devenus si productifs et si célèbres dans ces derniers temps. Il paraît que ces gîtes diamantifères forment généralement des bassins ou cuvettes de forme ronde ou ovale, encaissés entre des parois abruptes de rochers. L'auteur considère ces bassins comme autant de centres d'éruption de matières tuffacées, dont les éléments, compris le diamant, auraient été empruntés aux rochers environnants de la cône. Tantôt les diamants sont restés intacts; tantôt ils ont été brisés et leurs fragments se sont déposés plus loin. C'est ainsi que M. Cohen explique la grande abondance de fragments de diamants nettes, aux arêtes vives, détachées par éclats sans qu'on retrouve jamais de petits fragments qui les complètent. Les éruptions tuffacées se sont étendues certainement bien au delà des cuvettes actuelles, mais partout où la protection des falaises leur a manqué, ces dépôts, remaniés par les agents atmosphériques, ont subi des érosions et des transports qui les ont considérablement appauvris en diamant (2).

CALIFORNIE. — En examinant au microscope et par voie chimique des sables provenant des lavages pour on de la Californie, M. B. Silliman (3) a reconnu la présence du zircon, du yacinthe, du fait semblable à celui d'Expailly, de la topaze, du rutile, du fer chromé, du fer titané, enfin de petits grains d'une substance ayant un pouvoir réfringent très-élevé, dégageant de l'acide carbonique sous l'influence d'un courant d'oxygène à haute température et devant par conséquent, être considérée comme du diamant. Déjà, en opérant par une méthode analogue, M. Wöhler avait trouvé du diamant dans les sables platinifères de l'Oregon.

De son côté, M. A. Knop (4) a cherché à vérifier l'exactitude de ce fait.

**Terres Végétales.**

Dans toutes les terres végétales il existe une matière organique noire dont la composition a été déterminée récemment par M. Grandjean (4). Pour parvenir à isoler, il faut humecter la terre avec de l'eau faiblement acidulée par de l'acide chlorhydrique, jusqu'à ce que la liqueur ne renferme plus de chaux, puis

(1) *Neues Jahrb.*, 1872, 856.

(2) Voir aussi *Revue de géologie*, X, 28 et 29.

(3) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, V, 384.

(4) *Journal d'agriculture pratique*, 1872, VII, 619.

on traite la terre par de l'eau ammoniacale qui peut alors dissoudre complètement la matière noire. Des essais faits ainsi par M. Grandeau sur une trentaine de terres lui ont montré que la matière noire dissoute contient toujours silice, acide phosphorique, oxyde de fer, oxyde de manganèse, chaux, magnésie, potasse. La soude paraît au contraire y faire défaut.

Opérant spécialement sur la terre noire (Tschornoizem) d'Uladowka en Russie, M. Grandeau y a trouvé 3,50 p. 100 de matière noire sur laquelle il y a 59,86 p. 100 de son poids formé par un résidu incombustible dont voici la composition :

Silice (à l'état de silicate de fer) . . . . .	35,60
Oxyde de fer (à l'état de silicate) . . . . .	18,36
Oxyde de manganèse (à l'état de silicate) . . . . .	0,18
Chaux <i>id.</i> . . . . .	3,55
Phosphate tribasique de chaux . . . . .	2,66
Phosphate de fer . . . . .	34,41
Magnésie . . . . .	1,28
Potasse . . . . .	3,94
<b>Somme . . . . .</b>	<b>99,98</b>

Cette matière ne renferme pas moins de 17,39 p. 100 d'acide phosphorique, et en outre elle est très-riche en oxyde de fer ainsi qu'en silice; comme l'ont fait observer MM. Paul Thénard et Knop, ces deux oxydes semblent donc servir de véhicule à l'acide phosphorique qui est, comme l'on sait, l'élément minéral le plus indispensable au développement des végétaux.

La proportion de la matière noire existant dans une terre végétale est d'ailleurs ce qui la caractérise le mieux, et elle donne en quelque sorte une mesure de sa fertilité.

**TERRES DIVERSES.** — Nous résumons, encore d'après M. Grandeau (1), la composition chimique de terres végétales qui ont été prises sur des terrains différents et dans des conditions géologiques bien déterminées. Ces terres sont réparties dans trois catégories, suivant qu'elles sont fumées, non fumées ou cultivées en forêts. Leur composition exprimée en centièmes se rapporte aux échantillons simplement séchés à l'air libre.

(1) *Journal d'agriculture pratique*, 14 novembre 1872; 685.

DÉSIGNATION des terres.	GISEMENT géologique.	EAU.	Matière combustible.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> et Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	CaO	MgO	KO	NaO	PO <sub>5</sub>	Résidu insoluble dans les acides	SOMME.
<b>I. Terres non fumées.</b>											
Uladowka (Podolie).	Sol siliceux, terre noire.	6,05	7,10	3,64	0,52	0,05	0,25	0,01	0,16	82,45	100,23
Bezauge-la-Grande (Meurthe-et-Moselle).	Keuper, terre noire.	8,71	7,44	10,35	0,75	0,74	0,50	0,00	0,15	71,58	100,22
<b>II. Terres fumées.</b>											
Angomont (Meurthe).	Grès vosgien	1,62	4,13	1,48	0,27	0,09	0,06	0,09	0,09	93,00	100,74(*)
Hablainville <i>id.</i>	Muschelkalk	4,77	4,88	10,38	0,48	0,36	0,82	0,06	0,74	77,66	100,65
Serres (Meurthe-et-M.).	Lias . . . . .	5,70	11,00	1,30	0,09	0,41	1,13	0,40	0,21	80,00	100,24
Saint-Louis (Moselle)	Keuper . . . . .	5,40	9,40	3,55	0,18	0,21	0,19	0,09	0,07	81,58	100,67
<b>III. Terres de forêts.</b>											
Paroy (Meurthe-et-M.).	Diluvium . . . . .	7,17	9,92	7,84	0,46	0,96	0,33	0,09	0,13	73,50	100,40
Signy-l'Abbaye (Ardennes)	Oxfordien . . . . .	2,15	3,95	3,85	0,26	0,05	0,15	0,02	0,17	89,45	100,05
Saint-Michel (Aisne)	Silurien . . . . .	3,85	3,35	4,89	trace	0,20	0,17	0,00	0,16	88,00	100,62
<b>Sous-sol.</b>											
Compiègne . . . . .	Sables glauconieux.	1,15	3,57	0,57	0,05	0,16	0,13	0,00	0,06	95,00	100,69
Champfêtu . . . . .	Craie . . . . .	2,90	5,39	3,29	0,47	0,02	0,03	0,09	0,09	82,00	95,37
Gérardmer . . . . .	Granite . . . . .	8,22	12,18	9,28	trace	0,34	0,34	0,00	0,23	70,00	100,56
<i>Id.</i> . . . . .	Porphyre . . . . .	6,70	8,90	9,39	<i>id.</i>	0,50	0,20	0,02	0,25	74,00	100,06
Noirgoutte (Vosges).	Porphyre syénitique	10,02	12,03	3,97	<i>id.</i>	0,30	0,24	0,09	0,27	73,45	100,37
Herival <i>id.</i> . . . . .	Grès rouge.	5,02	5,50	10,11	<i>id.</i>	0,21	0,35	0,05	0,16	83,80	100,20
Mössighal (Alsace) . . . . .	Grès vosgien	1,80	3,20	0,46	0,02	0,02	0,03	0,06	0,02	94,43	100,04

(\*) 0,66 pour 100 d'acide carbonique.

On voit, par le tableau précédent, que la richesse absolue en matière organique est la plus grande dans les terres fertiles sans fumure; mais qu'elle est très-grande aussi dans les terres de forêts.

—M. P. de Gasparin (a) a recherché de son côté quelle était la proportion de magnésie attaquable par l'acide chlorhydrique qui se trouvait dans des terres végétales ayant une origine géologique très-variée :

Roches sous-jacentes aux dépens desquelles la terre végétale est formée.

Magnésie p. 100.

Gneiss, de Paulhaguet (Haute-Loire) . . . . .	1,34
Basalte, de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme) . . . . .	0,76
Lave moderne, de Lacryma-Christi (Vésuve) . . . . .	0,78
Dolomie triasique, de Roville (Meurthe) . . . . .	3,51

(a) Chevreul : *Journal des Savants*, 1973.

Alluvion du Rhône, de Cadarousse (Vaucluse) 0,56  
 Rivière de l'Ardeche, de Saint-Just (Ardeche) 0,11  
 Landes, de Clifan (Gers) 0,13  
 Diluvium, des Saint-Contest (Catalans) 0,28  
 Argile glaciaire, de la Charnia (Savoie) 0,61  
 Moraine, de Chigny (Suisse) 3,42  
 Terrain salant, de la Camargue (Bouches-du-Rhône) 0,28  
 Arenes de l'Ardeche, de Sylvanet (Gard) 0,42

Toutes ces terres contiennent de la magnésie en quantité notable et même plus que suffisante pour la culture des céréales et celles qui en contiennent le plus peuvent d'ailleurs être très fertiles. M. de Gasparin a déterminé aussi la proportion de potasse attachable se trouvant dans différentes terres végétales; la plus grande proportion, qui s'élevait à 3,47 p. 100, a été obtenue dans la terre provenant de la décomposition de l'amphigérite du Vésuve sur laquelle on récolte le Lacryma Christi. Au contraire, dans une terre des environs de Tarascon, il y avait seulement 0,07 de potasse. Enfin l'acide phosphorique s'est élevé à 0,620 p. 100 dans une terre de Nicolosi (Sicile), tandis qu'il s'est réduit à 0,05 dans une terre sableuse et granitique d'Annondy. Suivant M. P. de Gasparin la proportion d'acide phosphorique contenue dans une terre perméable, jusqu'à un certain point, d'apprécier son degré de fertilité : cette terre est pauvre quand elle en a moins de  $\frac{1}{2000}$ , moyennement riche de  $\frac{1}{2000}$  à  $\frac{1}{1000}$ , riche de  $\frac{1}{1000}$  à  $\frac{2}{1000}$ ; très-riche à plus de  $\frac{2}{1000}$ .

LA CAMARGUE. — Une terre provenant d'un marais desséché, qui se trouve sur les bords de l'étang de la Caffat, a été remis au laboratoire de l'École des ponts et chaussées par M. l'inspecteur général Le Chatelier et analysée par M. L. Durand-Claye. Elle est brun noirâtre et extrêmement riche en humus; aussi, desséchée à 100°, perd-elle environ 60 p. 100 d'eau. Voici quelle est alors sa composition :

1° Produits volatils ou combustibles :			
Azote	1,19		
Autres produits	38,56	39,75	
2° Cendres :			
Résidu insoluble dans l'acide	55,37		
Chaux	0,36		
Acide phosphorique	0,18	60,25	
Potasse	0,66		
insoluble	2,11		0,99
Produits non dosés	1,57		
Somme			100,00

Cette terre, formée par le mélange du sable fin et par ceux des Landes avec les débris des végétaux qui poussent dans les marécages, est, comme on le voit, très-riche en azote.

Elle contient de plus un peu de chaux et de l'acide phosphorique. Elle contient même au delà de 2 p. 100 de potasse insoluble, qu'on est assez surpris de rencontrer dans une terre provenant du sable des Landes, car ce dernier paraît composé presque exclusivement de quartz.

Du reste la potasse, la chaux et même l'acide phosphorique peuvent avoir une double origine; ces substances proviennent en effet des débris végétaux accumulés dans le fond du marais, et d'un autre côté elles se trouvent aussi en petite quantité dans le sable des Landes. C'est au moins ce qui a certainement lieu pour la potasse insoluble, car le sable quartzifère des Landes s'est déposé dans un golfe recevant nécessairement des roches granitiques, apportées par des cours d'eau qui descendaient, soit du Plateau Central, soit des Hautes-Pyrénées.

BEAUVAIS. — La terre végétale de Beauvais a été analysée par M. Duport (1) à l'Institut agricole des Frères. Elle est marneuse et formée par le dépôt de transport du Thérain qui coule au milieu de collines de craie.

Composition physique

Sable gros	16,30
Graviers	4,43
Sable fin	7,63
Marne et parties fines en dissolution	73,64

Composition chimique

Silice	56,50
Carbonate de chaux	2,50
Sulfate de chaux	3,12
Eau, matières organiques et sels solubles	7,50
Parties non dosées et perte	0,28

REIMS. — Une terre végétale prise dans la bailliée de Reims, au sud de la ville, analysée également à l'Institut agricole des Frères, a présenté la composition suivante :

CaO, CO <sup>2</sup>	SiO <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	MgO	KO	SO <sup>3</sup>	Cl	PO <sup>5</sup>
52,00	31,50	10,00	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01

(1) Annales de l'Institut normal agricole de Beauvais.

Cette terre, riche en carbonate de chaux, appartient au terrain de transport de la Vesle qui coule aussi dans la Craie.

**GRAVESON.** — Une terre végétale d'alluvions, provenant de Graveson (Bouches-du-Rhône), et contenant 1,15 p. 100 de sel marin, a été analysée par M. Cartier (1), ingénieur des salins du Midi.

Carbonate de chaux	49,00
Sable siliceux	23,50
Argile	17,75
Sulfate de chaux	0,62
Chlorure de sodium	1,15
Azote	0,11
Matières organiques et perte	5,62
Humidité	2,25
	100,00

**THURINGE.** — M. E. E. Schmid (2) a étudié une terre végétale blanchâtre (*Weisse Bden*) qui s'étend d'Unstrut à Wethau. Elle a une couleur, qui est pâle, comme l'indique son nom, et qui tire légèrement sur le gris et sur le jaune. Elle est d'ailleurs douce au toucher, friable et de bonne qualité :

Quartz avec un peu de silice, de l'afumine et de chaux	87,17
Argile ayant pour formule $9SiO_2, 4Al_2O_3 + 18H_2O$	11,32
Limonite	1,95
Carbonate de chaux avec un peu de magnésie	0,60
Humus	0,22
Eau	0,02
Somme	101,28

Cette terre blanchâtre de la Thuringe est d'origine assez problématique; comme elle repose sur du lehm qui recouvre lui-même du muschelkalk, on voit par sa composition qu'elle ne résulte pas de la destruction de son sous-sol: M. Schmid pense qu'elle provient de poussières de sable fin et d'argile qui auraient été fournies par la formation voisine des lignites et accumulées par les vents.

**SILÉSIE.** — M. Albert Orth (3) a essayé un grand nombre de terres végétales prises dans la partie de la Silésie comprise entre les montagnes Zobten et Trebnitz. Conformément à la classification

(1) *Mémoires de l'Institut national de France*, XXII, n° 5, 28.

(2) *Deutsche geol. Gesellschaft*, XXIII, 473.

(3) *Geogn. Durchforschung des Schlesienschen Schwemmlandcs*. Berlin, 1872.

de Thier, celles qui présentent la composition suivante peuvent être considérées comme étant sans défaut:

	Argile.	Sable.	Calcaire.	Humus.
1° Dans les vallées.	67 à 85	2 à 5	0 à 7	9 à 18
2° Sur les hauteurs.	60 à 79	6 à 22	0 à 9	7 à 20

Les meilleures terres de la Silésie sont donc les plus riches en humus; elles contiennent aussi beaucoup d'argile, mais généralement peu de sable, et elles sont quelquefois complètement privées de calcaire. Il en est d'ailleurs de même pour les terres végétales du bassin Parisien.

### Roches diverses.

#### Soufre.

**SICILE.** — M. Mottura (1) a étudié les gisements de soufre de la Sicile. Après avoir établi que tous ces gisements, y compris les formations ferrugineuses, gypseuses et bitumineuses, constituent un seul ensemble appartenant au miocène inférieur, M. Mottura explique les dépôts de soufre natif par la réduction des gypses marins du miocène inférieur sous l'influence de matières organiques. En présence de l'eau, cette réduction a dû donner lieu à la production d'acide sulfhydrique, d'acide carbonique et de carbonate de chaux. Le premier de ces corps, se dégageant de sources sulfureuses, s'est décomposé à l'air en donnant du soufre natif. Quand la réduction s'est opérée loin du contact de l'eau, il s'est formé des sulfures qui, plus tard, en présence de l'oxygène et de l'acide carbonique, ont donné naissance à divers minerais de soufre. La marcassite et la chalcopirite contenues dans les gîtes miocènes de la Sicile, résulteraient de l'action des sulfures réduits sur des dépôts déjà formés d'oxydes de fer et de cuivre.

Quant à l'allure tourmentée et irrégulière des terrains qui contiennent le soufre, elle provient de la nature lacustre de ces dépôts, des mouvements oscillatoires du sol qui ont eu lieu pendant leur formation, enfin de la grande activité des phénomènes volcaniques dans la période miocène.

#### Sel gemme.

Parmi les minéraux des gîtes salifères, signalons celui que M. de Zepharovich (2) vient de nommer *Syngenite*. On le trouve avec

(1) *Memorie del R. Comitato Geologico d'Italia*, I, 1871.

(2) *K. K. geol. Reichsanstalt*, juillet 1872.

la syvinita Kalasz, en Galicie. Sa densité est de 2,75, sa dureté 2,5. C'est un sulfate hydraté de chaux et de potasse qui diffère de la polyhalite en ce qu'il contient seulement 0,69 p. 100 de sulfate de magnésie.

Formation du sel gemme par évaporation. On sait que l'eau pure s'évapore en plus grande quantité que l'eau contenant des sels en dissolution (1). Des recherches comparatives ont été faites récemment sur ce sujet par M. Pfaff (2), il a constaté qu'à Erlangen le rapport est de 1 : 0,87 pour de l'eau contenant 2 1/2 p. 100 de sel marin; ce rapport devient même 1 : 0,66 lorsqu'on augmente la proportion de sel.

L'eau pure, évaporée pendant une année, se trouve être un peu supérieure à celle qui tombe à l'état de pluie; mais cette dernière est au contraire plus grande que la quantité évaporée par la dissolution saline.

M. Pfaffen conclut que le climat d'Erlangen ne permettrait pas au sel marin de se déposer, dans le cas où, par suite d'un soulèvement, l'eau salée d'un golfe marin viendrait à être séparée du reste de l'Océan. Cette hypothèse, si souvent admise, pour expliquer la formation du sel gemme dans le nord de l'Europe, suppose donc, en tout cas, un climat plus sec et plus chaud que le climat actuel.

Il serait intéressant de multiplier, sous différentes latitudes, ces recherches sur l'évaporation de l'eau salée, ce qui serait d'ailleurs très-facile dans les nombreux observatoires qui existent maintenant.

Eaux.

NIL. — L'eau du Nil, prise en amont du Caire, a été analysée par M. Popp (3). Évaporée, elle donne un résidu pesant 0,1419 dont voici la composition :

Table with 10 columns: Na2CO3, KOH, CaO, CO2, MgO, CaO, SO4, NaCl, FeO, CaO, PbO, Substances, Eau, Somme. Values are listed in the bottom row.

Cette eau devient opaline et se trouble constamment, même après...

(1) Revue de géologie, IX, 4. (2) Deutsche geol. Gesellschaft, XXIV, 407. (3) Jahresbericht der Chemie, A. B. N. A. U. M. N. N. 48701 1390.

des filtrations répétées; il se forme alors des dépôts contenant de la silice, des matières organiques, de la chaux, de la magnésie.

Eaux minérales.

Les travaux relatifs aux eaux minérales sont, comme chaque année, très-nombreux, et nous nous contenterons d'en mentionner ici quelques-uns, on en trouvera d'ailleurs un résumé dans le Jahresbericht der Chemie, qui est publié par M. Alexandre Naumann et ses collaborateurs.

Luchon. — M. F. Garrigou (1) a donné la composition chimique des douze sources de la station thermale de Bagnères-de-Luchon. Voici, en particulier, les résultats obtenus pour 1 litre de la source Bayen :

Table with 2 columns: Substance and Grammes. Rows include Sulfhydrate de sulfure de sodium, Hyposulfite de sodium, Acide sulfurique, Acide phosphorique, Acide carbonique, Acide silicique, Alumine, Fer, Chaux, Magnésie, Potasse, Soufre, Chlore, Matière organique.

Cette eau sulfureuse de Luchon contient donc du soufre à l'état de sulfhydrate de sulfure de sodium, d'hyposulfite et de sulfate.

Parmi les substances qu'elle renferme, M. F. Garrigou signale la lithine dont il a constaté la présence à l'aide du spectroscope, et il mentionne en outre le fluor.

Divers métaux y ont encore été reconnus, particulièrement l'antimoine, le plomb, le bismuth, le fer, le manganèse, et le cuivre indiqué par M. Filliol.

Comme l'observe M. Garrigou, la constatation de ces métaux dans les eaux minérales des Pyrénées présente de l'intérêt au...

(1) Monographie de Bagnères-de-Luchon, A. 334 m.

point de vue non-seulement de la thérapeutique, mais encore de la formation des gîtes métallifères.

CASCIANA. — L'eau thermale de Casciana, près Florence, a été analysée par MM. Tassinari et Orsini (1). Sa densité est 1,005, et sa température ne dépasse guère 35°.

Gaz		CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Cl	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	NaO	LiO	AzH <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>2+</sup>	Manganésiques	Résidu.	Somme
Az	CO <sub>2</sub>	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
0,018	0,634	0,159	0,023	0,357	0,038	0,172	tracce	0,001	0,928	0,295	0,005	0,008	0,002	3,004	5,7	

ODENWALD. — A Reichartshausen (Odenwald), on a découvert récemment, dans le grès bigarré, une source minérale froide, donnant un peu de pétrole qui paraît provenir de stilmements dans le muschelkalk. L'analyse de cette source a été faite par M. A. Knop (2) et, sur 10.000 grammes, elle contient 32,5<sup>gr</sup> de sels solubles et 5<sup>gr</sup>,01 de substances insolubles :

Carbonate de chaux	2,92
Id. de magnésie	1,59
Id. de magnésie	0,93
Id. de fer	0,35
Acide silicique	0,35
Chlorure de sodium	1,91
Id. de potassium	2,29
Substances indéterminées	4,3

Cette eau minérale, associée au pétrole, est analogue à celle de Baden-Baden.

OEDIPSO. — Dans ses voyages en Grèce, M. H. Gorceix (3), membre de l'école française d'Athènes, a eu l'occasion d'étudier quelques sources minérales.

Les eaux minérales d'Oedipso, en particulier, occupent une petite plage à l'extrémité nord de l'île d'Eubée, non loin du village d'elles tiennent leur nom.

Elles sourdent au milieu d'un dépôt travertineux jaunâtre, s'étendant sur une longueur de 500 mètres et sur une largeur d'environ 100 mètres. L'épaisseur de ce dépôt a considérablement augmenté depuis les temps historiques, car des bains romains sont

(1) *Del acque termali di Casciana*, 1872.

(2) *Neues Jahrbuch*, 4873, 529.

(3) *Extrait d'une lettre de M. Delessé*, septembre 1873.

actuellement complètement recouverts par lui. Il s'appuie sur des schistes et calcaires cristallins brisés et souvent altérés au milieu desquels on aperçoit des amas de serpentine.

Les sources jaillissent en général au sommet de petits cônes formés par les eaux elles-mêmes. Lorsque les orifices de ces cônes sont obstrués, elles vont sourdre en d'autres points, et les dépôts avancent successivement, empiétant sur la mer, dont l'action destructive diminue la rapidité avec laquelle la plage gran-

dirait. Les principaux jets tombent en cascade dans la mer, en coulant au-dessus d'un dépôt travertineux de 5 mètres de hauteur.

La température de ces eaux atteint celle de l'eau bouillante; aux points où elle a pu être déterminée, elle était de 70° à 80°, bien que déjà il y eût mélange d'un peu d'eau froide.

Les gaz qui s'en échappent ont la composition suivante :

Acide sulfurique	0,1
Acide carbonique	73
Oxygène	6
Azote	21

Quelques-unes des sources n'ont aucune action sur le papier à acétate de plomb; d'autres le noircissent faiblement. La composition de leurs eaux varie d'un point à un autre, mais le chlorure de sodium domine dans toutes.

Le dépôt travertineux est surtout riche en carbonate de chaux, chlorure de sodium, oxyde de fer et alumine.

KARYTSA. — L'eau minérale de Karytsa a également été examinée par M. H. Gorceix. Connue dans le pays sous le nom de Kokkina-néra, elle jaillit au pied des derniers contre-forts de l'Ossa, en Thessalie, à peu de distance de la mer, à une demi-heure au sud du village de Karytsa. Sa température est de 60°, celle des sources voisines variant entre 40° et 45°.

Les eaux de Karytsa sourdent en grande abondance, à côté et au milieu du lit d'un petit ruisseau d'eau douce, en laissant échapper des torrents d'acide carbonique avec une très-petite quantité d'hydrogène sulfuré. Leur couleur jaune est due à du sesquioxyle de fer qui se dépose en partie, mélangé à du carbonate de chaux.

Le pouvoir incrustant de ces eaux est faible, mais à une époque antérieure, il a été beaucoup plus considérable. On voit, en effet, autour du village de Karytsa, à des altitudes de 800 à 900 mètres et sur une longueur de 1 kilomètre, des dépôts travertineux très-

durs, jaunâtres, qui recouvrent les schistes et les calcaires cristallins, souvent crevassés et altérés. Cette formation est visiblement due à des eaux minérales dont les sources actuelles continuent l'action et dont la position, la nature et le pouvoir incrustant ont notablement varié.

Le massif du Pélion possède aussi, près du village de Drakia, à une altitude de 700 mètres, une petite source qui est ferrugineuse, mais ne produit aucun dépôt important.

QUEENSLAND. — Près de la rivière Saxby, d'un des affluents du Flinders, M. Daintree (1) signale une source d'eau chaude qui jaillit au-dessus du niveau de la plaine et donne lieu à un dépôt blanc.

L'analyse de ce dépôt a été faite par M. Flight, sous la direction du professeur Maskeleyne, et elle a montré qu'il consiste en sesquicarbonate de soude ou trona natif, mélangé seulement avec environ 5 pour 100 de chlorure de sodium.

COLORADO. — Une eau minérale saline, recueillie, par M. Persifer Frazer, à la source dite du Docteur, à Pike's Peak dans le Colorado, a été analysée par M. Th. M. Brown (2) :

Chlorure de sodium	10,01
Id. de potassium	24,01
Bicarbonate de soude	15,62
Sulfate de soude	8,89
Bicarbonate de chaux	100,00
Bicarbonate de magnésie	

Sa composition serait intermédiaire entre celles des eaux sodiques d'Ems et de Selters dans le Nassau.

Guano.

MACABI, GUANAPE. — Le guano des îles Chimicha est épuisé maintenant; mais de nouveaux gisements de cet engrais ont été reconnus sur les côtes du Pérou, dans une série d'îles comprises entre 6° et 22° de latitude sud, et 72° à 83° de longitude ouest, par rapport à Paris.

Ces principales exploitations, actuellement en activité, sont celles des îles Macabi et Guanape, dont les guanos ont été soumis par

(1) Rapport fait à la Commission des engrais à la Société des agriculteurs de France, et adopté dans la séance du 25 juin 1873, sous la présidence de M. le baron Chevreul. — Comptes rendus de l'Académie. — Bulletin de la Société centrale d'agriculture de France.

M. Chevreul à un examen approfondi, et analysés par M. J. A. Barral (1) :

Eau	23,35	27,70
Matières organiques et sels ammoniacaux	4,40	42,50
Phosphate de chaux	29,50	28,70
Autres sels	2,30	2,60
Sable et argile	1,75	1,50
Somme	100,00	100,00

Azote pour 100	11,20	11,70
Acide phosphorique pour 100	12,90	12,75

Dans une série de recherches faites sur onze échantillons, pour déterminer la forme sous laquelle se trouvait l'azote, M. Barral a obtenu :

Nitrates	47,77
Sels ammoniacaux	42,23
Matières organiques	
Azote total	11,99

COLORADO. — Une eau minérale saline, recueillie par M. Barral à

M. Barral a observé en outre deux espèces de carbonates d'ammoniaque qui sont blancs, cristallins et en nodules dans le guano : ils paraissent s'être formés par volatilisation et avaient rempli des cavités; leurs formules sont respectivement :



Le dernier appartiendrait à une espèce nouvelle.

Quelquefois on rencontre dans ce guano de beaux cristaux de phosphate d'ammoniaque; ce minéral s'y présente aussi en enduits qui semblent s'être déposés à la manière des stalactites.

Certaines parties du guano sont très riches et l'analyse a montré à MM. Bobierre et Barral qu'elles sont plus riches en azote que les parties pulvérulentes.

Le dosage de la potasse a donné une moyenne d'environ 1,40 p. 100.

On peut admettre, suivant M. Barral, que le guano des îles Macabi et Guanape contient, sur 100, de 9,50 à 14,10 d'azote et de 10,40 à 15 d'acide phosphorique.

M. Chevreul n'y a pas trouvé de matière grasse; mais y a constaté l'existence de l'acide oxalique. Des oxalates, ainsi que des

(1) Rapport fait à la Commission des engrais à la Société des agriculteurs de France, et adopté dans la séance du 25 juin 1873, sous la présidence de M. le baron Chevreul. — Comptes rendus de l'Académie. — Bulletin de la Société centrale d'agriculture de France.

phosphates d'ammoniaque et de potasse y sont d'ailleurs en proportions variables.

Ce guano renferme quelquefois des œufs et des déjections d'oiseaux qui ont subi une sorte d'embaumement naturel; il n'est pas inutile de remarquer à ce sujet que les mollusques des gîtes de chaux phosphatée du gault ont souvent un éclat nacré qui est encore très-vif; il semblerait donc que, dans la fossilisation, le phosphate de chaux contribue d'une manière spéciale à la conservation des matières organiques.

PATAGONIE. — La composition du guano de Patagonie a été déterminée par M. Voelcker (1).

HO	Matière organique et sels ammoniacaux	3CaO, PO <sub>5</sub>	CaO, CO <sub>2</sub>	Sels alcalins	Résidu siliceux	Somme.
35,86	26,07	2,01	5,64	7,34	3,08	100,00

Ce guano ne contient que 4,42 d'azote et beaucoup d'eau; il est d'une qualité inférieure à celui des îles Chincha, comme on pouvait le prévoir d'après sa position géographique.

MEJILLONES, CURAÇAO. — Des guanos phosphatés, provenant de Mejillones (A) et de Curaçao (B), ont encore été analysés par M. Voelcker (2).

	HO	Matière organique.	PO <sub>5</sub>	CaO	MgO, NaCl	KO	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Résidu siliceux.	Somme
A	7,09	7,44	33,97	37,01	2,83 2,87	0,34	2,53	2,76	0,69	2,47	100,00
B	8,72	5,79	33,51	43,01	5,71			2,96		0,30	100,00

Le premier de ces guanos renferme seulement 0,93 d'azote, mais il a 74,15 de phosphate de chaux et dans le deuxième la proportion de phosphate de chaux s'élève de même à 75,15 p. 100.

**Chaux phosphatée.**

Des recherches faites par M. Fr. Kuhlmann (3) sur les phosphates du département de Tarn-et-Garonne ont montré qu'ils contiennent de l'iodé, comme M. Fremy l'avait constaté déjà pour ceux du Lot; mais l'iodure n'y est qu'en traces presque inappréciables.

D'un autre côté, M. Thiércein qui s'est occupé de doser l'iodé des phosphates dans le but de l'extraire industriellement

(1) Royal Agricultural Society of England [2], IX, 262.

(2) Idem.

(3) Comptes Rendus, t. LXXV, 1675.

(ce qui a déjà lieu au Pérou pour le nitrate de soude) a trouvé qu'il y en a jusqu'à 5 et 7 dix-millièmes dans ceux du Lot. Il est probable qu'il y a aussi de l'iodé dans les phosphates venus directement de l'intérieur de la terre, comme ceux des plateaux jurassiques du S.-O. de la France.

AVEYRON. — Des phosphates de chaux, découverts récemment dans des gisements variés, du département de l'Aveyron, ont été essayés, sous la direction de M. Moissonez, au Laboratoire de l'École des Mines :

A Phosphate de chaux de la commune de Bozouls, près Rodez; il est tantôt blanc, blanc rosé, blanc avec parties brunes compactes; tantôt, au contraire, blanc terreux et analogue à la craie; quelquefois encore il devient noir. A donne la teneur minimum en acide phosphorique; A' la teneur maximum.

B Galet de phosphate rougeâtre, extrait des conglomérats basaltiques de Puchès-d'Alzon; il est mélangé de calcaire.

C Phosphate de chaux blanc, avec veinules jaunâtres et calcaires de Talon.

D Phosphate de chaux, gris jaunâtre avec parties blanches, mélangé de calcaire; recueilli sur le flanc d'une colline basaltique, près de Brassac.

	HO	Matière organique	PO <sub>5</sub>	CaO	MgO, NaCl	KO	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Résidu siliceux	Somme
A	7,09	7,44	33,97	37,01	2,83 2,87	0,34	2,53	2,76	0,69	2,47	100,00
A'	38,67										
B	22,70										
C	26,62										
D	31,69										

BAMBLE. — Les schistes cristallins de Bamble renferment cinq couches d'apatite dont la puissance varie de 0<sup>m</sup>,6 à 2 mètres. Ces couches sont superposées et presque horizontales, en sorte que leur exploitation est facile; elles sont formées par une chaux phosphatée blanche et cristalline, qui est d'ailleurs accompagnée de chlorite ainsi que d'amphibole (1).

Les caractères de l'apatite de Bamble paraissent indiquer qu'elle provient d'une phosphorite intercalée dans des schistes et dont les couches ont pris la structure cristalline, lorsqu'elles ont été soumises au métamorphisme; son gisement est analogue à celui de l'apatite qu'on trouve dans le terrain laurentien du Canada.

PRUSSE. — Près Grodno, sur le Niémen, ainsi que dans l'île Wollin, aux environs de Joppehutte, MM. Berend et Preuss-

(1) Marcel Bertrand. Journal de voyage en Norvège, 1872.

ont observé des nodules de phosphorite. Dans la première localité, ces nodules, qui forment un banc de 35 d'épaisseur contiennent du sable quarzeux, ainsi que de la glauconie et appartiennent au terrain crétacé.

Dans l'île Wolliny ils ont sans doute la même origine, mais ils ont été remaniés et déposés sur le rivage : quelquefois ils renferment plus de 75 p. 100 de chaux phosphatée. Leur fragilité indiquée d'ailleurs qu'ils doivent provenir d'une très-petite distance.

**CAROLINE DU SUD.** — Dans les environs de Charleston et sur les bords de la rivière Ashley, on exploite des gîtes importants de phosphorite, desquels nous avons déjà parlé précédemment (2). Suivant M. Holmes (3), la phosphorite de la Caroline du Sud appartient au terrain quaternaire et forme un dépôt par-dessus le sable postpliocène. Son épaisseur est de 5 à 6 mètres; mais, sur certains points, elle se réduit à 1 mètre, tandis que sur d'autres elle devient au contraire plus grande. Des alluvions modernes, quelquefois même des couches de sel, recouvrent ce dépôt, et leur épaisseur, qui est variable, s'élève jusqu'à 20 mètres.

M. Holmes pense, contrairement à l'opinion d'autres savants américains (4), que les nodules de phosphorite de Charleston proviennent du remaniement de couches éocènes; d'un autre côté, ils sont mélangés avec les débris de vertébrés terrestres qui vivaient au bord des lagunes et des lacs salés pendant l'époque quaternaire; on y trouve, notamment des os de mammoth, de mastodonte, de mégalotherium.

**Gypse.**

**LUXEMBOURG.** — Des analyses complètes des gypses appartenant au trias luxembourgeois ont été faites en Allemagne (5).

L'un, à proximité du muschelkalk des environs de Gueven-Macher, et se désigne sous le nom de gypse de la Moselle; il est gris ou bien de couleur variée, et forme des lentilles irrégulières, non l'emploi pour faire les plâtons et aussi pour l'agriculture.

L'autre échantillon provient des marnes irisées de Steinsel et se montre en dépôts puissants. Ce gypse des marnes irisées est tantôt à grain fin, tantôt compacte, sa couleur varie du blanc pur au

	Densité.	CaO	MgO	KO	NaO	H <sub>2</sub> O	Somme
A	2,689	42,94	0,17	0,14	0,52	traces	52,63
B	2,660	42,11	0,18	2,26	0,33	"	52,25

- (1) Deutsche geol. Gesellschaft, XXIII, 772.
- (2) Revue de géologie, X, 47.
- (3) The Phosphatic rocks of South Carolina, 1870.
- (4) American Journal [3], I, 221, 306.
- (5) Berg und Hüttenmännische Zeitung, 1873, 31.

gris et au rouge de chair. On le préfère beaucoup au précédent pour les enduits, pour les plafonds et pour la décoration locale.

	CaO	SO <sub>3</sub>	CaO	CO <sub>2</sub>	MgO	KO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	CaO	MgO	KO	NaO	H <sub>2</sub> O	NACl
A	73,55	3,11	1,07	0,00	1,95	0,00	traces	traces	traces	traces	9,40	20,76	traces	traces	traces	
B	78,54	0,11	0,22	0,00	0,00	0,00	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces	

Ces analyses montrent que les gypses du trias, bien que très-recherchés pour les constructions, renferment seulement une petite proportion d'argile et de carbonates. Autrefois on attribuait la supériorité du gypse parisien à ce qu'il contenait des carbonates; mais cette opinion doit être abandonnée, car plusieurs analyses des gypses luxembourgeois ont fait voir que la qualité inférieure renferme toujours plus de carbonates que la qualité supérieure.

Observons en outre que les gypses du trias luxembourgeois, de même que ceux du tertiaire parisien, sont mélangés de carbonates de chaux et de magnésie qui sont quelquefois très-riches en magnésie et qui peuvent même en contenir plus que la dolomie. La présence de la magnésie explique d'ailleurs très-bien dans l'hypothèse d'une origine geysérienne du gypse (1).

M. Holmes pense, contrairement à l'opinion d'autres savants américains (1), que la phosphorite de Charleston provient du remaniement de couches éocènes.

**Calcaire conique.**

**QUEENSLAND.** — M. Daubrée (2) a constaté que le calcaire crétacé du Queensland présente quelquefois la structure conique (conic rock) qu'on observe dans différentes roches, particulièrement dans celles du terrain carbonifère. L'essai de ce calcaire conique a montré qu'il contient environ trois quarts de carbonate de chaux, l'autre quart étant de l'argile.

Des analyses complètes des gypses appartenant au trias luxembourgeois ont été faites en Allemagne (5).

**Travertin.**

**BOMÈME SEPTENTRIONALE.** — Des dépôts de travertin, formés dans des conduits d'eau par des sources du nord de la Bohême, ont été examinés par M. Bauer (3).

A. Travertin poreux, déposé à 29°, analysé par M. A. W. Vogts.

	Densité.	CaO	MgO	KO	NaO	H <sub>2</sub> O	Somme
A	2,689	42,94	0,17	0,14	0,52	traces	52,63
B	2,660	42,11	0,18	2,26	0,33	"	52,25

- (1) Lithologie du fond des mers, pages 405 et 423.
- (2) Geol. Society, XXVIII, 282.
- (3) Wiener Academie Bericht, 41, Jahrgang, 1870, p. 138A.

Des traces de lithine ont été constatées dans ces divers dépôts et A contient en outre des traces de baryte.

#### Vase calcaire lacustre.

BAVIÈRE. — La vase calcaire qui se dépose dans les parties les plus profondes des lacs alpins de la Bavière a été examinée par M. Gumbel (1). Dans le lac du Roi (Königsee), vers sa plus grande profondeur qui atteint environ 185 mètres, la vase consiste en un schlamm très-calcaire, presque plastique, prenant en se desséchant une couleur gris clair. De nombreux débris organiques s'y reconnaissent, particulièrement du bois qui est brun comme le lignite, des mousses, des charas, ainsi que des plantes aquatiques croissant sur les bords du lac. M. Gumbel indique, en outre, des diatomées, notamment des gallionelles et très-rarement des navicules, des coscinodiscs, des eunoties; toutefois il n'y a pas trouvé les coccolithes qui caractérisent les dépôts marins. La partie minérale est formée de calcaire, de dolomié, d'argile, avec du sable fin quartzeux et des paillettes de mica. De menus débris, fournis par les roches constituant le bassin hydrographique, se reconnaissent aussi dans la vase calcaire qui se forme dans le fond du lac du Bourget (2).

#### Vase calcaire marine.

La vase calcaire prise dans l'Océan Atlantique, à une profondeur de 4.298 mètres, a été examinée par M. C. W. Gumbel (3).

Par trois décantations successives, il a obtenu 10 p. 100 de foraminifères et d'organismes plus gros; 1,5 p. 100 d'un dépôt fin, composé de quartz, mica, fer oxydulé et carbonate de chaux provenant de débris de coquilles; 88,7 p. 100 de flocons, restant facilement en suspension et contenant du Bathybius, des Coccolithes, des Coccosphères. Cette dernière partie, la plus légère, est composée de :

CaO, CO <sup>2</sup>	MgO, CO <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , PO <sup>5</sup> , CaO, MgO	SiO <sup>2</sup>	Matières organiques.	HO	Somme.	
59,65	1,44	11,36	1,26	20,90	3,05	2,34	100,00

Comme l'observe M. Gumbel, cette vase calcaire présente une composition qui est différente de celle de la craie.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873; 302.

(2) *Lithologie du fond des mers*, t. I, p. 91.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1870; 753.

#### Sablon calcaire.

FRANCE. — Deux échantillons de sable très-coquillier, déposés sur les côtes de France baignées par l'Océan, ont été analysés par M. L. Durand-Claye au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

A provient du Torfboque près de Lorient; B provient de la rade de Brest.

1 <sup>o</sup> Produits volatils :		2 <sup>o</sup> Matières minérales :	
Eau perdue à 104° C.	0,14	Résidu insoluble dans les acides	13,63
Azote	7,06	Alumine, peroxyde de fer	1,56
Autres matières	0,80	Acide phosphorique	0,09
Total	10,60	Chaux	3,51
		Magnésie	0,58
		Acide carbonique et produits non dosés	50,23
		Total	89,40
			100,00

BELGIQUE. — Une tange s'exploite à la Panne, près de Furnes, pour l'amélioration des terres. D'après M. Dettie (1), elle ne diffère pas des tangues d'Avranches et de Hertland en Angleterre, et voici quelle est sa composition :

CaO, CO <sup>2</sup>	Sable	PO <sup>5</sup> , CaO	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Sels alcalins.	Matières organiques et azote.	Somme.
24,4	73,4	0,9	0,4	0,8	99,60	

#### Craie.

Bien que les foraminifères forment en grande partie la craie, ils ne sont pas toujours faciles à distinguer, ni complètement conservés, surtout dans le bassin de Paris : M. L. Carpentier (2), qui s'est occupé de leur étude, observe qu'on en trouve spécialement dans la craie friable qui remplit les cavités existant dans les rognons de silex ou dans les spongiaires-silicifiés. On en rencontre aussi dans le voisinage immédiat des silex, mais alors ils sont silicifiés pour la plupart.

La craie étant de sa nature très-poreuse, on conçoit d'ailleurs qu'elle se laisse facilement traverser par l'eau qui dissout plus ou

(1) *Journal d'agriculture pratique*; décembre 1872.

(2) *Association scientifique*, juin 1873.

moins la surface des parcelles calcaires; et quand les parcelles calcaires sont protégées par une enveloppe de silex, elles doivent naturellement se conserver beaucoup mieux.

CHAMPAGNE. — M. André Eck (1) a fait l'essai de quelques échantillons de la craie tendre, ainsi que de la craie durcie des environs de Reims: (\*) Avec protoxyde de fer. Il y a aussi des traces de pyrite de fer.

A. Craie durcie de Rilly, jaunâtre avec tâches ferrugineuses, elle est perforée par des lithophages.  
 B. Craie durcie de Verzy, perforée par de petits lithophages.  
 C. Craie blanche, tendre, jaunée par de l'oxyde de fer, avec *belemnites* et *quadrants*, de Reims.

	CaO	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> et Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Perte	Somme.
A	96,45	0,90	1,80	0,85	100,00	
B	90,05	1,40	3,90	1,00	100,00	
C	79,00	12,00	8,00	1,00	100,00	

Cette craie blanche de Champagne, de même que celles d'autres parties du Bassin parisien, dont la composition a été donnée précédemment (2), est presque entièrement formée de carbonate de chaux.

**Calcaire argileux.**

SAINT-BERNARD. — On exploite sur une grande échelle à Saint-Bernard, Ville-sous-Laferrière (département de l'Aube), un calcaire jurassique charneux, gris bleuâtre, qui appartient à l'étage de calcaire à astartes et fournit un chaux éminemment hydraulique. Voici quelle est sa composition d'après une analyse de M. Aron (3), ingénieur des ponts et chaussées:

Roches siliceuses		
Argile.	{ Silice. . . . . 15	} 23,2
	{ Alumine et peroxyde de fer. . . . . 8,2	
Carbonate de chaux.	100,00	

LUXEMBOURG. — Des analyses bien complètes de calcaires du Grand-duché de Luxembourg ont été faites en Allemagne (4). A Mentionnons spécialement le Muschelkalk (A), et le Calcaire à gryphées (B):

(1) Lettre du 18 décembre 1873.  
 (2) Revue de géologie, VII, 69; VIII, 36; IX, 31; X, 51.  
 (3) Breton. Notice sur la chaux hydraulique de Saint-Bernard.  
 (4) Berg und Hüttenmännische Zeitung, 1873, 30.

	CaO	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> et Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Perte	Somme.
A	45,99	0,74	0,40	0,55	0,33	0,73
B	31,54	0,20	0,33	1,89	0,11	0,53

(\*) Avec protoxyde de fer. Il y a aussi des traces de pyrite de fer.

Le muschelkalk analysé provenait de Remich. On sait que dans le Luxembourg cet étage du trias occupe des surfaces étendues sur les bords de la Moselle et de la Sauer. On l'utilise comme pierre à bâtir, comme pierre à chaux, et l'on s'en est aussi servi comme castine. On voit que le muschelkalk du Luxembourg est très-magnésien et qu'il doit même être considéré comme une dolomie un peu argileuse.

Le calcaire à gryphées qui a été analysé provenait de Strassen. Dans le Luxembourg cet étage forme cinq petits bancs superposés au grès dont la composition sera donnée plus loin. C'est un calcaire argileux qui s'emploie, comme on sait, pour fabriquer une chaux hydraulique très-estimée. Observons en outre qu'il contient un peu de potasse et de chaux phosphatée qui contribuent, avec la chaux et avec l'argile, à rendre très-fertiles les terres végétales formées par le calcaire à gryphées.

**Calcaire cristallin.**

SAINT-BERNARD. — On exploite sur une grande échelle à Saint-Bernard, Ville-sous-Laferrière (département de l'Aube), un calcaire jurassique charneux, gris bleuâtre, qui appartient à l'étage de calcaire à astartes et fournit un chaux éminemment hydraulique. Voici quelle est sa composition d'après une analyse de M. Aron (3), ingénieur des ponts et chaussées:

Roches siliceuses		
Sable.	{ Silice. . . . . 12	} 23,2
	{ Alumine et peroxyde de fer. . . . . 8,2	

LANDES. — Divers sables littoraux sous-marins, de la côte du département des Landes comprise entre la Bidassoa et l'Adour, ont été examinés par MM. L. Perier (1) et Linder.

- A. Dépôt gris émaillé de blanc, de la pointe calcaire de Saint-Barbe, près Saint-Jean-de-Luz.
- B. Dépôt pris à 800 mètres d'Archiloua, vis-à-vis l'anse du moulin d'Etchabiague.
- C. Dépôt qui se forme au débouché du vallon de Chabiague, près Mouligna.

(1) Fischer, de Folin, Perier (L.). Les fonds de la mer, II, 1873; 92, 93, 101.

	A	B
Calcaire siliceux en plaquettes.	55,70	10,00
Calcaire compacte en plaquettes.	"	"
Quartz hyalin (en petits grains).	très-peu	"
Quartz blanc, noir, roux.	30,50	2,50
Silex gris, brun, jaunâtre.	12,50	87,50
Epines d'échinides et débris de petites coquilles.	"	"
Fer oxydulé, roches diverses.	0,10	"
Somme.	100,00	100,00

Quartz hyalin.	34
Quartz blanc, jaunâtre, brun, rouge.	27
Roches quartzéuses grisâtres avec grès rouge vineux.	3
Quartzite noir.	26
Silex blond, jaune ou brun.	6
Calcaire gris compacte et calcaire siliceux.	6
Ophite.	6
Somme.	100

En chaque point de la plage, le dépôt littoral résulte de la trituration des roches formant les falaises et aussi de toutes celles qui sont comprises dans les bassins hydrographiques des affluents qui débouchent sur cette plage (1).

#### Sable avec aluminite.

HALLE. — L'aluminite, indiquée jusqu'à présent comme un minéral accidentel, se rencontre dans quelques dépôts à la fois pyriteux et alumineux; elle devient abondante, d'après M. Laspeyres (2), dans le sable oligocène des environs de Halle et particulièrement au Götscheberg. Elle s'y présente en nodules blancs, plus rarement jaunâtres et cristallins, dont le diamètre peut atteindre celui d'une noix. Elle se trouve d'ailleurs entre les couches ou bien même dans des failles.

M. Laspeyres observe que l'aluminite se produit dans les endroits où le sable de Magdebourg, appartenant à l'oligocène moyen, se montre près du jour; car ses pyrites charbonneuses sont alors oxydées par l'atmosphère et, d'un autre côté, l'acide sulfurique qui se forme attaque les parties kaoliniques et micacées.

FONTAINEBLEAU. — L'alios, qui est si bien caractérisé dans le sable des Landes, se retrouve aussi dans les formations sableuses du nord de l'Europe, et par conséquent il est naturel de le rencontrer dans les sables de Fontainebleau. Un alios provenant de la forêt de Fontainebleau a été analysé, sous la direction de M. Moï-

(1) Delesse. *Lithologie du fond des mers*, 180.  
 (2) *Deutsche geol. Gesellschaft*, 1872; 306.

senet, au laboratoire de l'école des mines, et a donné les résultats suivants:

Sable fin.	93,40
Peroxyde de fer.	2,06
Oxyde de manganèse.	traces
Chaux et magnésie.	traces
Matières organiques.	4,40
Somme.	99,86

On a constaté que les matières organiques, formant surtout le ciment de cet aliôs, sont solubles dans l'ammoniaque, elles sont également solubles dans l'acide chlorhydrique concentré, mais la liqueur se trouble presque immédiatement.

#### Grès.

LUXEMBOURG. — Quelques grès du Grand-duché de Luxembourg, appartenant à des gisements bien connus et activement exploités pour les constructions, ont été analysés en Allemagne (1).

A Grès bigarré de Rosport-Saint-Hubert.

B Grès du lias inférieur d'Eichberg, près Luxembourg. Il est ordinairement gris ou gris blanchâtre. Sa texture est tantôt fine, tantôt grossière, et l'analyse montre qu'il renferme environ un tiers de ciment calcaire. Il forme les piliers gigantesques qui supportent la forteresse de Luxembourg et il s'emploie, soit pour les constructions, soit pour le pavage.

C Grès quartzéux du lias inférieur, d'une carrière près d'Eich. Il constitue un étage inférieur au précédent, celui du grès dit de Kédange. Sa couleur est généralement jaune brunâtre; il est grossier et contient une faible proportion de ciment calcaire; il est très-tendre et se désagrège facilement en produisant du sable.

D Sable provenant de la même carrière que le grès quartzéux d'Eich. Il est utilisé pour les constructions.

	Quartz	SiO <sub>2</sub>	CaO, CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO, CO <sub>2</sub>	Matières organiques.	Somme.
A	95,01	0,25	0,94	2,92	0,45	0,39	99,93
B	85,64	"	traces	0,59	13,60	0,19	100,02
C	97,61	"	0,033	1,01	0,37	traces	99,98
D	65,90	"	traces	0,41	33,41	0,30	100,02

#### Schiste siliceux.

Eaux-Chaudes. — Une roche siliceuse des Eaux-Chaudes (Pyrenées), ayant les caractères du hornfels des Allemands, a été analysée par M. C. W. C. Fuchs (2).

(1) *Berg und Huttenmännische Zeitung*, 1873; 30 et 31.

(2) *Jahresbericht der Chemie*, Al. Naumann; 1870, 1849.

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
	61,20	15,80	12,15	0,75	1,40	0,48	1,30	0,81	100,00

Roches argileuses.

OFFENBACH. — M. Th. Petersen (1) a donné une analyse de l'argile à Septaria d'Offenbach : elle est gris bleuâtre, assez plastique, et contient de petits cristaux de pyrite de fer ainsi que du gypse.

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	KaO	NaO	Pyrite de fer	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Substances organiques	Somme.
Sable quartzeux.	23,31	34,80	14,65	2,07	3,03	3,23	4,40	2,08	0,61	0,65	0,11	5,02	6,40	100,36 (*)

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	BO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	KO et NaO	Alcalis.	Eau et perle.	Somme.
A	42,2	0,5	55,6	0,6	33,4	17,8	"	6,6	2,2	100,00
B	33,8	0,5	55,4	0,6	33,4	17,8	"	2,5	2,5	100,00

On voit que ces boues ont des couleurs et des compositions très variées ; tantôt elles sont riches en magnésium, comme A, tantôt elles sont riches en alumine, comme B et C. Quelquefois elles contiennent aussi une proportion notable d'acide borique.

En tout cas, les boues déposées vers les sources du Yellowstone font bien comprendre, par des phénomènes actuels, comment des argiles aluminées ou magnésiennes ont pu venir de l'intérieur de la terre.

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	HO	Somme.
Argille en blocs.	40,65	41,82	Traces	1,60	0,54	5,26	99,65

DANS la province de Burgos, près de Pancorvo, M. A. Pique (2) a observé une argile blanche qui est associée à de l'hématite rouge et à un peu de fer spathique. On a trouvé pour sa composition :

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	HO	Somme.
	40,65	41,82	Traces	1,60	0,54	5,26	99,65

Cette argile est remarquable en ce qu'elle forme une sorte de filon qui peut atteindre 3 mètres d'épaisseur. Sa direction est N. 45° O. magnétique, c'est-à-dire à peu près celle des calcaires.

(1) F. V. Hayden. Preliminary report of the United States Geological Survey of Montana, 1871; 130.  
(2) Neues Jahrbuch et Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1872; 1276.

crétacés du pays; d'un autre côté, dans certaines parties, elle oblique ces mêmes calcaires, au lieu d'être parallèle à leur stratification.

Argile à Septaria.

OFFENBACH. — M. Th. Petersen (1) a donné une analyse de l'argile à Septaria d'Offenbach : elle est gris bleuâtre, assez plastique, et contient de petits cristaux de pyrite de fer ainsi que du gypse.

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	KaO	NaO	Pyrite de fer	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Substances organiques	Somme.
Sable quartzeux.	23,31	34,80	14,65	2,07	3,03	3,23	4,40	2,08	0,61	0,65	0,11	5,02	6,40	100,36 (*)

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	BO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	KO et NaO	Alcalis.	Eau et perle.	Somme.
A	42,2	0,5	55,6	0,6	33,4	17,8	"	6,6	2,2	100,00
B	33,8	0,5	55,4	0,6	33,4	17,8	"	2,5	2,5	100,00

On voit que ces boues ont des couleurs et des compositions très variées ; tantôt elles sont riches en magnésium, comme A, tantôt elles sont riches en alumine, comme B et C. Quelquefois elles contiennent aussi une proportion notable d'acide borique.

En tout cas, les boues déposées vers les sources du Yellowstone font bien comprendre, par des phénomènes actuels, comment des argiles aluminées ou magnésiennes ont pu venir de l'intérieur de la terre.

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	HO	Somme.
Argille en blocs.	40,65	41,82	Traces	1,60	0,54	5,26	99,65

DANS la province de Burgos, près de Pancorvo, M. A. Pique (2) a observé une argile blanche qui est associée à de l'hématite rouge et à un peu de fer spathique. On a trouvé pour sa composition :

ROCHES.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	HO	Somme.
	40,65	41,82	Traces	1,60	0,54	5,26	99,65

Cette argile est remarquable en ce qu'elle forme une sorte de filon qui peut atteindre 3 mètres d'épaisseur. Sa direction est N. 45° O. magnétique, c'est-à-dire à peu près celle des calcaires.

(1) F. V. Hayden. Preliminary report of the United States Geological Survey of Montana, 1871; 130.  
(2) Neues Jahrbuch et Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1872; 1276.



mélange grenu de grenat, d'omphazite et d'amphibole avec un peu de quartz.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	NaO	KO	Somme.
I	42,38	24,91	7,79	0,21	19,57	2,15	0,59	100,00
Ia	37,04	26,87	8,70	0,32	21,18	2,35	0,64	99,82
Ib	32,11	20,95	5,96	0,11	16,38	2,2	1,75	99,91

Bien que l'écolite contienne du quartz, on voit cependant qu'elle appartient aux roches qui sont très pauvres en silice.

**QUEENSLAND.** — Sur la rivière Bowen, près de la station M'Dougal, M. Daintree (1) indique, dans des roches trappéennes ou volcaniques anciennes, une roche d'épidote contenant de petits nodules de cuivre métallique. Cette dernière I, dont la densité est 5,172, se laisse attaquer par l'acide chlorhydrique qui en dissout 66,28 p. 100, la laissant un résidu insoluble I<sub>a</sub>.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	NaO	KO	CaO	Eau combinée.	hygroscopique.	Somme.
I	42,38	24,91	7,79	0,21	19,57	2,15	0,59	0,19	0,40	0,98	0,83	100,00
Ia	37,04	26,87	8,70	0,32	21,18	2,35	0,64	0,17	0,64	1,47	1,24	99,82
Ib	32,11	20,95	5,96	0,11	16,38	2,2	1,75	0,55	0,40	1,47	1,24	99,91

Il est possible que cette épidote soit formée de deux variétés d'épidote dont l'une s'attaque plus difficilement par l'acide; d'un autre côté, la petite quantité d'alcalis semblerait indiquer un peu de feldspath.

Dans le même gisement on rencontre une amygdaloïde, dont toutes les cavités sont remplies par de la prehnite radiale qui est accompagnée de chaux carbonatée, ainsi que de sulfure et de carbonate de cuivre. Des veines de quartz renferment également du cuivre.

Il importe d'observer que ces trapps cuprifères du Queensland sont analogues à ceux qui sont intercalés dans l'étage du grès de Potsdam au lac Supérieur.

**Talc.** — Un talc compacte et translucide de la Caroline du Nord a été analysé par M. B. S. (2).

	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Eau	HO	Somme.
	57,12	33,76	2,52	0,64	6,01	100,05

Sa dureté est 2,5 et sa densité 2,8. On le scie facilement en dalles minces qui sont utilisées pour les constructions.

(1) Quarterly Journal of the Geological Society, vol. XXVIII, p. 414. (2) Delessé, Études sur le métamorphisme, Annales des mines, 1857-1858. (3) American Journal, 1872, IV.

**Serpentine.**

La serpentine est souvent associée à d'autres roches auxquelles elle présente même des passages insensibles; c'est ce que M. Th. Petersen (1) a observé pour les grunsteins, pour la diabase, pour l'hypérite, pour le gabbro, pour la diorite, pour la péridotite ainsi que pour les schistes talqueux et chloritiques.

M. Sandberger mentionne également la diabase des environs d'Herborn qui se change en serpentine, près de son contact avec le schiste à cypridines. On sait d'ailleurs que les filons de roches éruptives passent fréquemment à une écorce serpentineuse ou bien à un trapp serpentineux près de leur contact avec la roche encaissante (2).

M. St. Meunier (3) a étudié diverses serpentes grises de venant des Alpes, de Styrie, de l'Archipel et du Brésil. Leur structure est grenue; leur dureté celle de la chaux carbonatée et, elles ont une densité comprise entre 2,37 et 2,50. L'analyse d'un échantillon moyen lui a donné la composition suivante:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	HO	Somme.
	39,90	1,25	6,42	2,00	38,10	11,60	99,27

Examinant cette serpentine au microscope et à la lumière polarisée, M. St. Meunier y a distingué de grains cristallins entourés par une substance grise, opalescente et amorphe. Pour séparer ces deux éléments, il a eu recours à une attaque par une lessive concentrée de potasse. En opérant à chaud, la roche perd la plus grande partie de son eau et ensuite elle se laisse attaquer très facilement par l'acide chlorhydrique en donnant de la silice gélatineuse. D'après ces résultats, M. St. Meunier considère la serpentine grise comme essentiellement formée par un mélange de grains cristallins de péridot avec un hydrosilicate magnésien; ce dernier correspondrait à la substance amorphe qu'on voit sous le microscope, et il renfermerait environ 25 p. 100 d'eau, ce qui semblerait indiquer que c'est une magnésite. La serpentine grise contient aussi une proportion très-petite de fer oxydure et d'un silicate inattaquable par l'acide chlorhydrique. Ce silicate, comme l'observe M. St. Meunier, peut appartenir au pyroxène; on sait, en effet, qu'il y a souvent du diallage ou du pyroxène magnésien dans la serpentine, particulièrement dans celle des Vosges; d'un autre côté, lorsqu'on traite de l'alumine et de la chaux dans les résidus

(1) Neues Jahrbuch, 1872, 590. (2) Delessé, Études sur le métamorphisme, Annales des mines, 1857-1858. (3) Comptes rendus, LXXIV, 1325.

de l'attaque par l'acide chlorhydrique, nous pensons qu'elles indiquent plutôt du grenat, qui, du reste, s'observe fréquemment dans la serpentine.

**TYROL-SEPTENTRIONAL.**—A—Windisch-Matrey, dans le nord du Tyrol, M. H. von Dräsche (1) a étudié une serpentine verte claire, dans la pâte de laquelle on distingue deux substances minérales rhombiques, de dureté égale, et qui contient en outre un peu d'ankerite, de fer oxydulé et de diallage.

Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	Perte au feu.	Somme.
2,69	41,57	0,67	2,63	5,31	1,22	36,66	0,51	1,88	100,45

Une recherche postérieure a montré que cette serpentine renferme 0,22 d'oxyde de nickel. Elle est d'ailleurs intercalée dans un calcschiste micacé (*Kalktimmer-Schiefer*) et traversée par des veines de chaux carbonatée, d'asbeste ainsi que de chrysotile.

**HEILIGENBLUT.**—Au pied du Grossglockner, à Heiligenblut, le calcschiste micacé contient des couches puissantes de roches serpentineuses et de schistes amphiboliques. Deux variétés des premières roches ont encore été analysées par M. H. Von Dräsche (2) :

Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	HO	Somme.
A 2,79	40,39	0,68	4,98	3,32	30,12	4,78	3,88	100,13
B 2,91	41,05	1,67	8,82	3,15	33,70	3,75	8,55	100,60

M. von Dräsche pense que ces roches serpentineuses sont constituées par deux minéraux cristallisés microscopiques. L'un serait peut-être la Bastite, l'autre plus dur, devrait être considéré comme Bronzite. Du reste, on y observe aussi du diallage et du fer oxydulé.

**Roches feldspathiques plutoniques.**  
**Granite.**—M. Wobsky (3) a observé de la chaux carbonatée dans les druses du granite de Striegau. Déjà l'association et même le mélange intime de ce minéral avec le granite avait été constaté, et c'est un fait duquel il est nécessaire de tenir compte dans les hypothèses ayant pour but d'expliquer la formation du granite.

**Pyrenées.**—M. C. W. C. Fuchs (4) a donné la composition d'un

(1) *Tschermak-Mineral. Mittheil.*, I.  
(2) *Tschermak. Mineral. Mittheil.*, I, et *Neues Jahrbuch*, 1872, p. 322.  
(3) *Tschermak. Mineral. Mittheil.*, 1872.  
(4) *Jahresbericht der Chemie*, Ch. Naumann, 1870, p. 134.

gneiss de Montauban, qui est schistoïde, riche en quartz, pauvre en feldspath et qui renferme de petites concrétions :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
66,04	19,58	1,87	3,02	0,91	1,54	3,85	0,91	2,43	99,84

#### Syénite (Tonalite).

**ADAMELLO.**—M. Curioni (1) a fait des recherches sur le gisement de la variété de syénite ou plutôt de diorite qui a été désignée sous le nom de *Tonalite*. Cette roche forme l'ossature de la chaîne de l'Adamello, reparant dans la Valteline, et occupe aussi de grandes surfaces en Piémont. Elle se compose d'anorthose, d'orthose, d'hornblende, de mica ferro-magnésien et de quartz. Par sa constitution minéralogique, elle se rapproche assez de la diorite micacée de Clefey dans les Vosges qui passe d'ailleurs à la syénite (2). Ses minéraux accessoires sont, du reste, le grenat, et quelquefois de l'hydroxyde de fer.

Suivant M. Curioni, la *tonalite* est une roche éruptive qui s'est consolidée sous la mer où elle a été recouverte par des terrains sédimentaires postérieurs à son apparition. Comme l'a déjà signalé M. vom Rath dans la haute vallée Camonica, ces terrains sont en concordance parfaite avec la roche éruptive. M. Curioni pense que cette dernière est venue au jour par suite de sa plasticité ainsi que de sa légèreté relative. Il pense en outre qu'elle est postérieure aux terrains paléozoïques, cette conclusion s'accorde, du reste, avec les observations de M. de Mortillet, desquelles il résulte que les terrains anthraxifères des Alpes sont traversés par la syénite; elle s'accorde aussi avec les études faites en Styrie par les géologues de l'Institut impérial de Vienne et avec celles du professeur Tarantelli dans la Carniole.

#### Syénite à ouralite.

La syénite du lac Turgojak est caractérisée, d'après M. P. de Jeremejew (3) par la présence de l'ouralite. Son feldspath blanc jaunâtre est un orthose ayant, dans certaines variétés, beaucoup de ressemblance avec la pierre du Soleil d'Utojschikina, qui a été décrite par M. Des Cloizeaux. Au microscope on y distingue de très-petites lamelles de ferrobélite.

Des grains noirs qu'on considérerait comme de l'hornblende, et qui ont, en effet, le clivage de 124° 11', présentent les caractères de l'augite, particulièrement du malacoïthe et du diopside; dans certains cas, on trouve du reste de beaux cristaux d'ouralite. En

(1) *Comitato geol. Italiano*, Avril 1873.  
(2) Delesse. *Annales des mines* [4] XIX, 259.  
(3) *Neues Jahrbuch*, 1872, p. 404.

d'une porphyrite qui, autour du Mont Wyatt, se trouve également associée à des filons aurifères. Elle renferme souvent des pyrites et voici sa composition :

M. de Jeremejew nomme cette roche nouvelle *Syénite à orygalite* (*Uralit-syenit*). C'est à tort, suivant nous, qu'il attribue cette syénite à une métamorphose chimique qui aurait altéré postérieurement son augite et son orthose; car tous les caractères assignés à ses minéraux indiquent bien qu'ils sont originaires.

**Porphyre.**

ODENWALD. Le dyas de l'Odenwald méridional a été étudié par M. Emil Cohen (1). Deux porphyres quartzifères du Rothliegendé ont été analysés, l'un A par M. H. Wertheil, l'autre B par M. A. Sempner (2).

A Porphyre le plus ancien, qui est euritique et contient peu de fragments; il a été pris à Handschuchsheim.

B Porphyre le plus récent, qui a fait éruption après le début du Rothliegendé; il vient des environs de Ziegelhausen.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	NaO	HO	Somme.
A	75,39	12,82	0,71	0,85	0,65	0,67	0,34	0,08	4,24	99,99
B	74,55	13,36	0,34	1,16	0,47	0,38	6,14	2,45	1,74	100,79

**Eurite.**

QUEENSLAND. — M. le professeur Thompson de Sidney a analysé une eurite (felsite) du mont Wheeler (3). Elle est pyriteuse, passe au trachyte, contient de petits grains verts d'hornblende, et se trouve en relation avec les gîtes aurifères. Sa densité est 2,56. La partie attaquable par l'acide chlorhydrique est de 96,75; la partie inattaquable est de 3,25.

En outre M. Daintree (2) a donné la composition d'une eurite aurifère de Cumming's Reef (II) aux environs de Rockhampton. Cette roche forme un dyke dans un schiste micacé et amphibolique; elle contient de la pyrite cuivreuse qui est décomposée, de l'oxyde de fer ainsi que de l'hydrosilicate de cuivre. On l'exploite elle-même comme minéral d'or et le métal y est disséminé sporadiquement, sans se réunir en veines.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Cu <sub>2</sub> O	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
Ia	76,28	12,64	0,92	0,85	—	0,33	traces	3,30	4,59	0,16	99,07
II	36,57	23,97	1,59	1,00	—	1,57	traces	1,14	2,00	19,98	96,79
II	69,90	12,74	0,42	1,88	—	—	—	0,01	0,53	0,16	99,70

**Porphyrite.**

QUEENSLAND. — M. Daintree (3) donne également la composition

(1) Neues Jahrbuch, 1872, 98.  
(2) Quarterly Journal of the geological Society, XXVII, 361.  
(3) Quarterly Journal of the geological Society, XXVIII, 302.

d'une porphyrite qui, autour du Mont Wyatt, se trouve également associée à des filons aurifères. Elle renferme souvent des pyrites et voici sa composition :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Eau combinée.	Hygroscopique.	Somme.
	60,07	21,18	5,53	4,83	2,07	2,12	2,23	1,31	0,65	—	99,99

**Kersantite.**

QUEENSLAND. — Sous le nom de granite syénitique, M. Daintree (1) décrit une roche de Rawenswood qui semblerait plutôt se rapporter à la kersantite (2). Elle contient, en effet, du feldspath anorthose, du quartz, du mica brun et un peu d'hornblende. Sa analyse a donné :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Eau combinée.	Hygroscopique.	Somme.	
	60,07	21,18	5,53	4,83	2,07	2,12	2,23	1,31	0,65	—	99,99

Suivant M. Daintree, cette roche granitoïde du Queensland est sédimentaire et métamorphique; il est probable qu'elle représente le silurien inférieur de Victoria ou même des roches métamorphiques plus anciennes de cette colonie. Elle est d'ailleurs traversée par de riches filons de quartz aurifère qui sont exploités activement et qui se retrouvent également dans les micaschistes ainsi que dans les schistes amphiboliques du Queensland. Au Mont Perry, des filons de cuivre ont en outre été rencontrés dans la même roche métamorphique.

**Diorite.**

QUEENSLAND. — M. Daintree (3) a fait connaître la composition d'une diorite pyriteuse qui est très-développée dans le Queensland oriental, où elle paraît en rapport avec une grande richesse aurifère. Sa densité varie de 2,7 à 3,5 suivant la proportion de pyrite, et la roche passe aussi à une sorte de serpentine :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	CO <sub>2</sub>	S	Eau combinée.	Hygroscopique.	Somme.
	47,47	19,49	1,57	11,24	7,10	5,67	0,28	2,73	1,46	0,34	1,15	—	99,65

Gympie. — Le principal district aurifère du Queensland est celui de Gympie : les filons de quartz les plus riches sont ceux qui traversent ou qui accompagnent une diorite cristalline. On trouve

(1) Geol. Society, XXVIII, 300.  
(2) Delesse. Annales des mines (4), XIX, 164.  
(3) Quarterly Journal of the geological Society, XXVIII, 302.

aussi dans ce district des tufs de diabase qui sont fossilifères et contemporains du terrain dévonien dans lequel ils sont intercalés. Ces deux roches, associées à l'or du Queensland, ont encore été analysées par M. Daintree (1) et examinées au microscope par M. Allport.

I<sup>a</sup> Diorite cristalline, éruptive, contenant de l'hornblende, de l'anorthose, de l'orthose, un peu de mica brun et des pyrites.  $d = 2,75$ . La partie soluble dans l'acide chlorhydrique I<sub>a</sub> est de 54,78; la partie insoluble I<sub>b</sub> est de 45,22.

II Tuf de diabase, trappéen et fossilifère, dont les débris sont fortement altérés; on y distingue cependant des parcelles feldspathiques ainsi que du fer oxydulé; c'est la roche que les géologues anglais nomment *Trappean ash*. La partie soluble dans l'acide chlorhydrique II<sub>a</sub> est de 45,10; la partie insoluble II<sub>b</sub> est de 54,90.

	SiO <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Si	CO <sup>2</sup>	HO combl. née.	HO hygroscop. plique.	Somme
I	50,50	18,49	1,47	6,44	8,80	8,53	0,64	1,66	0,19	0,82	1,60	0,85	99,99
I <sub>a</sub>	41,94	19,56	2,68	7,79	10,09	9,94	0,21	2,00	0,35	1,40	2,92	1,55	100,43
I <sub>b</sub>	60,86	17,19	0,79	5,18	7,24	6,82	1,03	0,28	»	»	»	»	98,55
II	43,15	21,57	3,61	8,52	12,45	1,78	1,31	1,71	»	3,56	1,10	0,50	99,26
II <sub>a</sub>	60,75	19,39	»	4,80	7,21	1,87	2,90	3,79	»	»	»	»	100,74
II <sub>b</sub>	28,23	23,44	6,58	11,67	16,07	2,02	»	»	»	6,48	2,00	0,91	97,40

#### Wolynite.

Près de Michailovka, en Wolynie, M. J. Mutschketow (2) a trouvé une nouvelle variété de diorite orbiculaire à laquelle il donne le nom de *Wolynite*. Le feldspath, qui appartient à l'anorthose, affecte une structure globuleuse, et s'est groupé suivant des ellipsoïdes; ses rapports d'oxygène sont  $\div 1 : 2,61 : 7,29$ . L'hornblende qui l'accompagne présente une couleur noirâtre, et la roche contient d'ailleurs un peu de fer oxydulé ainsi que de la pyrite de fer.

#### Diabase.

MM. Th. Petersen et R. Senfter (3) ont fait une étude de la diabase du Nassau et d'autres localités, le premier au moyen du microscope, le deuxième par l'analyse chimique.

Voici d'abord, d'après M. Senfter, la composition du feldspath anorthose, extrait de deux diabases et provenant, l'un I, d'Odersbacherweg, l'autre II, de Kupferberg :

	SiO <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	NaO	KO	HO	Somme.
I	64,04	23,05	7,49	4,08	1,34	100,00
II	61,47	25,09	9,31	2,66	1,47	100,00

On sait que la diabase, de même que le mélaphyre et la plupart

(1) *Quarterly Journal*, XXVIII, 293.

(2) *Verhandlungen der K. Russischen Mineralogischen Gesellschaft zu Saint-Petersburg*, VII, 72.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1872; 573 et 673.

des roches hydratées à base d'anorthose, emprunte sa couleur à une sorte de terre verte qui s'y trouve intimement disséminée et qui se laisse attaquer complètement par l'acide chlorhydrique. Cette terre verte de la diabase a reçu de M. Liebe le nom fort complexe de *Diabantachromyne*, et d'autres l'ont aussi appelée *Viridite*; mais, suivant MM. Kerngott et Petersen, un nom nouveau ne serait pas nécessaire, et l'on doit regarder comme des variétés de ce minéral la Delessite, la Gréngésite, l'Épichlorite, la Métachlorite, l'Aphrosidérite, la Kammérite et la Pennine.

M. Senfter a d'ailleurs fait l'analyse de parcelles de terre verte extraites de la diabase de Tringenstein, près de Dillenburg; cette roche est formée d'anorthose blanc ou verdâtre, d'augite brunâtre, de lamelles vertes ressemblant à la Gréngésite. Elle contient en outre du fer oxydulé ainsi que de la pyrite de fer :

SiO <sup>2</sup>	TiO <sup>2</sup>	Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	FeO	Cu	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Somme.
28,02	traces	13,03	5,42	31,06	traces	1,57	10,87	0,40	traces	9,74	100,14
14,94	0,9	6,07	1,63	6,90	»	0,45	4,83	0,10	»	8,66	
		7,70				1,980	10,11				

Malheureusement la substance analysée n'est pas pure, car on y distingue du feldspath et du fer oxydulé; d'après cela, attribuant les alcalis ainsi que la chaux à un mélange de labrador, M. Senfter admet pour les rapports d'oxygène entre SiO<sup>2</sup>, Al<sup>2</sup>O<sup>3</sup>, RO, HO  $\div 6 : 3 : 6 : 4$ , ce qui le conduirait à la formule adoptée par M. C. Rammeisberg pour la chlorite  $2(RO)^3, SiO^2 + Al^2O^3, SiO^2 + 4HO$ .

Des analyses très-complètes de la masse de plusieurs diabases ont encore été faites par M. Senfter :

A Diabase à gros grain du tunnel de la Lahn près Weilburg. Elle est formée d'anorthose avec de l'augite noir et brillant. On y voit aussi du fer oxydulé, du fer titané, de la pyrite de fer, très-peu de mica et d'apatite. Attaquée par l'acide chlorhydrique, elle perd 56,89 p. 100 et donne un résidu de 49,90 p. 100.

B Diabase porphyrique qui supporte le burg de Graveneck. Elle se divise en prismes. L'anorthose et l'augite sont disséminés dans sa pâte qui est dure, compacte, vert noirâtre et lui donnent la structure porphyrique. Attaquée par l'acide chlorhydrique, elle perd 56,93 p. 100 et laisse un résidu de 43,73. Cette variété de diabase est très-fréquente aux environs de Weilburg et de Dillenburg; elle est souvent entourée par les spilites (*Mandelstein, Schalsstein*), qui sont classiques dans ce pays, et elle se trouve au contact immédiat du calcaire dévonien à stringocephales.

C Diabase porphyrique de Kupferberg, en Haute Franconie. Sa composition minéralogique est la même que les précédentes, et indépendamment du fer oxydulé et de la pyrite, on y retrouve de l'apatite. L'augite a été pseudomorphosé par la substance verte qui forme aussi des nuages dans le feldspath; la partie attaquée par l'acide chlorhydrique est de 53,10

p. 100. De même que dans le Voigtland saxon, cette diabase alterne avec les couches du terrain de transition.

D Variété de diabase rapportée de l'île Madère par M. von Fritsch. Cette roche est l'une des plus anciennes de l'île. Son oligoclase atteint jusqu'à 0<sup>m</sup>,1 et son augite est noir. De l'analclime en petits trapézoïdres tapisse ses cavités et, dans certaines parties, elle fait effervescence.

Densité.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CO	Ni	Zn	Cu	Pb
A	2,918	48,62	2,80	10,25	traces	0,422	0,012	traces	traces	traces	traces	traces
B	2,955	41,17	3,08	13,24	traces	3,56	12,50	traces	traces	traces	traces	traces
C	2,969	43,03	3,33	17,59	traces	3,92	7,38	traces	traces	traces	traces	traces
D	2,79	49,15	0,85	12,86	traces	5,07	10,36	traces	traces	traces	traces	traces

CaO	BaO	NaO	KO	H <sub>2</sub> O	PO <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	S	As	Cl	Fl	Autres (traces organiques).	Somme
5,91	traces	5,23	1,60	3,36	0,36	0,13	traces	traces	traces	traces	traces	traces	100,00
10,24	traces	2,57	1,60	3,21	0,53	0,64	traces	0,09	traces	traces	traces	traces	100,00
10,66	"	3,81	1,41	3,39	0,33	0,50	traces	0,12	traces	traces	traces	traces	100,00
6,57	"	5,49	2,29	3,21	0,99	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces	100,00

M. Seiffert résume ainsi les principaux résultats de ses recherches :

La diabase contient un feldspath anorthose qui est de l'oligoclase ou bien un anorthose à base de chaux et qui se rapporte alors au labrador.

Elle renferme aussi de l'augite, dans lequel la proportion de chaux est à peu près égale à celle de la magnésie augmentée du protoxyde de fer.

La substance donnant à la roche sa couleur verte paraît être une chlorite ferrugineuse, dont la formule serait celle qui a été adoptée par M. Rammelsberg pour la chlorite.

La diabase renferme toujours du fer oxydulé titané, de l'apatite, quelquefois encore de la calcite.

Des minéraux métallifères lui sont en outre associés.

Différentes roches considérées précédemment comme des hypérites, et en particulier les hypérites du Nassau, sont en réalité des diabases.

**Mélaphyre.**

Des veines de plomb métallique, qui paraissent résulter d'une infiltration, ont été observées par M. C. Zerr en ner (1), dans le mélaphyre de Stutzerbach, en Thuringe.

SIRANOWSK. — Dans sa description de l'Altai, M. Bernhard von Gotta (2) donne, d'après des analyses faites à Barnaul, la compo-

(1) *Jahresb. der Chemie*, 1869; 1189.  
(2) *Der Altai*, 1871; 227.

sition du grunstein ou porphyre augitique de la riche mine d'argent de Siranowsk :

SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	MgO	CaO, CO <sub>2</sub>	Somme.
48,87	0,06	0,37	33,52	5,98	1,32	2,18	6,19	99,48
50,45	0,85	0,42	35,26	8,75	1,18	1,28	1,45	99,64

Ce porphyre augitique doit contenir non-seulement de l'eau mais encore de la soude et de la potasse, puisqu'on en trouve dans toutes les roches de ce genre, son analyse n'est donc pas complète. Il est d'ailleurs intercalé dans le schiste dévonien auquel il reste généralement parallèle, et dans lequel il forme aussi des ramifications.

**Euphotide.**

PRATO. — M. Drechsler a analysé, dans le laboratoire de M. A. Bauer (1), une euphotide (*gabbro*) du Prato, en Toscane. Elle avait été prise près de la limite du gabbro et de la serpentine; sa structure cristalline était à gros grain, et sa densité s'élevait à 2,840; elle contenait de l'anorthose, du diallage et en outre de la serpentine :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	H <sub>2</sub> O	Somme.
55,68	18,58	5,49	1,29	12,05	1,08	0,42	3,09	2,01	99,59

**Roches feldspathiques volcaniques.**

**Trachyte.**

IRLANDE. — Jusqu'à présent, dans les îles Britanniques, le trachyte est connu seulement dans les comtes de Down et d'Antrim, vers le nord de l'Irlande.

M. Ed. Hull a observé qu'il est formé par une pâte feldspathique grisâtre ou presque blanche, contenant des cristaux de sanidine, de l'anorthose, des grains de quartz, un peu de fer oxydulé, et plus rarement du mica. Voici, d'après M. E. T. Hardman, l'analyse du trachyte colonnaire qui s'exploite comme pierre à bâtir dans la montagne Tardree :

Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	NaO	Perte au feu.	PO <sub>5</sub>	Somme.
2,435	76,90	5,10	2,34	7,06	0,30	4,28	1,82	2,10	traces	99,88

(1) *Tschermak. Mineral. Mittheil.*, 1872; 79.

Suivant M. Hull, le trachyte a probablement fait éruption en Irlande en même temps qu'en Auvergne; le basalte d'Antrim n'est venu que postérieurement et sans doute longtemps après. Quant à l'absence de cratères en Irlande, elle doit vraisemblablement être attribuée à la dénudation qui était surtout très-énergique pendant l'époque postpliocène.

MONT DORE. — M. de Lasaulx (1) a examiné différentes variétés de trachyte-quartzifère (*Quartztrachyt*) provenant des monts Dore et semblables au trachyte des îles Pôzza, qui a été analysé précédemment par M. Abich. Relativement au gisement de ces roches et de plusieurs autres dont l'analyse sera donnée plus loin, on trouvera d'ailleurs des indications plus détaillées dans les ouvrages de M. A. Burat et de Lecoq (Époques géologiques de l'Auvergne).

A Trachyte rouge de brique avec une pâte lithoïde. Dans quelques parties, offrant la structure sphérolitique, il passe au *Thonstein* ainsi que M. de Lasaulx et le professeur C. Naumann l'a signalé pour le pépite. Du fer oligiste qu'on distingue paraît être une imprégnation postérieure. Cette roche se trouve en blocs isolés au ravin de l'Uclade. L'analyse en a été faite par M. de Bonhorst.

B Trachyte quartzifère, gris clair ou blanchâtre, avec une pâte lithoïde. Des pores produits par des vapeurs s'observent dans son feldspath sanidine qui enveloppe aussi des grains de quartz. Il se présente en filon dans le ravin de l'Uclade.

C Trachyte quartzifère, gris clair, avec sphérolithes, de couleur gris brunâtre ou gris verdâtre; il forme un banc puissant au ravin de l'Uclade. Les sphérolithes sont originaires dans la roche et présentent des traces de contraction qui du reste s'observent très-fréquemment dans les diverses roches globuleuses (De Lasaulx: Recherches sur les roches globuleuses).

D Trachyte quartzifère, rougeâtre, mat, ayant une pâte peu poreuse qui ressemble au *Thonstein*; on y distingue du sanidine, des traces d'anorthose, du quartz grisâtre et du mica vert noirâtre. C'est une variété de domite qui se montre en filon dans les tufs stratifiés de la vallée de la Dordogne près Rigolet-Bas.

E Trachyte légèrement porphyrique, brun, dur, compacte et à cassure conchoïde, pris non loin de l'échantillon précédent et à peu près vis-à-vis le ravin de l'Uclade; il forme un filon dans des tufs blancs, feldspatbiques, semblables au trass. On y observe du sanidine, de l'anorthose, de l'hornblende, du mica, du fer oxydulé, de l'oxyde de fer brun-rouge; en outre ses druses et ses fissures sont tapissées de calcédoine, de quartz et de zéolithes, particulièrement de mésotype (*Natrolite*).

(1) *Neues Jahrbuch*, 1872; 281.

L'examen au microscope et d'analyse qui a été faite par M. de Bonhorst montrent que cette roche contient beaucoup d'anorthose (oligoclase); on peut la considérer comme une variété de Dacite à base d'anorthose ou de trachyte feldspathique. En tout cas elle diffère beaucoup des trachytes quartzifères qui viennent d'être décrits, puisqu'elle est bien moins riche en silice et qu'on ne distingue même pas de cristaux de quartz dans sa pâte.

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	KO	NaO	MgO	HO	Somme.	Rapport d'oxygène.
A	2,309	78,32	1,48	10,91	0,23	3,19	4,02	1,44	99,59	0,171	
B	2,31	77,21	1,01	10,32	1,02	4,89	3,58	1,72	99,70	0,173	
C	2,39	74,80	2,03	14,47	0,74	1,69	6,63	0,66	100,00	0,229	
D	2,56	71,21	1,73	14,65	0,50	4,21	5,89	0,23	1,33	99,75	0,258
E	2,50	65,75	1,70	21,60	2,59	3,33	4,51	1,81	99,72	0,329	

(\*) Traces de MnO supposées.

(?) Traces de Mn et CO<sub>2</sub>.

(\*\*\*) Traces de Mn, BaO, PO<sub>3</sub>; traces notables de CO<sub>2</sub>; traces de FeO.

QUEENSLAND. — Un dyke de trachyte s'exploite à Gladstone pour les constructions de la colonie Queensland, en Australie. Il traverse les couches dévonienues, mais il ressemble à une roche beaucoup plus récente et en particulier au trachyte du Puy-de-Dôme. D'après M. Duff (1), auquel sont dus ces renseignements, voici quelle est sa composition :

Densité.	Eau							Somme.
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KO	NaO	comblée.	hygroscopique.	
2,320	67,50	14,67	5,35	5,65	4,60	0,70	0,60	99,37

ARRAN. — M. J. W. Young (2) a déterminé la composition des rétinites classiques de l'île d'Arran qui contiennent souvent des cristaux d'orthose leur donnant la structure porphyrique :

A Rétinite noir verdâtre de Corrugells Shore, une variété décomposée contenant plus de 11 p. 100 d'eau.

B Rétinite porphyrique, d'un filon de 10 mètres, sur la route de Lamash.

C Rétinite noir verdâtre de Moneadh-Mhor Glen.

D Rétinite gris verdâtre de la même localité. Cette variété contient un peu plus d'eau que la précédente et, suivant l'auteur, elle serait décomposée.

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	KO	NaO	HO	Somme.
A	2,336	72,55	12,08	1,50	0,50	4,32	3,64	5,41	100
B	2,327	73,00	12,27	1,27	0,50	3,92	3,92	5,12	100
C	2,343	71,94	12,31	1,31	0,80	4,27	4,00	5,37	100
D	2,323	71,27	11,60	1,69	0,95	4,17	3,45	6,67	100

(1) *Quarterly Journal of the geological Society*, XXVIII, 312.

(2) *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie*, 1872; 1261.

Dans ces rétinites d'Arran, la soude, qui a d'ailleurs été obtenue par différence, se trouve en proportion généralement un peu inférieure à celle de potasse.

USCLADE. — Le professeur C. F. Naumann (1) a fait observer que les roches de trachyte vitreux que l'on voit si bien près d'Usclade, sur la route des Bains du mont-Dore à Murat-le-Quaire, ne doivent pas être rapportées à l'obsidienne porphyroïde ni au stigmite perlé, ainsi que l'avaient pensé divers auteurs; elles appartiennent certainement au rétinite. M. A. de Lasaulx a reconnu, en effet, qu'elles contiennent plus de 8 p. 100 d'eau avec environ 70 p. 100 de silice. C'est également ce que M. Delessé a constaté par des essais de ces roches dont le gisement montre même un passage du rétinite à des fufs poreux et trachytiques.

Voici du reste la composition du rétinite de l'Usclade, d'après M. de Lasaulx (2); l'échantillon analysé avait une couleur verte, contenait du sanidine et montrait sous le microscope des pores allongés, produits par la vapeur, ainsi que des cristallites ayant la forme de aiguilles.

Table with 8 columns: Densité, SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaO, MgO, KO, NaO, Somme. Values: 2,23, 69,23, 13,71, 1,03, 0,21, traces, 3,35, 4,7, 8,26, 99,86

Le quotient d'oxygène est égal à 0,226. La composition de ce rétinite se rapproche de ceux de l'Islande qui ont été analysés par MM. Kjerulf et de Hauer.

Phonolite.

USCLADE. — Le phonolite bien caractérisé du ravin de l'Usclade, dans les monts Dore, a encore été examiné par M. de Lasaulx. Il est en filons, à gros grains, contient du sanidine, de l'hornblende, du fer oxydulé; au microscope on y distingue de l'anorthose, du péribole avec des pores vitreux, de la néphéline, et on y a probablement aussi de l'augite. L'acide chlorhydrique attaque à 40° par 100 de ce phonolite et le résidu attaqué est de 85,5 p. 100. L'analyse faite par M. de Lasaulx (3) a donné les résultats suivants :

Table with 8 columns: Densité, SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaO, MgO, KO, NaO, HO, Somme. Values: 2,75, 59,84, 12,3, 0,7, 1,35, 0,17, 4,19, 24,52, 11,20, 99,97

(1) Neues Jahrbuch, 1872; 724. (2) Neues Jahrbuch, 1872; 347. (3) Neues Jahrbuch, 1872; 356.

Les quantités d'oxygène sont pour SiO2 51,91, pour Al2O3 1,75, pour RO 2,47, en laissant l'eau de côté, ce qui donne alors 0,445 pour le quotient d'oxygène.

Basalte.

Un andésite pyroxénique de Czibele en Transylvanie a été analysé par M. O. M. d. H. M. (1); il est compacte, gris verdâtre, avec de grandes lamelles d'anorthose et avec du diallage vert clair.

Table with 10 columns: Densité, SiO2, Al2O3, Fe2O3, MnO, MgO, CaO, KO, NaO, Somme. Values: 2,773, 56,56, 21,67, 3,41, 2,57, traces, 2,12, 8,52, 2,10, 2,53, 0,37, 1,11, 99,99

Le nom de Seeböckite a été proposé par M. Bauer (2) pour désigner une zéolithe analysée par M. K. et trouvée par M. Ulrich dans le basalte de Richmond (Victoria). Cette zéolithe présente la même forme que l'Herschelite d'Acic Real, qui a été analysée par M. Damour; mais elle est surtout à base de chaux.

Sur différents points des Sept Montagnes, le basalte contient une substance à laquelle M. de Dechen a donné le nom de Glanzspath. Elle a une structure lamelleuse, et une cassure fibreuse. Sa couleur est grise ou rougeâtre, son éclat soyeux. D'après M. vom Rath (5), sa dureté est supérieure à 6, et voici la composition d'un échantillon venant probablement d'Unkel sur le Rhin:

Table with 7 columns: Densité, SiO2, Al2O3, Fe2O3, MgO, CaO, Somme. Values: 3,150, 38,7, 57,9, 4,4, 8,7, 8,8, 100,5

En tenant compte de ce que du fer oxydulé et de autres substances sont intimement mélangées au Glanzspath, on aurait entre la silice et l'alumine à peu près le même rapport atomique que dans le disthène; c'est-à-dire 56,8 de silice et 65,2 d'alumine. Comme le disthène, ce minéral est complètement infusible au chalumeau; mais M. vom Rath a constaté, sur un fragment de cristal, que sa forme est un prisme à base rhombe dont l'angle aigu mesure 88° et porte une troncature à éclat nacré de 154°. Cette forme se-

(1) Tschermak. Mineral. Mittheilungen, IV, 261, et Neues Jahrbuch, 1873, 428. (2) Deutsche geol. Gesellschaft, XXIV, 391. (3) Poggendorff Ann., CXLVII, 272.

rait donc bien différente de celle du disthène, et elle paraîtrait indiquer un nouvel exemple de dimorphisme.

En tout cas, comme l'observe M. von Rath, il est intéressant de constater l'existence d'un silicate d'alumine pur dans les roches basaltiques, qui peuvent même, mais qu'on ne sait, contenir également de l'alumine cristallisée et à l'état de saphir.

KREUZBERG. — M. F. MÖHL (1) a observé à Kreuzberg, dans la région naturelle qu'on appelle le Rhön, une roche néphélinique à laquelle il donne le nom de basalte, bien qu'elle ne contienne ni périclote, ni anorthose. Il y signale de l'orthose sanidine, de l'augite, du fer oxydulé, de l'hématite qui sont enveloppés dans une pâte de néphéline vitreuse; en outre il y a reconnu des parties microscopiques de fer titané, de nosean, d'augite et d'hornblende.

M. MÖHL remarque d'ailleurs que la pâte vitreuse doit bien être considérée comme de la néphéline, car il a constaté dans des basaltes de Saxe et de Bohême qu'elle passe en des cristaux nets de néphéline, et de plus, ces basaltes sont précisément ceux qui font le mieux géte lorsqu'on les attaque par les acides.

STYRIE. — M. G. FITCH (2) a fait l'analyse de deux basaltes provenant de Styrie dont la structure microscopique a été examinée par M. Peters:

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	PO <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme
A	51,08	4,44	traces	16,39	11,62	4,13	4,91	traces	2,31	1,96	3,64	100,50
B <sub>1</sub>	42,76	1,83	0,88	11,57	16,94	3,90	2,22	2,10	3,25	10,62	4,23	100,30
B <sub>2</sub>	44,15	0,84	0,88	15,44	20,85	4,57	4,57	5,56	3,00	12,48	5,00	99,97

A est un basalte de Weitendorf près Graz; il est noirâtre, très-feldspathique, contient du périclote, de l'augite et de petits grains de fer oxydulé. D'après sa composition minéralogique, il est probable qu'une partie de la magnésie aura échappé dans l'analyse.

B est un basalte du terrain miocène de Klösch. Deux de ses variétés ont été analysées: B<sub>1</sub> dont la structure est compacte, sans cristaux visibles de périclote ou d'augite et B<sub>2</sub> qui forme une masse scoriacée ou une lave basaltique.

Relativement à cette dernière variété on peut s'étonner qu'elle ne contienne pas d'eau, contrairement à ce que nous avons eu l'occasion de constater à diverses reprises dans l'analyse de laves basaltiques provenant de l'Auvergne.

(1) Neues Jahrbuch, 1873; 449.  
(2) Neues Jahrbuch, 1873; 324.

**Ossipyte.** — M. le professeur Hitchcock (1) a proposé le nom d'Ossipyte, d'après celui de la tribu indienne des Ossipees pour une roche nouvelle de Waterville, dans le New Hampshire. Les minéraux qui la constituent ont été analysés par M. E. S. Dana. Sa couleur est foncée et l'on y distingue du Labrador (2). L'Ossipyte contient en outre de petits grains jaunâtres et vitreux de périclote, comme le montre l'analyse (II), et comme l'avait reconnu au Champlain M. de professeur Brush (3).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	Somme
II	51,03	traces	traces	28,07	1,24	11,46	30,62	3,44	0,58	100,37
El	38,85	traces	traces	28,07	1,24	1,43	30,62	3,44	0,58	100,22

(\*) Avec acide titanique.

Tandis que le Labrador de l'Ossipyte présente une grande richesse en chaux, son périclote contient une quantité de fer exceptionnellement élevée pour sa formule,  $\frac{1}{2} \text{FeO} + \frac{1}{2} \text{MgO}$ . Cette roche renferme aussi beaucoup de fer oxydulé magnétique et titané qui lui donne sans doute sa couleur gris noirâtre. De plus on y voit un minéral noir qui, d'après M. E. S. Dana, serait probablement de l'hornblende. Enfin au microscope, sous un grossissement de 200, on distingue dans le Labrador de petites taches foncées, qui sont dues à des cavités dans lesquelles il reste de l'air.

D'après un dosage spécial de magnésie qui a été fait dans la roche, la proportion du périclote serait environ de 6 p. 100.

Suivant M. Hitchcock, l'Ossipyte recouvrirait des gneiss et serait très-ancienne, puisqu'elle appartiendrait au groupe de l'aurélien supérieur.

SCHLANGENBERG. — L'engite d'argent de Schlangenberg, le plus important de l'Altai, est traversé par des filons de strapp ayant de 30 à 50 mètres de puissance. M. A. Steilzner s'est occupé de l'étude microscopique de ce strapp, dont l'analyse a été faite par M. de Kiel dans le laboratoire de M. le professeur Scherer (4).

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	NaO	KO	HO	Somme
	50,00	0,00	1,39	33,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	99,7

Ce strapp de Schlangenberg est grenu, gris verdâtre, avec petites lamelles d'anorthose appartenant sans doute au Labrador: on y dis-

(1) American Journal, 1872; III, 45 et 48.  
(2) Der Altai, von Bernhard von Cotta. Leipzig, 1871.  
(3) Neues Jahrbuch, 1873; 324.  
(4) Neues Jahrbuch, 1873; 324.

tingue des grains noirs offrant l'éclat métallique et se rapportant à un silicate riche en magnésic; on y voit aussi quelques paillettes de mica brun tombac. Sa densité est 2,87. G. Rose considérait le trapp de Schlangenberg comme une hypérite grenue.

**Néphéline (Buchonite).**

M. Fr. Sandberger (1) propose le nom de *Buchonite* pour désigner une variété de Néphéline qu'il a observée dans les montagnes du Rhön (Buchonia), et qu'il a retrouvée aussi dans les environs d'Heidelberg.

Les échantillons bien cristallisés de *Buchonite* montrent de longs prismes d'hornblende ayant une belle couleur noire foncée, de la néphéline dont l'éclat n'est pas très-gras, un peu d'orthose, un mica brun noirâtre en lamelles pouvant atteindre 2 millimètres, fondant facilement et s'attaquant complètement par les acides. Le fer oxydulé n'est pas abondant dans la roche. Que quois elle contient encore de l'anorthose, de l'apatite, du péridot.

Les échantillons grenus ont une couleur gris foncée; on y distingue surtout le mica, l'hornblende, le fer oxydulé.

SINSHHEIM. — Une analyse de la *Buchonite* de ces grains de Sinshheim a donné, d'après M. J. Roubin A pour la partie qui fait gelée avec l'acide chlorhydrique; B pour le résidu et C pour la composition moyenne:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Somme
A	35,91	18,45	28,98	3,13	4,02	2,41	5,33	4,23	99,47
B	63,82	12,95	14,68	4,13	4,14				99,72
C	51,42	15,62	24,04	3,68	4,09	4,00	2,37	6,55	99,61

Cette roche diffère beaucoup de la Néphéline micacée de Katzenbuckel; en particulier, elle contient plus de fer et d'alcalis.

Comme l'observe M. Fr. Sandberger, bien que l'hornblende entre dans la composition des roches volcaniques riches en silice, telles que le trachyte, et bien qu'elle se rencontre aussi dans le basalte, il est remarquable de voir une roche tertiaire, aussi pauvre en silice que la *Buchonite*, se distinguer par l'abondance de l'hornblende et du mica.

**Tachylite et Hydrotachylite.**

ROSSBERG. — Les lithologistes allemands ont donné le nom d'*Hydrotachylite* à des roches vitreuses, associées au basalte et

(1) Neues Jahrbuch, 1872; 743.

M. Peffersen (1) a étudié celles de Rossberg près de Darmstadt, qui accompagnent un gîte exploitable de chaux phosphatée.

	Densité.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Somme
A	2,130	47,52	1,13	17,35	4,36	3,03	0,26	4,07	1,85	2,38	4,63	12,90	99,50
B	2,524	66,42	0,31	13,07		3,66	traces	1,30	7,10	6,09	7,36	0,73	100,13

L'*Hydrotachylite* A est moins pesante que la *Tachylite* B; la dureté de la première roche est seulement 5, tandis que celle de la seconde dépasse 5.

La *Tachylite* est d'une couleur vert bouteille; elle fond difficilement, et l'acide chlorhydrique l'attaque avec peine. On peut observer qu'elle contient beaucoup de silice, peu de fer, et qu'elle renferme plus de potasse que de soude, contrairement à ce que l'on avait constaté précédemment dans l'analyse des roches analogues; elle se rapproche donc de l'obsidienne et du trachyte vitreux.

D'un autre côté *Hydrotachylite* contient peu de silice et beaucoup de fer; on y trouve aussi beaucoup d'eau qui ne provient pas d'un pseudomorphisme, mais en est certainement originaire, comme dans la plupart des roches volcaniques vitreuses (2).

Les gisements de *Tachylite* et d'*Hydrotachylite* que l'on connaît en Allemagne ont d'ailleurs été étudiés par M. H. M. (3).

La *Tachylite* proprement dite ne s'observe jamais dans le basalte lui-même, mais elle est en nodules dans les trapps qui l'accompagnent; elle forme encore une croûte vitreuse à la périphérie des bombes d'effluves et des coulées; elle se montre aussi à la limite des petits filons.

Au Rossberg, la *Tachylite* se trouve dans les amas qui accompagnent le basalte, tandis que l'*Hydrotachylite* se rencontre en nodules dans le basalte compacte et prismatique.

Comme l'observe M. Fr. Sandberger, bien que l'hornblende entre dans la composition des roches volcaniques riches en silice,

l'aveuve. — La lave rejetée par le Vesuve en avril 1872 a été examinée par M. Scacchi (4). Elle est poreuse et présente une couleur gris de cendres foncée. L'amphigène est son minéral dominant et, vers les bords, on observe de petits cristaux de bélonite.

L'augite se montre en cristaux ainsi qu'en tables et il y a aussi du péridot.

Les lithologistes allemands ont donné le nom d'*Hydrotachylite* à des roches vitreuses, associées au basalte et

(1) Neues Jahrbuch, 1873; 385.  
 (2) Delessé. *Recherches sur l'origine des roches*, 1865; pages 29 et 30.  
 (3) Neues Jahrbuch, 1873; 449.  
 (4) R. Comitato geol. d'Italia, 1872; 366. — Scacchi. *Contribuzioni mineralogiche per servire alla Storia dell' incendio vesuviano d'aprile 1872*.

Au microscope, on y distingue deux minéraux incolores qui paraissent être, l'un du sanidine, l'autre de l'anorthose. Le mica s'y reconnaît, mais il est assez rare; quant au fer oxydulé, il est associé à l'augite.

Dans la lave de 1868, il y avait au contraire beaucoup de mica ferro-magnésien et en outre de la néphéline.

La lave du Vésuve de 1872 offre du reste une grande analogie avec l'amphigénite (*Leucitophy*) de la Somma.

Depuis quelques années l'oligoclase et l'orthite ont été découverts dans les laves anciennes du Vésuve.

L'oligoclase est en cristaux atteignant 6 millimètres qui, avec la néphéline et de grenat, tapissent les druses d'une lave contenant de l'augite, de l'hornblende et du mica. Sa densité est 2,601 et voici sa composition :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	KO	NaO	Somme.
62,36	23,38	2,66	7,12	9,88	115,40

L'orthite se trouve dans une roche à base de sanidine contenant de la sodalite, de la néphéline, de l'hornblende, du grenat mélanite, du fer oxydulé et du zircon. Ses cristaux ressemblent à ceux du fer de Laac qui ont été désignés sous le nom de Bucklandite (1).

M. GABRIEL COMITATO a publié un ouvrage sur le sol volcanique de Catane et de ses environs. Cet ouvrage comprend huit planches, dont la première montre l'état du sol avant les premiers courants de lave; la deuxième et la troisième indiquent les limites des courants de lave préhistorique ou d'époque incertaine, comme celui dit des Fratelli Piri; les quatrième et cinquième planches se rapportent aux laves de l'époque romaine, 122 ans avant Jésus-Christ pour la quatrième, et 253 ans de l'ère vulgaire pour la cinquième; la sixième planche figure les laves du moyen âge (1581), tandis que la septième se rapporte à celles de l'époque actuelle.

Enfin la huitième planche présente trois coupes géologiques passant, la première, suivant le méridien, 38° 48' 36", 4 (alignée de l'île de Fer); la deuxième, suivant le parallèle, 39° 30' 45", 6, et la troisième à 2300 mètres au nord de la précédente.

(1) R. Comitato geol. d'Italia, 1873.

(2) Carta geologica della città di Catana e dintorni. (Extrait par M. Cartiaux.)

### Bombes et produits volcaniques.

VESUVE. — Les bombes volcaniques rejetées par le Vésuve dans son éruption d'avril 1872, contenaient divers minéraux qui ont été spécialement étudiés par M. Scacchi (1).

Il y indique en particulier l'erythrosidérite, qui se observe en cristaux rouges, ayant pour formule  $2KCl + Fe^{2+}O + 2H_2O$ .

La Chlorocalcite y est en cristaux appartenant au système cubique, qui sont quelquefois translucides et tachetés de violet; on y a trouvé 58,76 p. 100 de chlorure de calcium avec des chlorures de potassium, de sodium et de manganèse. La forme de ses cristaux démontre bien que les chlorures de calcium et de manganèse, qu'on n'a pas encore obtenus cristallisés dans le laboratoire, sont isomorphes avec les chlorures de potassium et de sodium.

M. Scacchi indique aussi la Mikrosommitte, silicatée avec chlorure se laissant facilement attaquer par les acides faibles, comme la néphéline de laquelle elle se rapproche d'ailleurs par les caractères cristallographiques; sa formule paraît être  $3SiO_2 + 2Al_2O_3 + 2B_2O_3 + Cl$ .

Parmi les autres produits de l'éruption du Vésuve en 1872, M. Scacchi mentionne l'acide fluorhydrique, qui accompagne presque toujours les fumeroles d'acide chlorhydrique. Lorsqu'on met des scories fumantes dans un vase de verre, avec du carbonate de potasse, on peut même constater que le verre est dépoli et que le carbonate se transforme en partie en chlorure et en fluore de potassium.

Le sel ammoniac était abondant dans l'éruption de 1872; il avait souvent une couleur jaunée, qui paraissait être un chlorure basique de fer  $Fe^{2+}Cl_3 + Fe^{3+}O$ . Sur les scories de Saint-Sébastien, le sel ammoniac était du reste accompagné par un sublimé rouge, appartenant peut-être à la Kramésiterde de M. Kenngott,  $NH_4Cl + KCl + Fe_2Cl_6 + 5Aq$ .

En outre, M. Scacchi indique également la Cupromagnésite  $(CuO, MgO) SO_4 + 7Aq$ .

Enfin, en étudiant les bombes volcaniques provenant de l'éruption du Vésuve de 1872, M. Scacchi (2) a encore reconnu qu'elles contiennent un assez grand nombre de minéraux formés par sublimation, et en particulier des silicates; il cite, parmi ces minéraux: le fer oligiste, le fer oxydulé, l'amphigène, l'augite, l'horn-

(1) Rendiconto Accad. d. Scienze di Napoli 16 octobre 1872.

(2) Justus Roth, Deutsche geol. Gesellschaft, XXIV, 493.

blende, le mica, la sodalite, la mikrosommitte, la cavolinite, le grenat, l'orthose sanidine ainsi que l'idocrase.

**Cendre volcanique.**

**VÉSUVÉ.** — Les cendres volcaniques de la dernière éruption du Vésuve, au mois d'avril 1872, contenaient de 0,6 à 0,9 p. 100 de sels solubles; ces derniers consistaient, surtout en sulfates de chaux avec des chlorures et des sulfates de potasse, soude, magnésia et ammoniacque. Une cendre grise tombée près La Cercola montrait, sous le microscope, des grains d'amphigène ainsi que du fer oxydulé, et l'on a trouvé pour sa composition :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.
19,15	13,73	10,76	1,88	10,13	0,30	6,55	3,04	100,74

Cette cendre est identique avec la lave du Vésuve et avec les cendres qui ont été rejetées en 1861 par le cratère du sommet. Sur certains points, à la date du 28 avril 1872, il est tombé jusqu'à 210 grammes de cendres volcaniques par mètre carré.

**Tuf volcanique.**

**AUVERGNE.** — Parmi les minéraux qui se sont formés dans les tufs volcaniques de l'Auvergne et qui peuvent leur servir de ciment, M. A. de Lasaulx (2) indique la chaux carbonatée, l'aragonite, la mésotype, la palagonite et une variété de dellesite, ayant la composition suivante :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	H <sub>2</sub> O	Somme.
30,32	18,51	19,82	21,71	4,51	12,30	100,20

**Ère de palagonite.** — Aux environs de Giessen, sur le flanc oriental du volcan basaltique Aspénkippel, on observe des conglomérats de scories contenant des fragments de basalte et de grès bigarré. Leur ciment est une matière brune, amorphe, à éclat cireux, ayant une densité de 1,777, et M. A. Streng (3), qui l'a examinée, lui a trouvé la composition suivante :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	KO	NaO	H <sub>2</sub> O	Somme.
36,80	9,61	12,95	2,07	3,36	0,41	0,82	3,02	100,84

Bien que cette substance ne fasse pas gelée avec les acides, elle paraît devoir être rapportée à la palagonite.

(1) R. Comitato geologico d'Italia, 1873; 117.  
 (2) Jahresbericht der Chemie. A. Naumann, 1870; 1306.  
 (3) Neues Jahrbuch, 1873; 427.

blende, le mica, la sodalite, la mikrosommitte, la cavolinite, le grenat, l'orthose sanidine ainsi que l'idocrase.

**ROCHES MÉTALLIFÈRES.**

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES ROCHES MÉTALLIFÈRES est de la plus haute importance pour le mineur, mais les limites dans lesquelles la Revue de géologie est obligée de se renfermer nous forcent à réduire beaucoup cette partie de la science et à renvoyer pour plus de développement aux publications spéciales.

Mentionnons en particulier un travail de M. Alf. Caillaux qui a paru en 1871 dans les Mémoires de la Société des ingénieurs civils; après avoir donné un aperçu de la constitution géologique de la France, M. Caillaux y passe en revue les différentes mines métalliques autres que les mines de fer, qui ont été exploitées dans notre pays et il en fait l'histoire.

**Aluminium.**

**Bauxite.** — De la bauxite plus ou moins mélangée d'oxyde de fer, et passant même à des minerais de fer exploités, a été retrouvée à Dreistetten non loin du Semmering (1) et à Wochein en Carinthie (11). Voici sa composition dans ces deux gisements :

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Humidité	Somme.
44,26	20,44	traces	traces	8,68	10,67	102,05
59,18	1,08	1,66	traces	9,93	27,80	100,00

La bauxite de Wochein est blanche, peu ferrugineuse et de bonne qualité (1).

**GUYANE FRANÇAISE.** — De la bauxite d'obuaire a été signalée par M. St. Meunier à la Pointe-du-Diamant d'après un échantillon rapporté par M. Itier.

(1) Lettre de M. l'ingénieur des mines Barré à M. l'inspecteur général Le Châtelier, 1873. — Voir aussi Revue de géologie, IX, 28.  
 (1) R. Comitato geologico d'Italia, 1873; 117.  
 (2) Jahresbericht der Chemie. A. Naumann, 1870; 1306.  
 (3) Neues Jahrbuch, 1873; 427.

## Fer.

ANTRIM. Depuis quelques années seulement, on exploite dans le comté d'Antrim des minerais de fer alumineux (*Oxide bed*) qui forment des couches à peu près horizontales et très-étendues, intercalées dans les nappes basaltiques de cette région. Suivant le docteur Holden, trois qualités doivent être distinguées dans ces minerais et elles sont en descendant :

	Épaisseur.	Richesse en fer.
	mètres.	
Pisolite. . . . .	0,65	50
Bol. . . . .	2,5	20
Lithomarge. . . . .	10,0	12

La couche supérieure, qui consiste en pisolite, est la plus riche et peut contenir de 30 à 50 p. 100 de fer métallique.

L'absence complète de soufre et de phosphore rend ces minerais particulièrement précieux : d'un autre côté, la présence de l'alumine les fait rechercher pour faciliter la fusion des hématites siliceuses. On les emploie surtout dans le Lancashire, le Cumberland et le Sud du pays de Galles, lorsqu'on veut obtenir des fers aciers de bonne qualité. Dès l'année 1870, on en a extrait plus de 50.000 tonnes.

RADE DE BREST. — M. l'ingénieur Jules Garnier (1) a étudié les minerais de fer de la rade de Brest qui ont attiré, à diverses reprises, l'attention des métallurgistes. Les premières tentatives de traitement de ces minerais se dénoncent, à Rosnôen, près le Faou, par des culots ou plutôt par des magmas de minerai et de charbon que l'on trouve dispersés çà et là dans les champs, et qui indiquent l'intention d'en tirer parti par des moyens très-primitifs.

À des époques contemporaines, des travaux d'exploitation du minerai furent entrepris ; une galerie est encore visible dans les falaises de la rive gauche de la rivière de l'Auline, non loin de son embouchure.

Le minerai est un fer oxydé géodique qui se présente en boules irrégulières ou en filets au sein de systèmes de roches schisteuses, argileuses et arénacées. Le principal de ces horizons court de l'est à l'ouest, parallèlement aux montagnes d'Arrez et suivant une longueur de 7 à 8 kilomètres. Quant aux autres horizons, leur

(1) Extrait d'une lettre à M. Delessé, 13 novembre 1873.

direction est moins constante, ce qui s'explique par les nombreuses dislocations qui les tourmentent.

Ces horizons sont dévoniens et renferment des spirifer, leptæna, orthis, caractéristiques de cette époque, ainsi qu'on peut le constater dans un banc argilo-schisteux, découvert par M. G. Guiref et qui affleure sur le bord de la mer à Landevennec.

LUXEMBOURG. — Le minerai de fer du grand-duché de Luxembourg, qui se trouve à la base de l'oolithe inférieure, s'exploite actuellement avec la plus grande activité dans les deux bassins d'Esch et de Beles.

Si l'on considère spécialement le bassin d'Esch, le minerai oolithique y présente de 20 à 54 mètres d'épaisseur et trois couches assez régulières peuvent y être distinguées :

I La première, en commençant par le bas, se nomme la *minette grise* ; elle a une épaisseur comprise entre 2 et 4 mètres. Sa couleur est très-variables, tantôt grise, bleuâtre, brun rougeâtre, tantôt verdâtre ; quand elle devient bleuâtre ou vert bleuâtre, son ciment est d'ailleurs formé de silicates et de phosphate de fer. Sa densité oscille entre 2,80 et 3,70.

II La *minette rouge*, séparée par un intervalle de 12 mètres de la couche précédente, reste comprise entre 3 et 5 mètres. Sa couleur est le brun-rouge, le brun-chocolat ou le rouge. Les oolithes ferrugineuses y sont plus grosses qu'en la minette grise, et leur ciment est composé de argile et de calcaire. Sa densité varie de 2,95 à 3,62.

III La *minette siliceuse* se trouve à 12 mètres au-dessus de la rouge et offre une épaisseur de 2 à 3 mètres ; c'est une oolithe ferrugineuse, mêlée de sable quartzique et ayant un ciment calcaire. Sa couleur est rougeâtre et sa texture assez résistante. Quant à sa densité, elle reste comprise entre 2,89 et 3,29. On ne passe la minette siliceuse qu'en petite quantité dans les lits de fusion.

Voici quelle est la composition de ces trois variétés de minerai oolithique d'Esch (1) :

	Silice et silicates.	Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO <sub>2</sub>	ZnO	BO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	HO	Somme.
I	7,30	67,16	0,13	1,69	0,60	0	traces	2,78	0,11	13,99	3,17	100,02
II	9,81	62,03	6,69	4,48	0,53	0,09	traces	1,70	0,02	3,23	11,33	99,98
III	25,13	52,02	5,07	4,08	0,41			1,89	0,05	3,29	7,72	99,96

(1) Berg und Huettenmannische Zeitung, 21873, 50. Bd.

**Chamoisite.**

BONHEM. — Des grains de la chamoisite polithique de Chrusténief ont été triés et analysés par M. E. Borzok (1) :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	HO	CO <sub>2</sub>	Somme.
23,92	17,49	40,90	0,92	2,76	10,50	2,50	98,99

Le nom de *Julianite* a été donné par M. Websky (1) à un minéral confondu d'abord avec les fahlerz et qui a été trouvé dans les débris extraits de la mine Frédérique-Juliane, à Rudelstadt (Silésie). Ce minéral contient du soufre, de l'arsenic, 52 p. 100 de cuivre et 1/2 p. 100 d'argent. C'est un cuivre gris arsenical, dont la composition est intermédiaire entre (Sb, As) S<sup>2</sup> et Fe S<sup>2</sup>, on peut le représenter par la formule

QUEENSLAND. — D'après M. Aplin (2), dans le Queensland méridional, de l'oxyde d'étain se trouve dans un granite métamorphique, à gros grain, très-micacé, traversé par des veines nombreuses et très-minces de quartz. Le minéral d'étain (cassitérite) est particulièrement associé au quartz, et se rencontre dans des parties les plus micacées d'un granite rougeâtre ; son gisement est donc analogue à ceux que l'on connaît en Europe.

Suivant M. Gregory, les filons d'étain sont d'ailleurs parallèles et dirigés N. 50° E. De plus le mica qui est généralement noir, devient blanc au voisinage du minéral d'étain.

Les alluvions stannifères, provenant de la destruction du granite qui contient le minéral, seraient, s'il faut en croire M. Aplin, plus riches et plus régulières que celles d'aucun autre pays.

NOUVELLE-GALLES DU SUD. — Dans la Nouvelle-Galles du Sud, d'après M. Ulrich (3), le granite qui contient le minéral est traversé par des filons de quartz où l'étain oxydé est en petites géodes, en veinules et en cristaux disséminés et en traversant par des dykes d'un granite plus tendre composé principalement de mica avec très-peu de quartz, où l'étain oxydé forme des cristaux des nids et des veines irrégulières. Les filons de quartz contiennent des portions micacées qui ressemblent au *Greisen* de la Saxe.

Les alluvions du district avoisinant sont très-riches en minéral.

(1) Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1872; 1222. — Annales des Mines [4] XIV, 69.

(2) Geol. Society, XXVIII, 301.

(3) Geol. Society, 6 novembre 1872.

et si le manque d'eau ne vient pas entraver cette exploitation, M. Ulrich pense que sa production pourrait égaler celle de tous les autres districts stannifères pris ensemble.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	HO	CO <sub>2</sub>	Somme.
27,92	17,49	40,90	0,92	2,76	10,50	2,50	98,99

**Cuivre.**

Le nom de *Julianite* a été donné par M. Websky (1) à un minéral confondu d'abord avec les fahlerz et qui a été trouvé dans les débris extraits de la mine Frédérique-Juliane, à Rudelstadt (Silésie). Ce minéral contient du soufre, de l'arsenic, 52 p. 100 de cuivre et 1/2 p. 100 d'argent. C'est un cuivre gris arsenical, dont la composition est intermédiaire entre (Sb, As) S<sup>2</sup> et Fe S<sup>2</sup>, on peut le représenter par la formule

QUEENSLAND. — D'après M. Aplin (2), dans le Queensland méridional, de l'oxyde d'étain se trouve dans un granite métamorphique, à gros grain, très-micacé, traversé par des veines nombreuses et très-minces de quartz. Le minéral d'étain (cassitérite) est particulièrement associé au quartz, et se rencontre dans des parties les plus micacées d'un granite rougeâtre ; son gisement est donc analogue à ceux que l'on connaît en Europe.

NOUVELLE-CALÉDONIE. — Des minerais de cuivre provenant du territoire de Balade (Nouvelle-Calédonie) ont été envoyés à M. J. Jules Garnier. Dans son rapport sur cette colonie, qui a été publié dans les *Annales des mines*, M. Jules Garnier avait signalé le cuivre dans les schistes de Balade ; l'un des échantillons nouvellement découverts est un schiste chlorifère, fortement imprégné de cuivre natif, qui se présente en plaquettes bricées suivant la schistosité.

Un second échantillon consiste en pyrite de cuivre qui formerait, dit-on, un amas important sur la rive ouest du territoire de Balade.

LE SUPÉRIEUR. — M. R. P. D. M. (3) a donné une description des gîtes de cuivre du Lac Supérieur. La roche dominante est un mélaphyre tantôt compacte, tantôt amygdaloïde, contenant un feldspath anorthose, un minéral chlorifère et du fer oxydulé. D'après M. Macfarlane, la variété cristalline la plus répandue présente la composition suivante : Delessite, 46,36 ; Labradorite, 47,43 ; augite ou amphibole, 5,26 ; fer oxydulé, 0,55 ; Somme, 100,00.

Les cavités de la roche amygdaloïde sont remplies par les minéraux suivants : laumonite, leonhardite, calcite, quartz, terre

(1) Deutsche geolog. Gesellschaft, XXIII, 486.

(2) Americ. Journ., 3<sup>e</sup> série, II, 188, 243, 347.

verts, delessite, analcime, prehnite, épidote, orthose et cuivre natif. M. P. Pampelly signale parmi ces minéraux de nombreuses pseudomorphoses. Le cuivre est de plus en plus abondant que la structure amygdaloïde est plus développée. Ce métal paraît plus récent que les minéraux de seconde formation, chlorite, laumontite, épidote, calcite, qui l'accompagnent. M. P. Pampelly pense que le cuivre est arrivé dans la roche à l'état de sel en dissolution et qu'une action ultérieure a déterminé sa réduction à l'état métallique.

**Cuivre et plomb.**

**CANNOCK CHASE.** — M. Molyneux (1) a signalé d'assez curieux gisements de cuivre et de plomb qu'on observe dans les conglomérats du grès bigarré dans le district de Cannock Chase. Le cuivre est à l'état de carbonate vert, le plomb à l'état de galène, et tous deux imprègnent la pâte ou le ciment qui réunit les galets du conglomérat. La présence de ces minerais a été constatée d'abord à Huntington, puis, à 6 kilomètres de là, dans des sondages entrepris pour la recherche de la houille. La gangue est un calcaire très-dur et le gîte paraît assez pauvre : mais si ces minerais ont peu de valeur au point de vue économique, leur importance géologique est incontestable.

**Plomb.**

Un nouveau minéral de plomb a été trouvé en Sardaigne par M. Max Braun, ingénieur en chef de la mine de la Vieille Montagne. M. H. Laspeyres (2) en a fait l'analyse et propose de lui donner le nom de *Maxite*.

Cette substance est assez remarquable, car elle est à la leadhillite ce que le gypse est à l'anhydrite : comme l'observe M. Laspeyres, elle formerait donc le premier représentant d'un groupe nouveau de minéraux, les hydrosulfures carbonatés.

**Argent.**

**HORCAJO.** — M. Alphonse Piquet (3) vient de donner une

(1) *Geol. Mag.*, X, 16.

(2) *Neues Jahrbuch*, 1872; 407.

(3) *Descripcion geognostica de las minas del Horcajo*, par A. Piquet. Madrid, 1873. (Extrait par M. Ed. Collomb.)

description de la mine d'Horcajo, située sur le versant méridional de la Sierra Morena. Le filon principal présente une puissance moyenne de 50 mètres, sur certains points, s'élève à 75 mètres et se ferme de la galène argentifère, de l'oppyrite de fer, de la pyrite de cuivre, plus rarement des phosphates et carbonates de plomb, également argentifères ; quelques échantillons contiennent de l'iodure d'argent ainsi qu'un peu d'argent natif.

La Sierra Morena se compose d'ailleurs en grande partie de roches siluriennes, quartzites ou schistes argileux, et parmi les chaînes de montagnes de l'Espagne, c'est l'une des plus riches en mines métalliques.

**WAHSATCH.** — Des minerais de plomb argentifère sont exploités dans les monts Wahsatch et les monts Oquirrh, sur le territoire de l'Utah. Ces deux chaînes de montagnes bordent la première sur l'est, la deuxième sur l'ouest, la vallée du fleuve Jourdain qui unit le lac Utah au Grand Lac Salé.

D'après MM. B. Silliman (1) et P. L. Burthe, dans les monts Wahsatch, le district minier le plus important est celui de Little Cottonwood Cañon, à 40 kilomètres au sud-est de la ville du Grand Lac Salé. Lorsqu'on quitte la vallée du Jourdain pour entrer dans le Cañon ou dans la gorge de Little Cottonwood, on rencontre un granite gris, à grain fin, surmonté par des couches alternantes de quartzite et de calcaire. C'est au contact de ces roches, quartzite et calcaire, que se trouvent les gîtes métallifères. Les calcaires se trouvent au toit ; ils sont ordinairement blancs, à texture saccharoïde, s'émiettant avec facilité et ressemblant alors à du sable. Quelquefois cependant ils prennent une teinte jaunâtre et leur structure est cavernueuse ; alors ils ressemblent beaucoup aux dolomies du Dauphiné. Quelle que soit leur apparence physique, ils sont toujours dolomitiques. M. Silliman les considère du reste comme des calcaires carbonifères ou bien même comme étant plus anciens.

Dans les monts Wahsatch, les travaux d'exploitation de mines ne sont pas encore très-développés ; mais ils ont permis de reconnaître quelques gîtes très-puissants : le plus remarquable est celui de la mine Emma, située à 1.800 mètres au-dessus du Lac Salé, qui est lui-même à 1.280 mètres au-dessus du niveau de la mer ; il présente un amas mesurant 6 à 17 mètres de largeur, 17 à 23 mètres de longueur et 42 mètres de hauteur. Son minéral se compose de

(1) *American Journal* [3], III, 195.

plomb à l'état de sulfate et de carbonate principalement, mélangé à des moyaux de galène à peu près de la grosseur du poing et associée à de l'oxyde de fer, à de l'antimoine sous forme d'oxyde d'antimoine et d'antimoniate de plomb, à de l'arsenic sous forme de pyrite arsenicale. L'arsenic est souvent en grande quantité, puisqu'on en trouve dans le plomb d'œuvre jusqu'à 0,75 p. 100. La blende et le carbonate de cuivre sont rencontrés accidentellement et en petite quantité. L'alumine, la chaux et la magnésie entrent dans la gangue avec la silice; et la proportion de cette dernière substance dans le minerai est environ de 6 à 10 p. 100. La teneur en plomb ne dépasse pas 55 p. 100. La teneur en argent varie de 0,50 à 0,70 p. 100 aux 100 kilogrammes; par conséquent le minerai n'est pas très-riche. En outre il y a de l'or, mais seulement de 0,25 à 0,50 grammes aux 100 kilogrammes.

Dans une analyse du minerai qui a été faite par M. J. P. Mearns, la somme des sulfures métalliques, qui s'élevait à peu près à 50 p. 100, s'est répartie de la manière suivante :  
Galène, 33,6 p. 100; Pyrite, 1,3 p. 100; Borate, 0,7 p. 100; Arsenic, 0,75 p. 100.  
Mais les plus ordinairement les minerais des monts Wahsatch sont plus ou moins desulfurés; leurs sulfures sont été oxydés, particulièrement la galène et la galène antimoniale; des sels de zinc et de cuivre se sont aussi formés; de tout contient d'ailleurs de l'argent et plus rarement un peu d'or.

À la mine Emmaison particulièrement les sulfures ont été très-fortement oxydés, et M. Silliman y a observé des zones concentriques bien reconnaissables qui se succèdent dans un ordre régulier à savoir :  
1.° un minerai assez constant.

2.° un minerai de minerais présente des sulfures décomposés qui se sont principalement chargés en cérusite, ayant une couleur foncée, due à de l'argentite ainsi qu'à de l'argent métallique à l'état pulvérulent. Souvent cette cérusite conserve encore la forme de la galène qu'elle a pseudomorphosée. Au delà vient ordinairement une zone jaunâtre ou orange d'une ore antimoniale, la cervantite, qui est complètement pulvérulente et quelquefois se présente seulement comme des taches dans la cérusite. Puis on a une zone mince de malachite, d'azurite, d'anglesite cuivreuse et rarement de wulfénite. Ensuite on a encore de la cérusite, quelquefois tachetée par de l'ore antimoniale et habituellement associée à de la wulfénite (Plomb molybdaté). Enfin la dernière zone est formée par des hydroxydes de fer et de manganèse.

M. Silliman appelle particulièrement l'attention sur la wulfénite. Elle est en petits cristaux tabulaires, de couleur jaunée, ressemblant à ceux de la Carinthie, bien qu'en petite quantité, elle peut être considérée comme caractéristique des mines des monts Wahsatch, car on la trouve dans les districts métallifères d'American Fork et des deux Cottonwoods; d'un autre côté, on ne l'a pas encore rencontrée dans les autres districts métallifères de l'Utah.

Les plus beaux cristaux proviennent de Tacoma. Dans cette même chaîne M. Silliman a observé une substitution curieuse et assez fréquente de l'arsenic molybdique à l'arsenic phosphorique.

D'après des renseignements qui nous sont donnés par M. P. L. Burthe dans les monts Oquirrh, les gîtes métallifères se trouvent également au contact de calcaires et de quartzites, les calcaires étant au toit. Quelques filons se rencontrent bien dans le grès, mais ils sont généralement pauvres et inexploités. Les calcaires des monts Oquirrh sont d'un bleu très-foncé, à grain fin, traversés en tous sens par de petits filets blancs de carbonate de chaux spathique. Ils ont une consistance variable, tantôt facilement délitables, tantôt très-résistants. C'est au contact des gîtes métallifères qu'ils présentent la plus grande dureté. Ils se distinguent, au point de vue de leur composition, des calcaires des monts Wahsatch, par l'absence de magnésie. L'âge de ces roches est encore reconnu cependant près d'Austin (Etat du Nevada), dans la chaîne Toyabaton on rencontre dans des couches identiques une Fusulina cylindrica qui les ferait remonter à l'époque carbonifère.

Les minerais des monts Oquirrh sont moins riches en plomb et argent et plus siliceux que ceux des monts Wahsatch. Ils tiennent en moyenne 38 p. 100 de plomb, de 100 à 170 grammes d'argent aux 100 kilogrammes, et de 50 à 40 p. 100 de silice. On n'y trouve point d'or. On n'a encore exploité que des minerais de surface, c'est-à-dire des composés oxydés de plomb, mélangés de de la galène et associés à des oxydes de fer, de cuivre, d'antimoine. La galène ainsi que les pyrites de fer et de cuivre se présentent en quantité considérable croissant en mesure qu'on approfondit des mines.

M. E. Dagg a donné l'analyse suivante du minerai de la mine de Winhamuck, dans le cañon de Bidgham :

Plomb	10,7
Argent	10,7
Autres bases non déterminées	10,7
Somme	32,1

La proportion d'argent est de 70 grammes aux 100 kilogrammes et il y a seulement des traces d'or. Le filon est situé dans le Comstock lode. — D'après M. Clarence King (1), le célèbre filon du Nevada, connu sous le nom de *Comstock lode* (2), s'est formé à l'époque tertiaire miocène, entre l'éruption du grüstein trachytique (ou propylite de M. de Richthofen) et celle de l'andésites qui l'accompagne. Le propylite est à l'état de tuf et l'on y a trouvé des empreintes de plantes tertiaires. Les deux roches volcaniques s'appuient contre un massif beaucoup plus ancien de granité et de syénite.

L'association des filons d'argent avec le grüstein trachytique est dû resté un fait général qui se reproduit dans les Carpathes au Mexique et dans différents districts de l'Amérique du Nord.

La roche est très-décomposée dans le voisinage du filon, sans doute par l'action des sulfates qui n'ont épuisé manquera d'accompagner l'arrivée des métaux précieux.

Le filon lui-même est situé à la base du mont Davidson et occupe, dans la partie moyenne de son cours, la ligne de contact de la syénite avec le propylite. Il est dirigé Nord 25° Est. Ce n'est pas une fissure simple; c'est un groupe de fentes présentant une complication extraordinaire. A la partie supérieure, l'ensemble des fentes a de 70 à 250 mètres de puissance. En profondeur, la section diminue et offre l'image d'un V, qui, est aujourd'hui exploré jusqu'à 400 mètres de profondeur.

L'étendue longitudinale du filon atteint 7,5 kilomètres. On peut le diviser en trois parties, le groupe de Gold Hill, le groupe de Virginia, le groupe d'Ophir. Dans le premier domine le quartz avec masses de minerais d'argent très-irrégulièrement distribuées et intercalation de propylite et d'argile plastique. Le second marque de contact avec la syénite, la pyrite de fer imprégnée de quartz. Le troisième est moins riche, contient un peu d'or et rappelle les filons californiens.

Rien, dans les faits observés, n'empêche d'admettre la continuation du filon dans la profondeur. Même, depuis 1869, on a reconnu en plusieurs points que les deux épontes du filon, après s'être rapprochées presque jusqu'au contact, se maintenaient ensuite parallèlement l'une à l'autre, de manière à constituer un filon ordinaire. M. Clarence King incline à considérer le remplissage d'un

(1) Report on the exploration of the 40<sup>th</sup> parallel.  
(2) Revue de géologie, VIII, 78.

filon comme ayant été amené par deux ou trois cheminées, principales plutôt que par une fissure unique.

Le quartz est laiteux, à texture très-compacte et à grain fin; quelquefois il se trouve réduit en une poudre aussi fine que le sel du commerce. L'ensemble du quartz est généralement zoné et coloré de nuances diverses. Le quartz aidé venir non par sécrétion des roches encaissantes, mais de la profondeur, en même temps que des minerais. Ceux-ci sont l'or natif, l'argent natif, l'argent sulfuré, la polybasite, la stéphanite, un peu de galène riche et parfois de la pyrrargyrite. En outre, le quartz contient des pyrites de fer et de cuivre, de l'oxyde de fer, de l'oxyde de manganèse, des sulfates de chaux et de magnésie, des carbonates de magnésie, de chaux, de plomb et de cuivre. La zone des oxydes s'étend à environ 170 mètres de la surface et le manganèse est concentré dans les 60 mètres supérieurs.

La roche est caractérisée par l'accumulation des métaux précieux en certains points; les parties riches qui en résultent portent le nom de *bonanzas*. Les minerais y est uniformément distribués dans le quartz, en grains de la grosseur d'un œuf de poule.

Les filons d'argile plastique sont postérieurs au filon principal et contiennent des fragments de quartz, ils proviennent de la décomposition des morceaux de propylite qui se sont trouvés pris dans la masse du quartz lors du remplissage du filon.

Ajoutons que la description publiée, sous les ordres de M. Clarence King, par la Commission d'exploration du quarantième parallèle, contient un grand nombre de coupes, de dessins et de cartes, éditées avec un véritable luxe et constituant des documents précieux pour tous ceux qui intéressent l'étude des filons.

La Supérieure. — M. Alleyne Nicholson, qui a décrit le district minier de Thunder-bay et de Shabendowan sur la rive septentrionale du lac Supérieur. La roche encaissante est désignée par les géologues du Canada sous le nom de série cuprifère inférieure, elle consiste en schistes variés, traversés par de nombreuses bandes de graptolite. On y observe deux systèmes de filons argentifères.

Le premier est dirigé est-nord-ouest, le second court du nord au sud. L'un de ces filons a un mètre de largeur et est formé de quartz contenant de l'argent natif et de la galène; il est d'une

(1) Geol. Society, 20 novembre 1872.  
(2) Revue de géologie, VIII, 78.

richesse remarquable. Une autre filon très-important, appartenant à la série nord-est, est celui dit *Shuniah*, qui s'étend de 45 mètres et ou l'argent à l'état soit de sulfure, soit d'argent natif, est contenu dans une gangue de calcite.

D'après M. Forbes, ce gisement présente une grande ressemblance avec celui de Kongsberg en Norvège.

**CARACOLAS.** — Des mines d'argent, qui paraissent avoir une grande importance, ont été découvertes en mars 1870, dans le sud de la Bolivie par des chercheurs de mines travaillant pour un Chilien, M. José Diaz Gana, et pour un Français, M. Arnould de Rivière; nous allons les faire connaître d'après des exploitations qui ont duré plusieurs mois et qui sont dues à M. A. Pesse, vice-consul de France à Copiapo (1).

Ces mines se trouvent par le 23<sup>e</sup> degré de latitude sud à une trentaine de lieues de la mer et à une altitude de 2,540 mètres, dans une région qui était complètement inconnue et déserte; à cause des nombreux gastéropodes fossiles qu'on rencontre dans cette région, on lui a donné le nom de *Caracoles*, qui signifie escargot en langue espagnole. Les mineurs sont accourus en foule à Caracoles, qui, dès à présent, compte une population de 6,000 à 6,500 habitants. Un cinquième seulement de cette population appartient à la race bolivienne, qui fournit d'ailleurs, d'assez bons ouvriers; le reste se compose, pour la plus grande partie, de Chiliens. Des capitaux se sont immédiatement portés sur ces mines de Caracoles et un grand nombre de sociétés se sont organisées. L'exploitation se fait toutefois dans des conditions de cherté si exceptionnelles qu'il est nécessaire de les faire connaître; en effet, le litre d'eau coûte pas moins de 6,40 et le boisseau payé à raison de 0,70 le kilogramme. En outre, l'accès du pays est resté jusqu'à présent très-difficile; mais un chemin de fer actuellement en construction, doit relier les nouvelles mines au port de Mejillones.

Les filons argentifères de Caracoles ont généralement pour gangue la baryte sulfatée et la chaux carbonatée, qui sont accompagnées d'oxydes de fer et de manganèse provenant sans doute de l'oxydation des sulfures.

L'argent natif et le chlorure d'argent, si communs au Chili, ne s'y rencontrent qu'à rarement; le minerai consiste surtout en

(1) Rapport adressé le 15 mars 1873 à M. le Ministre de France, à Santiago, sur le district minier de Caracoles (Bolivie).

galène argentifère, qui est mélangée avec d'autres sulfures. La richesse du minerai varie moyennement de 1/3 à 1/4 de pourcentage, soit qu'elle y est inférieure à celle du minerai du Chili, mais les filons ont rarement moins de 1 mètre de puissance, et plusieurs mesurent de 5 à 4 mètres. A la mine Descada, appartenant à MM. Diaz et de Rivière, la puissance s'élève même, exceptionnellement, à 15 mètres, et de plus le titre moyen atteint

2 p. 100.

Les filons de Caracoles courent du nord-ouest au sud-est, et sont presque verticaux. Dès à présent on les a reconnus sur une bande montagneuse orientée à peu près Nord-Sud, et ayant 10 lieues de longueur sur 4 de largeur; ils sont surtout abondants et riches dans la partie occidentale.

Les terrains qui constituent la région sont des terrains omphacitiques et jurassiques.

Cette zone métallifère forme la continuation de celles qui longent la côte occidentale de l'Amérique du Sud, qui, à 200 à 300 lieues de la mer, sont exploitées soit au Pérou, soit au Chili. Surfile gracieusement même du chemin de fer de Mejillones, et à une vingtaine de lieues de la mer, en un point nommé El Rébosadero, on a trouvé récemment des gîtes de cuivre, et à 80 lieues au sud de Caracoles, dans le Chili, il paraît qu'il existe aussi des gîtes d'argent, qui, toutefois, seraient moins riches que les précédents.

Suivant M. Pesse, pendant le mois de janvier 1873, la production des mines de la Société Diaz et de Rivière s'est élevée à 18,886 kilogrammes d'argent fin; en considérant ensemble des mines du district, la production brute pendant le même temps peut être estimée à plus de 7 millions de francs; sur lesquels il n'y a guère à déduire qu'un million pour les frais. Il paraît donc que le district métallifère de Caracoles est destiné à prendre part grandement à la production de communication permettront de traverser le désert d'Atacama et d'y arriver facilement.

**CHANARAL.** — Des documents officiels adressés au Président de la République du Chili annoncent aussi que des mines d'argent, paraissant être riches, ont été découvertes dans le désert d'Atacama, à 25 kilomètres au nord du port de Chanaral, entre 66° et 67° de latitude. L'accès de ces mines serait, en tous cas, beaucoup plus facile que celui des mines de Caracoles (1).

(1) Dépêche du Consul de France à Santiago, en date du 30 juillet 1873.

Au mont Wheeler, on a trouvé de même de la serpentine contenant assez d'or pour qu'il y eût avantage à l'exploiter.

**Mercur.**

Un nouveau minéral de mercure, provenant de Guadalcazar au Mexique, a été décrit, sous le nom de *Guadalcazarite* par M. Peteresen (1). Sa formule serait  $HgS + ZnS$ , et sa densité 7,15. Il contient environ 1 p. 100 de sélénium, avec une trace de cadmium. Dans son gisement, il est associé au quartz et à la baryte sulfatée.

BRÉSIL. — M. Hartt (2), l'un des collaborateurs du célèbre professeur Louis Agassiz, a donné un résumé des principaux faits observés sur le gisement de l'or au Brésil.

QUEENSLAND. — M. Daintree (2) a donné des détails intéressants sur le gisement de l'or dans le Queensland, particulièrement dans le district de Rockhampton. Une analyse, faite par M. Richard Smith dans le laboratoire de M. Percy, a montré que cet or contenait :

Ag	Cu	Pb	Fe	Soufre
9,69	0,15	0,03	0,07	99,84

Il est allié à une forte proportion d'argent et il prend même certains caractères de ce dernier métal, car il devient filiforme et dendritique. Toutefois l'argent n'est jamais séparé de l'or, comme on l'observe pour celui qui est associé au cuivre matif du lac Supérieur.

MM. Aplin et Hacke ont constaté, dans toute la région dévolennée du Queensland, que l'on se trouve en quantité exploitable dans les filons de quartz, seulement au voisinage des dykes de greenstone et de roches trappéennes éruptives, de plus il se rencontre surtout à leur contact. C'est ce qui a lieu notamment dans le riche gisement de Gympie où les quartz aurifères accompagnés de diorite, dont la composition a été donnée précédemment (2) à

A Calliope, les dykes de serpentine et de diorite sont le guide le plus sûr pour trouver les filons quartzeux aurifères. Aux exploitations de Crocodile, Blackfellows et Morinish, les conditions du gisement sont analogues. A Ganogna Diggings, on exploite, comme minéral d'or, une serpentine ainsi qu'une sorte d'argile brune serpentineuse, résultant sans doute de sa décomposition.

(1) Tschermak. *Mineral. Mittheil.*, 4872, 169. (2) *Quarterly J. Geol. Soc.*, XXVIII, 291. (3) *Revue de géologie*, XI.

Au mont Wheeler, on a trouvé de même de la serpentine contenant assez d'or pour qu'il y eût avantage à l'exploiter.

Près de Rockhampton, M. Daintree (1) signale de l'or dans une masse de chlorure d'argent. D'après cela, il est porté à croire que l'or et l'argent du Queensland sont venus de l'intérieur de la terre à l'état de chlorures, le chlorure d'argent étant sans doute maintenu en dissolution par un chlorure alcalin.

BRÉSIL. — M. Hartt (2), l'un des collaborateurs du célèbre professeur Louis Agassiz, a donné un résumé des principaux faits observés sur le gisement de l'or au Brésil.

Des terrains qui renferment le plus d'or sont les schistes argileux traversés par des filons de quartz unifié, de la columbite et certains minerais de fer métamorphiques, qui sont désignés sous les noms de *Itabirite* et de *Jacutinga*. L'ensemble de ces terrains paraît appartenir au silurien inférieur.

Du reste, le quartz aurifère présente des caractères très variés; quelquefois il est compacte et laiteux; dans d'autres circonstances granuleux et saccharoïde. Dans un même filon, il peut être tantôt compacte et transparent, tantôt, au contraire, grenu et semblable à du grès. Lorsque le quartz est riche en sulfures, d'or n'est généralement pas visible, mais, au contraire, disséminé d'une manière intime. Les sulfures qui l'accompagnent sont : 1° la pyrite de fer magnétique, qui est la plus commune, et contient peu d'or; 2° la pyrite de fer ordinaire, qui est moins abondante que la précédente, mais renferme plus d'or; 3° le mispickel et les pyrites arsenicales qui sont principalement associées à l'or. On exploite avec succès les filons de quartz aurifères lorsqu'ils sont pyriteux; c'est particulièrement ce qui a lieu à Morro-Velho.

Maintenant, dans la région aurifère, il y a aussi de l'or dans le dépôt superficiel, désigné sous le nom de *Cahya* ou de *Tapanhoda-tanga*. Ce dépôt se compose de fragments de roches ferrugineuses qui ont été cimentés.

Enfin, il y a naturellement de l'or dans les sables et les graviers qui forment le lit des rivières, et, en général, dans les terrains de transport du Brésil.

(1) *Quarterly J. Geol. Soc.*, XXVIII, 271. (2) *A Journey in Brazil* — *Revue de géologie*, IX, 91. (3) *Revue de géologie*, IX, 295.

Le grenat peut composer presque entièrement le *gangart* ; il est généralement grenu et se montre en beaux cristaux dans les fentes. Souvent, par un mélange intime et gradué, il passe d'une manière insensible au calcaire cristallin. De plus le grenat accompagne ordinairement les minerais de fer oxydulé et oligiste, des pyrites de fer et de cuivre. Ces minerais sont d'ailleurs dans le *gangart* ou près du contact avec le calcaire.

L'amphibole est à l'état de trémolite, d'actinote, de asbestos, associée au quartz, au mica, à la chlorite ; elle forme aussi des masses de contact qui sont extrêmement tenaces. Elle accompagne surtout les minerais sulfurés, plombéux, argentifères et cuivreux. Elle paraît résulter du métamorphisme des schistes, le grenat s'étant développé au contact du calcaire.

A Doguaska, on exploite spécialement des minerais de fer qui, dans certains gîtes, sont associés à la pyrite de cuivre et à la galène. A Orawitza, c'est la pyrite cuivreuse argentifère. A Szaska, les minerais de cuivre sont accompagnés d'un peu de minerais de fer. A Moldova, on trouve des pyrites qui sont utilisables pour fabriquer de l'acide sulfurique.

La syénite est séparée des roches sédimentaires par une roche spéciale résultant des réactions qui se sont opérées à son contact avec le calcaire jurassique, avec les marges et avec les grès du lias. On la désigne dans le Banat sous le nom de *Scheidung* ou de *Gangart*. Ordinairement elle a seulement quelques mètres d'épaisseur ; toutefois à Doguaska, elle atteint près de 100 mètres.

Le *gangart* contient des minerais variés, particulièrement du grenat et de l'amphibole. Les minerais y sont distribués très irrégulièrement, en sorte qu'ils forment plutôt des *stockworks* que des filons ; cependant ils sont plus ou moins allongés dans le sens de la direction. Lorsqu'ils plongent en profondeur, parallèlement aux épontes de la masse de *gangart*, on leur donne le nom d'*Erzschüb*.

Voici d'ailleurs les principaux minerais, métalliques et non métalliques, qui s'observent dans le *gangart* :

Or, cuivre, bismuth, réalgar, orpiment, antimoine sulfuré, galène, phillipsite, chalcocite (cuivre sulfuré), pyrite magnétique, pyrite de fer, chalcopyrite, fer arsenical, — Spath fluor, — Massicot, fer oligiste, fer oxydulé, pyrolusite, lignite, — Quartz, calcédoine, — Wollastonite, amphibole, grenat, idocrase, orthose, — Galamine, apophyllite, analcime, talc, — Plomb phosphaté, cuivre sulfaté, — Calcite, arragonite, plomb carbonaté, malachite, azurite.

(1) *Journal de voyage*, 1872.

Le grenat peut composer presque entièrement le *gangart* ; il est généralement grenu et se montre en beaux cristaux dans les fentes. Souvent, par un mélange intime et gradué, il passe d'une manière insensible au calcaire cristallin. De plus le grenat accompagne ordinairement les minerais de fer oxydulé et oligiste, des pyrites de fer et de cuivre. Ces minerais sont d'ailleurs dans le *gangart* ou près du contact avec le calcaire.

L'amphibole est à l'état de trémolite, d'actinote, de asbestos, associée au quartz, au mica, à la chlorite ; elle forme aussi des masses de contact qui sont extrêmement tenaces. Elle accompagne surtout les minerais sulfurés, plombéux, argentifères et cuivreux. Elle paraît résulter du métamorphisme des schistes, le grenat s'étant développé au contact du calcaire.

A Doguaska, on exploite spécialement des minerais de fer qui, dans certains gîtes, sont associés à la pyrite de cuivre et à la galène. A Orawitza, c'est la pyrite cuivreuse argentifère. A Szaska, les minerais de cuivre sont accompagnés d'un peu de minerais de fer. A Moldova, on trouve des pyrites qui sont utilisables pour fabriquer de l'acide sulfurique.

La syénite est séparée des roches sédimentaires par une roche spéciale résultant des réactions qui se sont opérées à son contact avec le calcaire jurassique, avec les marges et avec les grès du lias. On la désigne dans le Banat sous le nom de *Scheidung* ou de *Gangart*. Ordinairement elle a seulement quelques mètres d'épaisseur ; toutefois à Doguaska, elle atteint près de 100 mètres.

Le *gangart* contient des minerais variés, particulièrement du grenat et de l'amphibole. Les minerais y sont distribués très irrégulièrement, en sorte qu'ils forment plutôt des *stockworks* que des filons ; cependant ils sont plus ou moins allongés dans le sens de la direction. Lorsqu'ils plongent en profondeur, parallèlement aux épontes de la masse de *gangart*, on leur donne le nom d'*Erzschüb*.

Voici d'ailleurs les principaux minerais, métalliques et non métalliques, qui s'observent dans le *gangart* :

Or, cuivre, bismuth, réalgar, orpiment, antimoine sulfuré, galène, phillipsite, chalcocite (cuivre sulfuré), pyrite magnétique, pyrite de fer, chalcopyrite, fer arsenical, — Spath fluor, — Massicot, fer oligiste, fer oxydulé, pyrolusite, lignite, — Quartz, calcédoine, — Wollastonite, amphibole, grenat, idocrase, orthose, — Galamine, apophyllite, analcime, talc, — Plomb phosphaté, cuivre sulfaté, — Calcite, arragonite, plomb carbonaté, malachite, azurite.

Tous les gîtes métallifères de l'Altaï explorés jusqu'à présent ont, comme l'observe M. de Ootta, certains caractères communs.

Leur allure est le plus souvent très irrégulière, mais ce sont des filons et ils proviennent de fentes remplies.

Généralement ils sont encaissés dans des terrains paléozoïques, appartenant au silurien, au dévonien, au carbonifère ; ils sont, par exemple, dans des roches schisteuses, présentant des alternances de granwacke, de quartzite, de schiste pétrsiliceux ou feldspathique ainsi que de calcaire, dans lesquelles on trouve souvent des fossiles dévoniens.

(1) *Der Altaï*, 1871.

On les rencontre beaucoup plus rarement dans les schistes cristallins, et ils disparaissent même dans le granite dans lequel il n'y a du moins aucune mine exploitée.

Toutefois, dans le voisinage des gîtes métallifères, on observe généralement des granites, des porphyres et des Grünsteins dont l'éruption semble leur avoir donné naissance. Quelques mines ont aussi été ouvertes dans un véritable porphyre; et en outre les gîtes sont habituellement traversés par des filons de grünsteins, de mélaphyres ou de trapps dont nous avons fait connaître la composition précédemment.

Les gîtes métallifères de l'Altaï sont le plus ordinairement formés de baryte sulfatée, de quartz et de sulfures métalliques; mais ces derniers ont été fortement décomposés jusqu'à de grandes profondeurs, et transformés par l'oxydation en minerais ocreux. Les minéraux cristallisés s'y rencontrent très-rarement et consistent en produits de décomposition qui sont de formation secondaire.

Survant leur teneur en métal, on les distingue en minerais d'argent et en minerais de cuivre, entre lesquels il n'y a pas de feste de séparation bien tranchée. Les minerais d'argent contiennent ordinairement du cuivre, un peu d'or, du plomb, du zinc et beaucoup de fer; d'un autre côté les minerais de cuivre contiennent aussi de l'argent et les autres métaux qui viennent d'être mentionnés. A la mine Sadowinsky, on rencontre le tellure qui est combiné avec l'argent et avec le plomb; mais les gîtes métallifères de l'Altaï présentent peu de variété dans leurs minéraux.

L'argent est à l'état d'argent natif, de chlorure, de tellure, de sulfure; et se trouve aussi à l'état d'argent rouge, de fahlerz, de galène argentifère.

Le cuivre est à l'état de cuivre natif, de cuivre sulfuré, de pyrite de cuivre ordinaire et panachée, de fahlerz, d'oxyde rouge et noir, de Kupferpecherz, de carbonates (malachite et azurite), de brochantite.

La gangue des gîtes métallifères de l'Altaï est surtout caractérisée par la rareté des carbonates spathiques et de la chaux fluatée. D'un autre côté, les minerais ne contiennent presque jamais le cobalt, le nickel, le bismuth, l'antimoine, l'arsenic, le mercure, l'étain et le tungstène.

Dans les gîtes métallifères de l'Altaï, il n'y a pas de structure zonée suivant les parois des filons, et généralement ces derniers ne sont pas parallèles; ce sont par excellence des gîtes irréguliers.

En résumé, M. B. de Cotta ne met pas en doute que les gîtes métallifères de l'Altaï n'aient été déposés par des eaux qui conte-

naient en dissolution les substances minérales nécessaires pour former leurs différents sulfures métalliques; ainsi que le quartz et la baryte sulfatée. S'ils sont toujours décomposés et changés en minerais ocreux jusqu'à de grandes profondeurs, il faut l'attribuer à ce qu'ils n'ont pas été recouverts par la mer et par des terrains plus récents, et que depuis l'émersion de l'Altaï, qui remonte au terrain carbonifère, ils sont au contraire restés exposés aux altérations de l'atmosphère. On sait que de grandes altérations s'observent aussi dans les gîtes métallifères du Cornouailles qui ont à leur partie supérieure un chapeau de fer ou *gossan* et dont l'émersion remonte également à une époque extrêmement reculée.

### Météorites et roches analogues.

**Classification.** M. Tschermak (1) a donné une classification des météorites d'après la collection du Musée impérial de minéralogie de Vienne. Six familles sont établies et elles comportent du reste des subdivisions en espèces;

- I Anorthite et augite. Fer à peine visible. (Exemple: Shergotty.)
- II Péridot, bronzite, en quantité à peine visible. (Ex.: Chassigny, Bishopsville.)
- III Péridot et bronzite avec fer (Chondrite.)
- IV Silicates schlier, natif, en mélange grenu. (Mésosidérite.)
- V Fer natif enveloppant des cristaux de silicate qui lui donnent la structure porphyrique. (Pallasite.)
- VI Fer natif.

Dans les météorites pierreux, M. Tschermak observe que la structure est quelquefois bréchiforme; tels sont ceux de Saint-Mesmin et de Dacca, dont le ciment est gris et ressemble au météorite d'Ornans.

### Vernis des météorites.

Le vernis qui recouvre la surface des météorites a été rapproché, par M. Stanislas Meunier (2), d'une sorte de vernis qui s'observe à la surface de certaines roches terrestres, telles que la dolérite et le grès quartzeux. Comme le grès quartzeux n'a pu recevoir son vernis d'une fusion, M. Stanislas Meunier l'attribue à l'air. Il admet que la différence consisterait seulement en ce que, pour les météorites, la friction de l'air est énergique et de peu de durée; tandis que l'inverse a lieu pour les roches terrestres.

(1) *Mineral. Mittheil.*, 1872; 163.

(2) *Comptes rendus*, LXXV, 290.

Il convient d'observer cependant que le vernis recouvrant la surface des roches terrestres peut provenir des pressions et des frottements que ces roches ont nécessairement subies dans leur transport par les eaux ou par les glaces. L'atmosphère produit plutôt des phénomènes dents et variés de décomposition en particulier, Fournet avait signalé la rubéfaction qui résulte de la formation de sesquioxides de fer anhydre à la surface des roches; d'un autre côté, il y a quelquefois une perte d'eau ou une deshydratation, comme on peut le constater notamment dans la croûte extérieure du silex.

Fer natif.

M. J. Boussaingault, en recherchant le carbone combiné dans des fers météoriques, a constaté qu'il n'y en avait pas dans celui de Lenarto, tandis que celui de Cajille en contenait 0,12.

CALIFORNIE. — Un fer natif, d'origine inconnue, qui se trouvait dans la forge d'un maréchal à Shingle Springs, comté Eldorado, en Californie, a été étudié par M. B. Stillman (1).

Il est remarquablement homogène, et sur l'un de ses côtés, on distingue seulement de petits grains de pyrite ayant au plus 5 millimètres de diamètre. Sa densité est 7,875. Sa structure cristalline est confuse et les figures de Widmannstættén ne se montrent pas, même lorsqu'on décape sa surface par un acide. Une analyse en a été faite par M. F. W. Carré (2).

Fe	Ni	Ca	Al	Cr	Mg	Ca	C	Si	P	S	K	Somme.
81,48	17,17	0,60	0,09	0,02	0,01	0,16	0,07	0,03	0,31	0,012	0,03	99,98

On peut observer que le fer natif de Shingle Springs contient de l'aluminium, du calcium, du potassium, métaux assez rares dans les fers natifs; tandis que le cuivre, l'étain et le manganèse y font défaut. Il est surtout remarquable par sa grande proportion de nickel; sous ce rapport, il convient de le rapprocher du fer natif de Greenville en Tennessee, analysé par Clark, de celui de Tazewell Tenn. examiné par Smith, et enfin de celui du Cap de Bonne-Espérance analysé par M. Urlichs (3).

Météorites.

LOIR-ET-CHER. — Le météorite dont les fragments sont tombés

(1) American Journal of Sciences and Arts, VI. Juillet 1873.  
 (2) Rammelsberg. Mineral Chemie, 919.

le 25 juillet 1872 à Authon et à Lancia a été étudié par M. Daubrée (1). Sa cassure se distingue par une teinte grise très-foncée et, examinée au microscope, la roche paraît être drichiforme à grains fins. Sa densité est égale à 5,800. L'eau dissout un peu de chlorure de sodium, mais pas de sel de potasse, ni des sulfates ou des hyposulfites. Avec l'acide chlorhydrique, la roche dégage beaucoup d'hydrogène sulfuré, sans dépôt de soufre ce qui montre que ce corps se trouve à l'état de protosulfure. La présence du cuivre a d'ailleurs été constatée par l'analyse spectrale.

L'analyse complète de l'échantillon de Lancia, dont le poids était de 47 kilogrammes, a donné à M. Daubrée :

Fer libre, allié de nickel et de cobalt.	7,81
Fer et autres métaux alliés.	8,99
Soufre combiné.	5,19
Silice.	17,20
Magnésie.	13,86
Protoxyde de fer.	42,41
Protoxyde de manganèse.	9,05
Partie inattaquable.	33,44
Chlorure de sodium.	0,12
Eau hygrométrique.	1,24
Somme.	99,30

M. Daubrée observe que ce météorite rappelle par son aspect celui tombé en 1868 à Ornans (Doubs), il représente du reste les espèces les plus habituelles aux météorites, mais il contient un peu de chlorure de sodium.

SHERGOTTY. — Le météorite de Shergotty tombé le 25 août 1865 a été examiné par M. Tschermak (2). Il est venu en contact et distingue cinq éléments :

- 1° Un minéral gris blanc qui en forme la plus grande partie et qui ressemble à du diopside, bien que son analyse (A) ne s'y rapporte pas correspond à un minéral du groupe de l'augite;
- 2° Des grains à éclat vitreux dont la composition est donnée par (B), et que M. Tschermak considère comme une espèce minérale nouvelle à laquelle il donne le nom de *Maschekite*;
- 3° Un silicate jaune qui est peut être de la bronzite;
- 4° Du fer oxydulé;
- 5° De la pyrite magnétique.

(1) Comptes rendus, LXXV, p. 3652.  
 (2) Sitzber. d. K. Akad. d. Wissenschaften, 1872.

M. Lumpe a fait en outre l'analyse (C) de la masse de ce météorite :

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	KO	NaO	Fer oxydulé.	S	Somme.
A	52,34	0,25	23,19	18,39	10,49	»	»	»	»	100,56
B	56,30	25,70	41,66	15,10	1,30	»	»	»	»	100,00
C	50,21	5,80	17,59	10,00	10,41	0,57	1,28	4,57	traces	100,53

Le météorite de Shergotty présente une composition assez exceptionnelle : il se rapproche cependant de ceux qui sont tombés à Stannern, à Juvénas et à Jonzac.

GOPALPUR. — Un autre météorite tombé en 1865, à Gopalpur, district de Jessore, appartient à la famille nommée Chondrite. D'après son analyse, M. Tschermak (4) représente ainsi sa composition minéralogique :

Fer nickelé.	Pyrite magnétique.	Péridot.	Bronzite.	Partie feldspathique.	Fer chromé.	Somme.
20,35	4,44	28,86	35,60	10,75	traces.	100,00

BANDONG. — Un météorite tombé le 10 décembre 1871, à Bandong, dans l'île de Java, a encore été examiné par M. Daubrée (2). Sa surface présente de nombreuses cavités qui paraissent dues à un éclatement produit par l'application d'une chaleur brusque et intense, comme celle qui a donné naissance à la croûte noire, produite lors de l'incandescence dans l'atmosphère.

M. Daubrée rapporte cette roche à la famille des sporadosidères, section des oligosidérés de son système de classification des météorites (3). Sa densité est 3,519 et, d'après le docteur Vlaanderen, voici quelle serait sa composition minéralogique :

Fer nickelé. . . . .	2,81
Sulfure de fer. . . . .	5,44
Fer chromé. . . . .	4,41
Péridot. . . . .	47,26
Augite. . . . .	20,98
Minéral feldspathique. . . . .	17,00
Somme. . . . .	97,90

(1) Sitzber. d. K. Akad. d. Wissenschaften, 1872.

(2) Comptes rendus, LXXV, p. 1676.

(3) Revue de géologie, VII, p. 114.

### Age des roches éruptives.

NORVÈGE. — M. Th. Kjerulf (1) a reconnu qu'en Norvège la roche stratifiée fondamentale, comprenant la sparagmite, a été traversée par du granite et par des roches éruptives anciennes qu'on ne retrouve pas dans le terrain silurien qui la recouvre. D'un autre côté, dans ce dernier terrain, aussi bien que dans la roche fondamentale, il y a eu des intrusions de roches éruptives qui étaient relativement récentes; elles sont représentées par le granite, par les porphyres si connus et par les diabases qui se sont fait jour dans la région silurienne du golfe de Christiania.

A ce sujet, M. Th. Kjerulf observe que ces diverses roches éruptives se présentent en masses intercalées ou superposées qui peuvent dépasser l'épaisseur des terrains dans lesquels elles ont pénétré; il en conclut qu'elles ne résultent pas du métamorphisme de certains étages du terrain silurien, comme on l'admet quelquefois, mais qu'elles viennent bien de l'intérieur de la terre.

IRLANDE. — MM. E. Hull et W. A. Traill (2) ont fait connaître l'ordre de succession et l'âge approximatif des roches éruptives du comté de Down en Irlande, qui sont toutes postérieures au grès de Carradoc :

- e. Basalte le plus récent. . . . . Miocène
- 2. Eurite et porphyre traversant sous forme de dykes le granite du Slieve Croob et les dykes de basalte ancien. . . . . Postcarbonifère.
- 1. Granite des montagnes du Mourne. . . . . Carbonifère.
- c. Diorite en dykes de Rostrivor. . . . . Postcarbonifère.
- b. Basalte ancien du Mourne et de Carlingford. . . . . Carbonifère supérieur.
- a. Granite métamorphique du Slieve Croob, de Castlewellan et de Newry. . . . . Précarbonifère.

Que les basaltes soient carbonifères ou tertiaires, ils contiennent également du péridot. En outre, d'après la rareté des dykes tertiaires dans le district du Mourne, on peut considérer ce district comme la limite sud de la région affectée par les éruptions volcaniques pendant l'époque miocène; tandis que ces éruptions se

(1) Om Skuringsmærker, glacialformationen og terrasser om grundfjeldets og sparagmitfjeldets, etc. — Christiania, 1871.

(2) British Association, 1871, 101.

sont fait sentir avec beaucoup d'énergie au nord-est de l'Irlande et dans les Hébrides. D'un autre côté, pendant l'époque du carbonifère supérieur ou du terrain houiller, le district du Mourne doit au contraire avoir été le théâtre d'une grande activité volcanique (1).

QUEENSLAND. — M. Daintree (2) a déterminé l'âge relatif des différentes roches éruptives du Queensland dont la composition minéralogique et chimique a été donnée précédemment (3).

- 1° Les porphyres et les porphyrites se montrent depuis les terrains métamorphiques jusqu'au dévonien.
- 2° Les diorites, les diabases, les serpentines s'observent dans l'ensemble du terrain dévonien, mais surtout vers sa partie inférieure.
- 3° Les trachytes et les andésites (felsites) sont venus à une époque plus récente, qui n'a pu être précisée.

**Fragments enveloppés dans les roches éruptives.**

M. F. Sandberger (4) a fait observer que les fragments enveloppés par les roches volcaniques se trouvent généralement en plus grande abondance près de leurs parois, particulièrement lorsqu'elles se sont élevées à travers des cheminées étroites, ou lorsqu'elles forment des filons.

D'un autre côté, ces fragments sont rares, ou bien même manquent complètement dans les nappes, dans les coulées et dans les accumulations puissantes de la surface.

Le basalte contient assez souvent des fragments métamorphosés et vitrifiés de grès bigarré (5); quelquefois aussi il contient des fragments de péridote, d'enstatite, de sanidine, d'hornblende.

Pour les roches plutoniques, des faits analogues se sont produits également. M. Sandberger mentionne, en effet, certains porphyres de la Forêt Noire qui empiètent des fragments de gneiss et de granite et sont par conséquent plus récents que ces derniers.

#### Variations des filons métallifères dans la profondeur (1)

Un préjugé très-répandu parmi les mineurs consiste à admettre que la richesse des filons de quartz aurifère diminue quand la profondeur augmente. M. R. Brough Smyth (6) s'est attaché à com-

(1) Voir aussi *Bulletin de la Société géologique* [2], X, 568.

(2) *Quart. J. Geol. Soc.*, XXVIII, 311.

(3) *Revue de géologie*, XI.

(4) *Sitzb der K. Bayer. Akademie*, 1872.

(5) Delesse. *Annales des mines. Études sur le Métamorphisme*.

(6) *Geol. Mag.*, IX, 328.

battre cette opinion à l'aide des observations qu'il a faites en Australie. Il a prouvé d'abord que, depuis la surface jusqu'à 150 mètres, il n'y avait aucune variation dans la richesse des filons; puis de nouvelles observations lui ont permis d'étendre la même conclusion à des profondeurs de 200 et de 300 mètres. Beaucoup de ces exemples favorables sont tirés des exploitations du district de Bendigo, dont l'activité est aujourd'hui plus grande que jamais.

Les recherches faites à Prizbram dans ces dernières années, ont montré également que la richesse en argent augmente beaucoup avec la profondeur.

#### Association des trapps et des gîtes métallifères.

Depuis longtemps l'association des trapps aux gîtes métallifères a été signalée; mais récemment M. Th. Petersen (1) a rappelé l'attention sur ce sujet, particulièrement pour ce qui concerne les grünensteins et les diabases.

Dans la région de Dillenburg, en effet, les filons de cuivre deviennent plus riches au voisinage de la diabase ainsi que dans les amygdaloïdes et dans les spilites.

De même, les minerais de cobalt et de nickel de cette région proviennent de la diabase à laquelle M. Petersen attribue aussi le minerai du schiste cuivreux du terrain permien.

C'est encore à la diabase qu'il attribue les gisements de fer les plus importants qui s'exploitent dans le terrain de transition du Harz.

Enfin, MM. Sandberger et Petersen pensent que les filons de Wittichen, dans le pays de Bade, qui contiennent du nickel, du cobalt, de l'arsenic, du bismuth et de l'argent, proviennent des schistes amphiboliques dans lesquels on retrouve, en tout cas, ces mêmes métaux (2).

(1) *Neues Jahrbuch*, 1872, 591.

(2) *Revue de géologie*, VIII, 82.

## TROISIÈME PARTIE.

## TERRAINS.

## TERRAINS PALÉOZOÏQUES.

## TERRAIN SILURIEN.

*Graptolithes de Saint-David.* — M. J. Hopkinson (1) a signalé, dans le terrain silurien inférieur du pays de Galles, à Saint-David, une remarquable faune de graptolithes. Ces fossiles se trouvent dans des schistes noirs et ferrugineux appartenant à l'étage d'Arenig et établissent son synchronisme avec le groupe de Québec dans le Canada et les schistes de Skiddaw dans le Cumberland. Le genre *Didymograpsus* est représenté par cinq espèces, dont trois, *D. extensus*, *D. patulus*, *D. pennatulus*, sont caractéristiques des groupes de Québec et de Skiddaw. Il y a en tout, à Saint-David, neuf genres et vingt-deux espèces. Trois de ces genres, *Tetragraptus*, *Dogmograptus* et *Phyllograptus*, sont spéciaux à cet horizon. L'auteur a reconnu qu'à Shelve, à la partie inférieure du groupe d'Arenig, il existe aussi sous la grande masse de l'étage de Llandeilo, une zone de graptolithes, les uns identiques avec ceux de Saint-David, les autres appartenant à des formes très-voisines.

*Faune des couches de Tremadoc et d'Arenig.* — M. Hicks (2) a recueilli de nombreux fossiles dans les couches de Tremadoc, aux environs de Saint-David. Ces couches, reposant en concordance sur les schistes à lingules, ont plus de 500 mètres d'épaisseur. Presque tous les fossiles sont nouveaux et offrent de grandes

(1) *British. ass.* Brighton, 1872. — *Geol. Mag.*, IX, 467.(2) *Geol. Society*, 4 décembre 1872.

affinités avec la faune des roches inférieures de Tremadoc du Pays de Galles septentrional. Quant au Tremadoc supérieur, il paraît être représenté à Saint-David par les couches dites d'Arenig.

Les espèces nouvelles, décrites par M. Hicks, appartiennent aux genres *Neseuretus*, *Niobe*, *Theca*, *Bellerophon*, *Palasterina*, *Dendrocrinus*, *Ctenodonta*, *Palæarca*, *Glyptarca*, *Davidia*, *Modiolopsis*. On trouve avec elles les *Lingulella Davisii*, *Lingula petalon*, *Obolella plicata*, *Orthis Carausii*, *Eophyton explanatum*. Cette faune ressemble à celle des couches de Potsdam et de Québec, dans l'Amérique du Nord. Il est remarquable de rencontrer un pareil nombre de lamellibranches dans des couches aussi anciennes.

Il y a dans les couches d'Arenig, qui viennent au-dessus, un changement de faune complet. On voit apparaître pour la première fois les Graptolithes, ainsi que les genres *Trinucleus*, *Ogygia*, etc. Par suite, selon l'auteur, la véritable limite entre le cambrien et le silurien doit être tracée entre le Tremadoc inférieur et les couches d'Arenig.

*Classification des couches cambriennes et siluriennes.* — On doit à M. Hicks (1) un essai de remaniement de la classification des roches cambriennes et siluriennes. L'auteur propose de distinguer les groupes suivants de bas en haut :

- 1° Cambrien inférieur, comprenant le groupe de Longmynd (grès de Harlech, schistes de Llanberis, roches de Bray-Head) et le groupe aménévien, intimement lié au premier par ses caractères paléontologiques.
- 2° Cambrien supérieur, comprenant les *Lingula flags* (inférieurs, moyens et supérieurs, appelés aussi couches de Maentwrog, de Ffestiniog, de Dolgely et de Malvern) et le groupe de Tremadoc. Les genres *Olenus*, *Conocoryphe*, *Dikelocephalus*, établissent une connexion étroite entre ces deux groupes.
- 3° Silurien inférieur, divisé en groupe d'Arenig (inférieur et supérieur, le premier mis en évidence par les recherches récentes de l'auteur et établissant un passage avec le groupe de Tremadoc), groupe de Llandeilo (inférieur et supérieur), le dernier composé de schistes noirs, de schistes de calcaires et groupe de Bala ou de Caradoc.
- 4° Silurien supérieur, formé des groupes de Llandovery (inférieur et supérieur), de Wenlock et de Ludlow.

(1) *Geologist's association.* — *Geol. Mag.*, IX, 383.

*Graptolithes du Lanarkshire.* — M. John Hopkinson (1) a trouvé plusieurs espèces nouvelles de graptolithes dans un schiste noir du Lanarkshire, correspondant par ses fossiles à la partie supérieure des Llandeilo flags du pays de Galles. Ce schiste est recouvert par une série de couches du groupe dit de Gala, avec fossiles de Caradoë, et repose sur des roches contenant quelques espèces cambriennes. Les graptolithes, provenant presque tous de Moffat, sont décrits sous les noms de *Corynoides gracilis*, *Dendrograptus affinis*, *Graptolithus attenuatus*, *G. acutus*, *Diplograptus Etheftigii*, *D. peimā*, *D. pinguis*, *D. striatatus*, *D. Hincksii*, *Dicranograptus rectus*.

M. Lapworth (2) ne croit pas, comme l'admet M. Hopkinson, qu'il n'y ait dans le Lanarkshire qu'une seule couche de schiste à graptolithes; il en admet plusieurs, distribués dans ce qu'il appelle la série de Moffat (3), et contenant en tout une centaine d'espèces de graptolithes, assez étroitement parquées dans des horizons définis et dont très-peu occupent toute la hauteur de la série. Le Moffat inférieur correspondrait au Llandeilo inférieur et au groupe américain d'Hudson River; le Moffat moyen représenterait le Llandeilo supérieur. Enfin le Moffat supérieur serait l'équivalent du Caradoë.

*Crustacés siluriens d'Angleterre.* — M. Wyatt-Eggell avait recueilli dans la formation du Ludlow inférieur, à Leintwardine, un échantillon remarquablement bien conservé d'un crustacé jusqu'alors peu connu, l'*Hemiaspis limboïdes*. M. Henry Woodward (4) a donné la description de cette espèce, dont la découverte comble une lacune entre la classe des Xiphosurés et celle des Euryptérides. Un autre *Hemiaspis*, l'*H. horridus*, a été trouvé dans l'étage de Dudley; c'est le plus ancien spécimen connu de ce genre.

*Faune silurienne de la Thuringe.* — M. Richter (5) a signalé, dans la Thuringe, au-dessous des schistes aluminifères à graptolithes, une série de schistes associés à des minerais de fer et à des quartzites, où l'on rencontre les fossiles suivants: *Calymene*, *Asaphus marginatus*, *Beyrichia excavata*, *Orthisina*, *Lingula*, *Biscina rediviva*,

(1) *Geol. Mag.*, IX, 501.(2) *Geol. Mag.*, IX, 533.(3) *Revue de géologie*, X, 106.(4) *Geol. Mag.*, IX, 433.(5) *Zeit. d. d. g. G.*, XXIV, 72.

*Obolus*, *Echinosphærites*. Cette faune paraît avoir précédé la première apparition des céphalopodes dans la faune secondé de Barande, et d'un autre côté elle semble un peu plus récente que la faune silurienne de Hof (1).

*Schistes à graptolithes des Alpes méridionales.* — M. Stache (2) a découvert dans les Alpes méridionales, entre Uggowitz dans le Follaithal et Vorderberg dans le Gailthal, une zone de schistes à graptolithes, entourés de roches probablement carbonifères. C'est la première fois que le terrain silurien fossilifère est signalé dans la région des Alpes méridionales.

*Silurien du Jemtland.* — M. Linnarsson (3) a classé les dépôts siluriens du Jemtland en Suède: ces dépôts forment deux bassins distincts; celui de l'est, où dominent les calcaires, est assez fossilifère; celui de l'ouest, presque entièrement formé de schistes argileux, ne contient pas de fossiles, si ce n'est dans une mince couche de calcaire intercalée au milieu des schistes. L'auteur distingue, de haut en bas, les étages suivants:

- 1° Calcaire à Pentamères; 2° Calcaire à Chasmops et schistes à graptolithes; 3° Calcaire à Orthocères; 4° Schistes inférieurs à graptolithes; 5° Calcaire à *Ceratopygus*; 6° Schistes aluminifères; 7° Quartzite.

*Série primordiale d'Oeland.* — M. Sjögren (4) a découvert, dans l'île d'Oeland, des couches, faisant partie du système des grès et des schistes aluminifères, qui offrent, par leurs fossiles, une analogie assez marquée avec les formations primordiales de la Bohême. L'auteur distingue, de haut en bas,

- 1° Schistes aluminifères avec *Olenus*;
- 2° Schistes argileux gris avec *Paradoxides Oelandicus*, *Ellipsocephalus Hoffi*, *Conocoryphe Dalmanni*, *Agnostus regius*;
- 3° Grès schisteux avec *Paradoxides Tessini* et *Ellipsocephalus Hoffi*;
- 4° Grès sans fossiles.

*Silurien du lac Siljan, Cambrien de Mjæsen.* — D'après M. Stolpe (5), les grès des environs du lac Siljan, en Dalécarlie,

(1) *Revue de géologie*, VIII, 87.(2) *Verhandlungen der K. K. g. Reichsanstalt* 1872; 234. — *Revue géologique suisse*, III, 26.(3) *Neues Jahrb.*, 1872; 324.(4) *Neues Jahrb.*, 1872; 325.(5) *Neues Jahrb.*, 1872; 549.

n'appartiennent pas tous au terrain cambrien : une partie de ces grès se relie au système silurien et la série des couches est la suivante, de haut en bas : Calcaire à Leptæna, grès, schistes supérieurs à graptolithes, schistes à brachiopodes, schistes à Trinucleus, calcaire à Chasmops, calcaire à Orthocères, grès cambrien du Digerberg, porphyre rouge et grès euritique.

La formation primordiale paraît manquer absolument dans cette région.

Il n'en est pas de même aux environs de Mjæsen, en Norwège, où M. Törnebohm (1) signale, sous les schistes alunifères, une zone de schistes verts à Paradoxides Kjerulfi, surmontant des quartzites et des schistes auxquels le gneiss sert de fondement.

*Faune primordiale du Nevada.* — La faune primordiale a été découverte par M. Clayton sur le territoire de Nevada, à 116° de longitude à l'ouest du méridien de Greenwich. Parmi les fossiles recueillis, M. Whitney (2) a reconnu les genres Lingula, Obolella, Paradoxides, Conocoryphe, Agraulos (Añon, Crepicephalus). Ces espèces se rencontrent dans un calcaire grisâtre. Il est très-intéressant de constater l'uniformité de composition de la faune primordiale que les terrains correspondants soient des schistes, comme en Bohême; des grès, comme dans le groupe de Potsdam, ou des calcaires, comme au Texas et au Nevada.

*Faune primordiale de Rensselaer.* — M. Ford (3) a découvert quelques nouveaux fossiles dans la zone primordiale de l'État de New-York. Ces fossiles, provenant de la base du groupe de Potsdam dans le comté de Rensselaer, sont les Archæocyathus Rensselaericus, Obolella nitida, Scenella retusa, Hyolithes Emmonsii.

*Séparation des groupes de Niagara et d'Helderberg.* — M. Worthen avait émis l'opinion que les groupes de Niagara et d'Helderberg inférieur ne sont pas véritablement distincts et doivent être réunis en une seule formation. Il se fonda sur ce que, d'après lui, dans la vallée de Schoharie, le groupe d'Helderberg reposerait directement sur le silurien inférieur. M. J. Hall (4) a contesté cette superposition. Il a toujours observé, dans les vallées de Schoharie et de Kobel, plusieurs assises bien caractérisées entre

(1) Neues Jahrb., 1872, 548.

(2) Americ. Journ., 3<sup>e</sup> série, III, 84.

(3) Americ. Journ., 3<sup>e</sup> série, V, 211.

(4) Geol. Mag., IX, 509.

l'Helderberg et le silurien inférieur. Pour lui, le calcaire inférieur d'Helderberg et le groupe salifère d'Onondaga constituent l'étage silurien supérieur, entièrement distinct par sa faune du silurien moyen. Et s'il y a des localités où la disparition du groupe salifère amène l'Helderberg en contact avec le groupe du Niagara sans qu'on y observe d'interruption tranchée, ce fait ne saurait infirmer une séparation basée sur des différences physiques et zoologiques constatées sur une étendue de plusieurs milliers de kilomètres.

*Controverse au sujet du terrain taconique.* — La controverse depuis longtemps engagée au sujet du terrain taconique (1) continue en Amérique. M. Dana y est intervenu pour rétablir la vraie signification du système taconique tel qu'il a été établi par Emmons en 1842. A cette époque, le système se composait uniquement des schistes et calcaires dits taconiques, reposant, peut-être en discordance, sur le quartzite, aux environs de Williamstown, dans la chaîne des monts taconiques en Massachusetts. Emmons a eu le mérite de montrer que ce système n'était pas l'équivalent du groupe d'Hudson-River, avec lequel il était confondu, et d'établir, pour la succession normale des assises, un ordre très-plausible, en vertu duquel le calcaire de Spockbridge devenait la plus récente des trois bandes calcaires intercalées dans le taconique. L'ensemble de ce système, dépourvu de fossiles, représentait aux yeux d'Emmons le terrain cambrien.

Malheureusement Emmons ayant découvert, en 1843, à l'ouest de la région taconique, des schistes noirs fossilifères et ne voulant pas admettre, malgré les apparences du plongement, que ces schistes fussent inférieurs à son système, renversa complètement l'ordre de superposition établi, en plaçant les schistes noirs du Vermont au sommet du groupe. Cette erreur considérable donna beau jeu aux adversaires d'Emmons et eut pour conséquence une extrême confusion. En fait, ces schistes noirs auraient dû être éliminés du système taconique dont ils ne font pas partie et, à l'heure actuelle, personne ne peut fixer avec certitude l'âge de ces schistes des montagnes taconiques, c'est-à-dire, à peu d'exceptions près, des schistes qui recouvrent la vaste contrée située à l'ouest de l'Hudson. Il est possible qu'ils représentent le groupe de Québec, comme aussi ils pourraient faire partie du groupe d'Hudson-River.

(1) Revue de géologie, II, 177; VIII, 87.

(2) Americ. Journ., 3<sup>e</sup> série, III, 468.

Quant au quartzite des montagnes Vertes, dont les relations avec le calcaire de Stockbridge ont jusqu'ici paru assez incertaines, M. Dana (1) établit qu'il est inférieur au calcaire, par lequel il est recouvert en discordance.

#### TERRAIN DÉVONIEN.

*Grès du Finistère.* — M. Le Hir (2) a démontré que la plupart des grès paléozoïques du Finistère appartiennent à l'étage inférieur du terrain dévonien, sur l'horizon des terrains du Cotentin. L'auteur a trouvé dans ces grès les *Athyris concentrica*, *Atrypa reticularis*, *A. undata*, *Grammysia hamiltonensis*, *Leptæna Dutertrii*, *Homalonotus Forbesii*, *Tentaculites ornatus*, etc.

*Couches à Calceola sandalina.* — La *Calceola sandalina*, fossile caractéristique du terrain dévonien de l'Eifel, a été l'objet d'un examen approfondi de la part de M. Stebbing (3). L'auteur a conclu de ses observations que cette curieuse espèce était en réalité un polypier appartenant à la classe des *Zoantharia rugosa*.

Telle est aussi, suivant M. de Koenen (4), la solution à laquelle était arrivé, de son côté, en 1870, M. le docteur Kunth, de Berlin.

M. Dewalque (5) a décrit un spongiaire nouveau, l'*Astræospongium meniscoides*, provenant du calcaire dévonien à calcéoles de Prüm, dans l'Eifel.

*Psaronius dans l'État de New-York.* — Des troncs d'arbres fossiles ont été découverts dans un grès dévonien de l'État de New-York. Les troncs étaient debout, et leur base reposait sur une couche argileuse, remplie de débris noirs. Les premières assises du grès, sur 1 mètre de hauteur, étaient remplies de fragments de végétaux. M. Dawson (6) a étudié ces troncs et les a rapportés au genre *Psaronius*, bien connu déjà dans les environs d'Autun.

#### TERRAIN CARBONIFÈRE.

*Arachnides et crustacés du terrain houiller.* — Un nouvel arach-

(1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, III, 179.

(2) *Bull. soc. géol.* — *Congrès scientifique de France*. Saint-Brieuc, juillet 1872.

(3) *Geol. Mag.*, X, 57.

(4) *Geol. Mag.*, X, 140.

(5) *Bull. acad. royale de Belgique*, 2<sup>e</sup> série, XXXIV, n<sup>o</sup> 7.

(6) *Geol. Mag.*, IX, 463.

nide a été découvert dans le terrain houiller d'Angleterre (1). Il provient du minerai de fer du Lancashire. M. Henry Woodward (2) a reconnu qu'il appartenait au genre *Architarbus*, découvert par M. Scudder dans le terrain carbonifère de l'Illinois, et il lui a donné le nom d'*Architarbus subovalis*. Il est remarquable que les nodules du minerai houiller, en Angleterre, ont déjà fourni cinq genres fossiles connus dans les nodules du minerai carbonifère de l'Illinois, savoir : un crustacé, *Bellinurus*; trois myriapodes, *Xylobius sigillariæ*, *Euphoberia Teron*, *E. Brownii*; enfin, l'arachnide dont il vient d'être question.

Dans le même minerai du Lancashire, M. Birtwell l'a découvert un nouveau crustacé, remarquable par l'ankylose de ses segments, plus complète que dans tous les limulides connus du terrain houiller, et que M. Woodward (3) a décrit sous le nom de *Prestwichia Birtwelli*.

*Terrain houiller du Bas-Bouloonnais.* — MM. Gossélet et Bertaut (4) ont étudié le terrain carbonifère du Bas-Bouloonnais, dans lequel ils distinguent, de bas en haut, les assises suivantes :

1<sup>o</sup> Dolomie, dite du Huré, correspondant à la dolomie de Namur; 2<sup>o</sup> Calcaire du Haut-Banc, à *Productus Cora*; 3<sup>o</sup> Calcaire Napoléon, à *Productus undatus*; 4<sup>o</sup> Calcaire à *Productus gigantes*. Ces quatre premières assises constituent l'ensemble du calcaire carbonifère. Au-dessus vient l'étage houiller, divisé en deux horizons bien distincts : à la base, le grès des plaines (Hardingien), à *Productus Flemingii* et *Stigmaria*, avec quelques nodules de charbon, et, au-dessus, les schistes houillers de Loquinghen, qui contiennent la houille actuellement exploitée.

MM. Gossélet et Bertaut reconnaissent, dans le terrain houiller du Bouloonnais, l'exact équivalent du terrain houiller de la Belgique. Il est vrai qu'à Hardinghen on traverse, pour atteindre la houille, une certaine épaisseur de calcaire Napoléon. Aussi la plupart des auteurs avaient-ils été d'accord pour rapporter cette houille au calcaire carbonifère. Mais MM. Gossélet et Bertaut attribuent cette apparente intercalation à une faille très-oblique, par suite de laquelle le calcaire inférieur est venu chevaucher sur les tranches de schistes coupées en sifflet. Du reste, les végétaux recueillis par M. J. Barrois, *Pecopteris*, *Neuropteris*, *Sphenop-*

(1) Voir *Revue de géologie*, X, 111.

(2) *Geol. Mag.*, IX, 385.

(3) *Geol. Mag.*, IX, 440.

(4) *Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1873.

teris, Annularia, Asterophyllites, etc., appartiennent bien à l'époque houillère proprement dite et non à l'étage inférieur.

*Terrain houiller de Saarbrück.* — M. Ernst Weiss (1), à la suite d'un travail étendu sur la flore fossile du bassin de Saarbrück, a été amené à distinguer deux zones dans le terrain houiller de cette région.

La zone inférieure, comprenant les couches de Saarbrück, se divise en trois étages : le premier, le plus ancien, est celui de la veine houillère inférieure ; le second correspond à la veine moyenne et le troisième ne renferme aucune couche de houille.

La zone supérieure, correspondant aux couches d'Ottweiler, comprend trois étages : l'étage inférieur, assez compliqué, caractérisé par l'abondance de la *Leaia Bantschiana* ; l'étage moyen, où la couleur rouge domine ; l'étage supérieur, contenant quelques minces couches de houille, un lit calcaire, et de nombreuses plantes du terrain houiller. Au-dessus vient le terrain permien.

*Flore houillère du Col de Steinach.* — Déjà M. Pichler (2) avait signalé un gisement de plantes fossiles du terrain houiller dans les Alpes centrales, au col de Steinach. D'après M. Stache (3) ce gisement n'est pas le seul et fait partie d'un ensemble qui représente l'étage carbonifère complet, et dont les couches à végétaux occupent la partie supérieure.

Le gisement du col de Steinach a fourni des *Annularia*, *Sphenophyllum* (*S. emarginatum*), *Neuropteris* (*N. flexuosa*), *Odontopteris*, *Alethopteris*, *Cyatheites*, etc. Les *Sigillaria* et les *Calamites* y sont extrêmement rares.

Les autres gisements, à Nöslach et à Hellenbach, près de Gries, ont également fourni des *Cyatheites* (*C. arborescens*) et des fougères.

*Terrain carbonifère de Pontafel.* — D'après M. Tietze (4), le terrain houiller des environs de Pontafel, en Carinthie, présente les trois étages principaux qu'on est habitué à rencontrer dans les autres régions. Le calcaire carbonifère y est caractérisé par le *Productus giganteus* et un grand nombre d'autres fossiles. La formation des schistes houillers est indiquée par des plantes et par

(1) *Neues Jahrb.*, 1872; 558.

(2) *Neues Jahrb.*, 1870; 1025.

(3) *Verh. der K. K. g. R.*, 1872; 78.

(4) *Verhandlungen der K. K. Reichsanstalt*, 1872; 142. — *Revue géologique Suisse*, III, 26.

la *Littorina obscura*. Enfin, le calcaire à fusulines couronne le tout. M. Stache (1) reconnaît dans ce dernier étage deux horizons distincts : un calcaire inférieur noir, caractérisé par la *Fusulina cylindrica*, un calcaire supérieur blanc avec la *F. robusta*.

*Grès rouge de Nubie.* — Le grès rouge de Nubie, sur l'âge duquel plusieurs opinions contradictoires ont été émises (2), paraît devoir être décidément classé dans la formation carbonifère supérieure. M. Tate (3) rappelle que ce grès a fourni à Wady-Nasb, dans le massif du Sinaï, un végétal fossile rapporté par Salter au *Lepidodendron Mosaicum*. Depuis, M. Holland y a trouvé une tige de *Stigmara*, et le même gisement contient différents fossiles, tels que *Orthis Michelini*, *Streptorhynchus crenistria*, *Spirifer*, *Murchisonia*, *Eulimma*, tous indiquant le terrain houiller supérieur.

Il paraît que le *Dadoxylon aegyptiacum*, si fréquent dans la forêt fossile d'Assouan et de Um-Ombos, appartient à la même époque que le *Lepidodendron Mosaicum*.

*Terrain houiller de l'île du Prince-Édouard.* — La formation carbonifère supérieure de l'île du Prince-Édouard, dans le golfe de Saint-Laurent, a été étudiée par M. Dawson (4). Cette formation, sur laquelle le trias repose en stratification concordante sans qu'il y ait de traces de permien, consiste en grès rouges un peu plus foncés que ceux du trias, avec schistes, grès gris et calcaires concrétionnés. On n'y trouve pas de houille, mais seulement des troncs d'arbres carbonisés. Les principaux végétaux fossiles qui s'y rencontrent sont les *Dadoxylon materiarium*, *Pecopteris arborescens*, *P. rigida*, *P. oreopteroides*, *Alethopteris nervosa*, *Neuropteris rarineris*, *Cordaïtes simplex*, *Calamites Suckovii*, *C. Sistii*, *C. gigas*. Cet ensemble caractérise les couches supérieures du terrain carbonifère, c'est-à-dire les zones des *Annulariées* et des fougères de M. B. Geinitz (5). Plusieurs des espèces citées sont, en Europe, communes au carbonifère et au permien ; aucune d'elles n'est exclusivement permienne. Il est probable que la formation houillère productive existe, sous l'île du Prince-Édouard, à une profondeur de quelques centaines de mètres. C'est du moins ce qu'on peut conclure de la comparaison de cette île avec la Nouvelle-Écosse.

(1) *Verhandlungen der K. K. g. Reichsanstalt*, 1872; 233.

(2) *Revue de géologie*, VIII, 207.

(3) *Geol. Society*, XXVIII, 404.

(4) *Geol. Mag.*, IX, 208.

(5) *Revue de géologie*, VI, 165.

*Traces de pas dans le grès carbonifère de la Nouvelle-Écosse.* — Des traces de pas ont été découvertes dans un grès carbonifère, près de Spring-Hill, dans la Nouvelle-Écosse. Le grès est d'un brun chocolat, associé à des schistes bleus et pourprés. Les traces se trouvent dans une mince couche de schiste foncé adhérente au grès. M. Dawson (1) les rapporte à un grand batracien labyrinthodonte qu'il nomme *Sauropus unguifer*. C'est la troisième fois que des pas de reptiles se rencontrent dans la Nouvelle-Écosse. Deux découvertes semblables ayant été faites en Pensylvanie, on voit combien les grands batraciens étaient développés, à l'époque carbonifère, dans l'Amérique du Nord.

*Coquilles terrestres dans le terrain houiller de l'Illinois.* — M. Bradley (2) a signalé deux coquilles terrestres dans un calcaire concrétionné subordonné au terrain houiller, aux environs de Georgetown dans l'Illinois. Ces deux coquilles sont décrites sous les noms de *Pupa vermilionensis* et *Anomphalus Meeki*.

*Flore houillère de l'Illinois.* — M. Lesquereux (3) a étudié les plantes fossiles de la formation houillère de l'Illinois. Elles constituent une flore très-riche, dans laquelle dominent les fougères. Le gisement le plus productif est celui de Mazon-Creek, où l'on rencontre 76 espèces de fougères, 19 équisétacées ou astérophyllites, 18 Lycopodiacées et 1 *Sigillaria*. Les fougères appartiennent aux genres *Neuropteris*, *Dictyopteris*, *Odontopteris*, *Alethopteris*, *Pecopteris*, *Staphylopteris*, etc. Leur grande abondance établit un lien intime entre la formation houillère de l'Illinois et la zone carbonifère supérieure à fougères de Geinitz. Du reste, les débris d'animaux fossiles, rencontrés dans les nodules de sphérosidélite de Mazon-Creek, ont une étroite parenté avec les fossiles des couches de Lebach, immédiatement inférieures, comme on sait, au terrain permien.

**Couches de passage entre le terrain houiller et le terrain permien.**

*Grès rouges du Shropshire.* — M. Davies (4) a signalé plusieurs couches de houille exploitable au-dessus des grès rouges et des marnes qui, dans le Shropshire, sont généralement regardées

(1) *Geol. Mag.*, IX, 251.

(2) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 87.

(3) *Geological Survey of Illinois*, IV. Chicago, 1870.

(4) *Geol. Mag.*, X, 46.

comme la base de l'étage permien. Cet ensemble serait l'équivalent du calcaire magnésien et des conglomérats calcaires qu'on observe au même niveau en d'autres points, par exemple à Albury. D'après l'auteur, cette observation fait disparaître la lacune habituellement admise entre le permien et le terrain houiller en Angleterre. Ces deux étages, comme tous les autres, se succèdent sans interruption et sans qu'on puisse établir de limites nettes.

*Couches à céphalopodes de Jali.* — M. Waagen (1) a annoncé la découverte des genres *Goniatites*, *Ammonites*, *Ceratites*, dans les couches de Jali, près de Shabpoor dans l'Inde, sur le versant méridional du Salt Range. Or ces couches contiennent également les *Athyris Roissyi*, *A. subtilis*, *Productus costatus*, *P. longispinus*, qui les avaient fait classer tout d'abord dans le carbonifère. Il est vrai qu'on y rencontre aussi des formes permienues, telles que *Strophalosia Morrisiana* et une térébratule voisine de la *T. elongata*. Ce sont donc des couches de passage entre la période carbonifère et la période permienne, présentant des associations de céphalopodes semblables à celles des couches de Saint-Cassian.

TERRAIN PERMIEN.

*Schistes et couches rouges de l'Aveyron.* — M. G. Fabre (2) a étudié le terrain permien de l'Aveyron. A la base s'observent les schistes à *Walchia*, recouverts en concordance par un système d'argiles et de psammites rouges qui, bien que discordants avec le trias, contiennent cependant des débris du genre triasique *Voltzia*. M. Fabre croit que cette série rouge appartient au permien et doit être considérée comme l'équivalent du grès vosgien.

*Terrain permien des Corbières.* — M. H. Magnan (3) a reconnu l'existence du terrain permien dans les Corbières, aux environs de Tuchan et de Ségure. A la base, en concordance avec le terrain houiller, on observe des grès rougeâtres avec argiles rouges et vertes, contenant des empreintes indéterminables de *Calamites*.

Au sommet viennent des cargneules çà et là cendreuseuses, alternant avec des schistes verdâtres et rougeâtres, et qui, pour M. Magnan, représentent le zechstein.

La puissance totale de cet ensemble varie entre 70 et 100 mètres.

(1) *Geol. Mag.*, X, 30.

(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 421.

(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 315.

**Permien de Saarbrück.** — D'après M. Ernst Weiss (1), le terrain permien de Saarbrück débute par les couches de Gusel, ou grès rouge charbonneux. Au-dessus viennent les couches de Lebach, représentant le grès rouge moyen, et connues par l'abondance des restes de sauriens et de poissons, avec *Walchia* et autres plantes caractéristiques de l'époque permienne. La description de toutes ces plantes a été également donnée par M. Weiss.

**Permien de la Hesse.** — On doit à M. Moesta (2) une classification du permien, dans la province de Hesse. La formation comprend :

Étage supérieur. . . . .	{	Argiles supérieures avec gypse.
		Dolomie en plaquettes.
		Argiles inférieures avec gypse.
Étage moyen. . . . .	{	Dolomie principale.
		Anhydrite et gypse.
		Zechstein et schistes cuivreux.
Étage inférieur. . . . .	{	Conglomérat de zechstein.
		Grès rouge.

**Grès rouge de l'Odenwald.** — M. Cohen (3) a donné une description du terrain permien dans la partie méridionale de l'Odenwald. La roche qui forme la base de la formation est le granite, surmonté par un porphyre ancien, que recouvre directement le grès rouge ; ce dernier est tantôt à l'état de brèche porphyrique, tantôt à l'état de conglomérat granitique. Au-dessus vient le grès rouge moyen, contenant les tufs silicifiés de l'Oelberg près de Schriesheim. Le grès rouge supérieur forme aussi des tufs très-siliceux avec morceaux de roches plus anciennes. Il est recouvert par un porphyre sans mica, ayant une tendance à la structure sphéroïdale.

Près d'Heidelberg on observe, en divers endroits, des gisements peu étendus, avec *Schizodus obscurus*, qui appartiennent à l'étage du zechstein.

Quant à la minette, qui forme des filons dans le grès rouge, elle paraît avoir fait éruption, dans l'Odenwald, juste à la fin de l'époque permienne.

**Flore permienne de Weissig.** — M. Eug. Geinitz (4) a étudié une riche collection de plantes fossiles permienes provenant de

(1) *Neues Jahrb.*, 1872; 560.

(2) *Neues Jahrb.*, 1872; 966.

(3) *Neues Jahrb.*, 1872; 98.

(4) *Neues Jahrb.*, 1873.

Weissig, près de Schönfeld, sur la route de Dresde à Bautzen. Ces végétaux étaient renfermés dans un schiste dit *Brandtschiefer*, assez riche en lamelles de mica. L'auteur y a reconnu, entre autres espèces, *Gyromyces Ammonis*, *Calamites infractus*, *C. cannaeformis*, *Asterophyllites spicatus*, *Annularia carinata*, *Schizopteris fasciculata*, *Sphenopteris Suessi*, *S. Naumanni*, *Hymenophyllites furcatus*, *H. Gützoldi*, *Odontopteris obtusiloba*, *Callipteris conferta*, *Dictyopteris Brongniartii*, *Cyatheites arborescens*, *Alethopteris gigas*, *Walchia piniformis*, *W. filiciformis*, *Pterophyllum Cottaeannum*, *Noeggerathia palmæformis*, *Pinites Naumanni*, etc.

De toutes ces espèces, au nombre de 33, les deux tiers ne sont encore connues que dans le permien inférieur, tandis que 10 sont connues dans le terrain houiller.

Avec ces plantes, M. Eugène Geinitz a trouvé un insecte, *Blattina Weissigensis*, et un poisson, *Acanthodes gracilis*.

## TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

**Trias des Corbières.** — M. H. Magnan (1) a décrit le terrain triasique des Corbières. Ce terrain comprend les trois divisions classiques du grès bigarré, du muschelkalk et du keuper.

Le premier est représenté par des grès-poudingues de colorations diverses, alternant avec des argiles.

Le muschelkalk est formé de cargneules, de calcaires cariés, de dolomies, etc., contenant quelques fossiles spécifiquement indéterminables, gastéropodes, peignes, encrines, polypiers.

Le keuper se divise en trois sous-étages : un sous-étage inférieur de grès siliceux et feldspathiques avec argiles, un sous-étage moyen de cargneules et de dolomies, un sous-étage supérieur d'argiles bigarrées avec dépôts gypseux. C'est au-dessus de ces argiles que viennent, en concordance parfaite, les couches à *Avicula contorta*.

La puissance totale du trias atteint 5 à 600 mètres, dont 100 pour le grès bigarré et 150 à 200 pour le muschelkalk.

*Posidonia minuta* dans le Gard. — M. Bleicher (2) a signalé

(1) *Bull. géol.* [2], XXIX, 316.

(2) *Comptes rendus*, LXXIV, 64.

l'existence, dans le trias du Gard, de la *Posidonionia minutata* elle se rencontre dans toute l'épaisseur de l'étage, mais apparaît surtout concentrée à sa base, au-dessus des arkoses qui confinent au granite.

**Muschelkalk de l'Odenwald.** — Il existe à Michelstadt dans l'Odenwald, un îlot de muschelkalk formé par un calcaire présentant extérieurement une très grande ressemblance avec le Wellenkalk. Cependant divers observateurs l'avaient rapporté au muschelkalk proprement dit, admettant que, dans cette région, le Wellenkalk faisait défaut. M. Nies (1) a repris cette question. Les fossiles qu'il a recueillis, *Pentacrinus dubius*, *Cidaris grandævus*, *Sphærinia fragilis*, *S. hirsuta*, *Terebratula vulgaris*, *Lima striata*, *L. lineata*, *Gervillia socialis*, *Myophonia elegans*, *Nautilus biforsatus*, etc., ne lui laissent aucun doute sur l'assimilation du calcaire de Michelstadt avec le Wellenkalk, et spécialement avec le type de cette formation tel qu'on l'observe aux environs de Würzburg. Ainsi disparaîtrait l'anomalie d'un muschelkalk proprement dit reposant directement sur le Bôthel, c'est-à-dire sur les marnes bariolées du grès bigarré.

**Triais de la Thuringe orientale.** — D'après M. E. Schmid (2), le muschelkalk supérieur de la Thuringe orientale débute par des bancs de calcaire dur, plus ou moins oolithique, avec silex corné, épais de 5 à 10 mètres et contenant la *Lima striata*; des couches, qui correspondent au calcaire à trochus du nord de l'Allemagne, sont recouvertes par des plaquettes, marnées et des schistes alternant avec de gros bancs de calcaire dur. Les bancs inférieurs de calcaire sont caractérisés par la *Gervillia socialis*, les bancs moyens par le *Pecten discites*, et les bancs supérieurs sont presque entièrement formés par une agglomération de *Terebratula vulgaris* var. *cycloides*. L'ensemble a au moins 13 mètres. Il reste encore 6 ou 7 mètres jusqu'au Kœpfer, et cet intervalle est occupé par des marnes schisteuses avec grès schisteux subordonnés et bancs minces de calcaire dur. Le grès est écaillé, souvent riche en glauconie, et contient de nombreux restes de poissons, dents, ossements, écailles de *Gyrogonis*. Tout l'ensemble des couches au-dessus des calcaires à *Lima striata* contient l'*Ammonites modosus*.

**Bélemnites dans le trias alpin.** — M. de Mojsisovics (3) a

- (1) Neues Jahrb., 1882, 783.  
 (2) Zeit. d. d. g. G., XXII, 473.  
 (3) Jahrb. der K. K. g. Reichsanstalt, XXI, 41.

dénoté que le fossile conchy dans le calcaire de Hallstadt sous le nom d'*Aulacoceras* appartient à la famille des bélemnites et non à celle des orthocératites, pourvu qu'il y ait six espèces dans le trias. Ce sont les *A. obeliscus*, *A. secundum*, *A. alveolare*, *A. conicum*, *A. convergens*, *A. ellipticum*.

Il paraît qu'un grand nombre des orthocères signalés dans ce trias appartiennent également au genre *Aulacoceras*.

**Trias du mont Bogdo.** — M. A. Uesbach (4) décrit un gisement triasique intéressant qui affleure au sommet du mont Bogdo, dans la steppe des Kirghises, sur les bords du Volga. Ce gisement se compose d'une argile d'eau douce, avec *Cypris Sebachii*, et *Chara Bogdana*, dans laquelle est intercalé un calcaire marin avec *Gervillia modiolæformis*, *Mytilus venustus*, *M. inflexus*, *Arca trisina*, *Myacites macquivalvis*, *Hybodus plicatilis*, etc. On y trouve aussi deux espèces du genre *Ceratites*, les *C. Bogdopus* et *C. Smirgagini*.

Au mont Bogdo se trouvent d'autres collines qui font saillie au-dessus de la steppe et contiennent du gypse et du sel marin, mais les fossiles y font complètement défaut.

**Couches à *Monotis* d'Alaska.** — M. P. Baird (5) a recueilli, dans la baie de Pavlovsk, sur la presqu'île d'Alaska, des échantillons de roche remplis de *Monotis*, que M. F. S. Heer rapporte au trias alpin. Ainsi le trias alpin, déjà reconnu par M. Whitney en Californie et, par d'autres observateurs, dans l'Himalaya ainsi qu'au Spitzberg, s'étendrait jusqu'à la pointe occidentale extrême de l'Amérique du Nord.

#### Etage rhétien.

**Concordance de l'étage rhétien avec le trias et le lias.** — M. Horace Woodward (6) a cherché à établir que, dans le comté de Somerset, il n'y a de discordance de stratification ni entre le trias et l'étage rhétien, ni entre ce dernier et le lias inférieur. Les marnes grisées perdent peu à peu leur couleur et passent, par transitions insensibles, aux marnes grises qui forment la base de l'étage rhétien. En outre, on retrouve à la base du lias inférieur plusieurs

- (1) Jahrb. der K. K. g. Reichsanstalt, Verhandlungen, 1872, 49, p. 46.  
 (2) Comptes rendus, LXXV, 1784.  
 (3) Geol. Mag., IX, 196.

bancs identiques avec ceux qui caractérisent le sommet du lias blanc, et les fossiles les plus abondants à la jonction des deux formations, *Ostrea liassica* et *Modiola minima*, sont communs aux deux horizons. Aussi, tout en reconnaissant la convenance qu'il y a à distinguer sur les cartes l'étage rhétien par une teinte spéciale, M. Woodward pense qu'il convient de le considérer comme une zone de passage aussi étroitement liée au kupper qu'au lias.

Nous croyons utile de remarquer que l'étage rhétien, tel qu'il est défini par M. Woodward, d'accord avec le *Geological Survey*, diffère de l'étage rhétien des géologues du continent en ce qu'on lui fait comprendre le lias blanc, ordinairement considéré comme distinct de la zone à *Avicula contorta*.

*Distinction du trias et du lias dans les Alpes.* — M. de Mojsisovics (1) reconnaît qu'il règne encore beaucoup d'incertitude dans la détermination de la limite qui sépare le trias de l'étage rhétien dans la région des Alpes. Pour lui, le calcaire du Dachstein, terme supérieur du trias, est, dans le Salzkammergut, l'équivalent latéral de la dolomie principale des autres régions alpines, et tous deux sont surmontés par les couches de Kässen ou assise inférieure de l'étage rhétien. Quant aux couches de Starhemberg qui, dans les Alpes orientales, apparaissent à la partie tout à fait supérieure du calcaire du Dachstein, l'auteur reconnaît que la question de leur âge géologique est encore à résoudre.

#### TERRAIN JURASSIQUE.

*Considérations générales sur la flore jurassique.* — On doit à M. de Saprota (2) une description des végétaux fossiles du terrain jurassique. La flore de ce terrain se fait remarquer par une grande uniformité : elle est restée presque stationnaire d'un bout à l'autre de la période. En outre, plusieurs formes similaires, sinon tout à fait identiques, se reproduisent à divers niveaux séparés par des intervalles de temps plus ou moins longs. C'est ainsi que le *Baiera digitata*, de l'étage rhétien, apparaît de nouveau dans l'oolithe et se retrouve encore une fois dans le wealdien sous le nom de *B. pluripartita*.

Dans son ensemble, la flore jurassique semble avoir été pauvre, monotone, et composée de plantes à feuillage dur et maigre, peu

(1) *Verhandlungen der K. K. g. Reichsanstalt*, n° 1, 1872.

(2) *Paléontologie française*, 2<sup>e</sup> série. Végétaux.

approprié à la nourriture des animaux. Aussi est-il à remarquer que les animaux terrestres de cette époque étaient carnivores ou insectivores. De plus, les dimensions des plantes jurassiques sont inférieures à celles de leurs congénères actuelles. Des équisétaées, des fougères, des cycadées, des gonifères, quelques rares monocotylédonées, sont les seuls éléments de la végétation terrestre à cette époque. En y ajoutant de rares characées et des algues (*cancellophycus*, *siphonites*, *chondrites*), on a tous les ordres de plantes qui peuplaient alors la terre et les eaux. La température de l'Europe dans cette période ne paraît pas avoir été très-élevée.

#### Lias.

*Poissons de Lyme-Regis.* — M. de Grey Egerton (1) a décrit un poisson d'un nouveau genre, le *Prognathodus Güntheri*, découvert dans le lias de Lyme-Regis. D'après M. Etheridge, le gisement exact de ce fossile est dans la zone à *Ammonites Bucklandi*, où les schistes à poissons, épais de 5 à 4 mètres, contiennent environ quatre-vingts espèces distinctes. Au-dessus de cet horizon, les poissons ne sont presque pas connus dans le lias du comté de Dorset. M. de Egerton a également découvert dans ce gisement une nouvelle espèce d'*Ischyodus*, l'*I. leptorhinus*.

*Trigonia lingonensis dans le lias anglais.* — La *Trigonia lingonensis*, déjà signalée par M. Du mortier dans le lias du bassin du Rhône, a été rencontrée en Angleterre, dans la zone à *Ammonites spinatus*, au milieu d'un minéral de fer à grains verts exploité dans les mines d'Upleatham. En annonçant cette découverte, M. Tate (2) rappelle que la *Trigonia lingonensis* est le plus ancien représentant connu du genre *Trigonia*.

*Orbitolites dans le lias alpin.* — M. Guembel (3) a signalé la présence de plusieurs espèces d'*orbitolites*, *Orbitolites præcursor*, *O. circumvoluta*, dans les calcaires gris du lias avec *Megalodus pumilus*, aux environs de Roveredo, ainsi qu'à Sett. Commun.

(1) *Geol. Society, Memoirs*, 1872.

(2) *Geol. Mag.*, IX, 306.

(3) *Neues Jahrbuch*, 1872, 241.



## Étage oolithique supérieur

**Calcaire du mont des Boucards.** — M. H. E. Sauvage (1), se fondant sur l'étude de deux forages exécutés dans le Bas-Boulonnais, à Hesdin-l'Abbé et à Outreau, croit qu'il y a lieu de maintenir la position assignée par M. Rigaux au calcaire du mont des Boucards, c'est-à-dire au sommet de l'oxfordien, immédiatement au-dessous des calcaires coralliens de Brucdale à *Cidaris florigemma*. Cependant M. Pellat (2) persiste dans sa première manière de voir et croit que les calcaires traversés par les forages en question sont autres que celui du mont des Boucards. Ce dernier, renfermant à sa base un dépôt accidentel de polypiers avec *Cidaris florigemma*, appartiendrait donc au corallien proprement dit.

## Composition de l'étage kimméridien à l'embouchure de la Seine

— On doit à M. Lennier (3) une étude du terrain jurassique supérieur tel qu'il se présente à l'embouchure de la Seine. L'étage kimméridien, représenté par les couches à ptérocoères, occupe le pied des falaises de la Hève. A Trouville, sa base est à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer et il repose sur le corallien calcaire avec lits de silex, tandis qu'au Havre les couches inférieures au kimméridien se présentent, dans les sondages, sous la forme d'une argile bleuâtre. Mais cette argile doit être simplement un faciès du corallien, car les couches argileuses qu'on découvre en avant de la Hève, dans les plus basses mers, renferment la *Chemnitzia striata*.

La série des couches kimméridiennes, étudiée à partir de sa base, comprend d'abord une série bien connue des géologues, depuis les premières couches à *Ostrea deltoidea* et à *trigonopsis* jusqu'aux marnes à ptérocoères avec *ichthyosaures*, *plésiosaures*, tortues et ammonites. M. Lennier y distingue quatorze couches ayant une épaisseur totale de 13 à 15 mètres. C'est dans ce système que s'exploitent les bancs de pierre à ciment hydraulique. Au-dessus de cette première série vient un système qui n'est visible qu'entre Bléville et Octeville, où son étude est très-difficile à cause des éboulis de la falaise, et qui a été traversé par les puits de la place Louis-Philippe. Dans ce système, épais de 50 mètres

(1) Bull. Soc. géol. [2], XXIX, 215.

(2) Bull. Soc. géol., XXIX, 224.

(3) Études géologiques et paléontologiques, etc., de Havre.

environ, et qui n'est connu que depuis les travaux de MM. Lennier et Aug. Dollfus, il y a lieu de distinguer huit couches fossilifères différentes, dont la plus importante, puissante de 18 mètres environ, est caractérisée par la grande variété de l'*Ostrea virgula*.

Il y a des différences assez sensibles entre la série kimméridienne du Havre et celle qu'on observe sur la rive gauche de la Seine, entre Trouville et Honfleur. Ainsi, à Villerville, on trouve à la base de l'étage des argiles à astartes, correspondant au calcaire coquillier du pied de la Hève, et ce sont les argiles supérieures de Honfleur qui représentent les couches à *Ostrea virgula* de Bléville. En résumé, les argiles à astartes représentent l'astartien, les calcaires marneux à ptérocoères, le ptérocérien et les argiles à *O. virgula*, le virgulien des géologues de l'Est.

**Étages jurassiques supérieurs de la Haute-Marne.** — Nous avons indiqué dans un des précédents volumes de la *Revue de Géologie* (1), la composition des étages jurassiques supérieurs de la Haute-Marne, d'après MM. Tombéck, Royer et de Loriol. La description géologique et paléontologique complète de ces étages a été récemment publiée par les mêmes savants (2). M. de Loriol s'est chargé de la partie paléontologique. Beaucoup d'espèces déjà connues sont figurées à nouveau, ainsi qu'un grand nombre d'espèces nouvelles, parmi lesquelles nous signalerions les *Ostrea martronsis* et *O. catalaunica*, de l'étage portlandien. Les trois cents espèces décrites s'appartiennent aux étages portlandien, kimméridien et corallien marneux ou marne-calcaire; la faune de l'oolithe corallienne et des calcaires grumeleux sera l'objet d'un autre travail.

MM. Tombéck et Royer ne distinguent pas le corallien du séquanien. D'après eux, aucun des fossiles caractéristiques de l'étage kimméridien, Ammonites, ptérocoères, *A. Caletanus*, *A. Cymodocé*, *A. Eumelus*, *A. Eudokus*, *Ostrea virgula*, *Pholadomya multicostrata*, ne se retrouvent dans le séquanien. Au contraire, la faune du calcaire à astartes se confond avec celle du corallien. D'ailleurs les variations du faciès minéralogique amènent des variations correspondantes dans la faune depuis la base du corallien jusqu'au sommet du séquanien.

L'oolithe corallenne inférieure et les calcaires grumeleux for-

(1) *Revue de géologie*, IX, 116.(2) *Description géologique et paléontologique des étages jurassiques supérieurs de la Haute-Marne*. Paris, Savv, 1872.

ment une lentille qui s'amincit en biseau de l'est à l'ouest et disparaît au delà de la vallée de la Marne.

La base du corallien est formée par des marnes avec fossiles très-rares, puissantes de 10 à 12 mètres, reposant sur l'oxfordien supérieur, à Ammonites canaliculatus. Mais d'autres fois le corallien repose sur les couches à A. Babeanus ou même sur celles à A. Martelli, en sorte que les sédiments oxfordiens paraissent disposés en retrait les uns par rapport aux autres.

Étages jurassiques supérieurs de l'Hérault. — M. Bleicher (1) a étudié le système oolithique supérieur du département de l'Hérault, et spécialement l'ensemble connu sous le nom de zone à Ammonites tenuilobatus. A la base, il distingue un calcaire corallien compacte blanc à Dicerias Escheri, Di. Munsteri, Terebratula moravica, Cidaris bavarica, Nérinées, etc., qui surmontent, comme très d'un calcaire esquilleux dolomitique, avec Polypiers, Cidaris et Apidocinus. Puis viennent 100 mètres de calcaires compacts plus ou moins lithographiques avec Amm. subfascicularis, A. Lothari, A. Staszyci et 50 mètres de calcaire dolomitique à polypiers, terebratules et exogyres. On observe de nouveau 300 à 350 mètres de calcaires lithographiques ou marneux à A. Lothari et A. Staszyci, enfin, 15 à 30 mètres de calcaire souvent bréchoidal, en dalles, avec Terebratula diphyia, A. aculubrinus, etc. La limite supérieure de l'ensemble est formée par un calcaire gris jaunâtre à A. Calisto et A. occitanicus.

Couches de Birmenstorf. — M. Moesch (2) a signalé une erreur fréquemment commise par les auteurs, consistant à rapporter à l'étage argovien les couches de Birmenstorf ou zone à Ammonites transversarius. L'étage argovien a été créé par M. Marcou pour les marnes et calcaires supérieurs des marnes à Terebratula impressa, lesquels correspondent seulement à la zone à Ammonites mammatum.

Composition des étages jurassiques supérieurs en Suisse. — M. Moesch (3) a publié un mémoire sur les formations jurassiques des Alpes suisses. L'auteur reconnaît, dans le groupe oolithique supérieur, les divisions suivantes :

(1) Comptes rendus, LXXV, 1544. (2) Bull. soc. géol., (3), 1, 148. (3) Der Jura in den Alpen der Ost-Schweiz, 1872. — Revue géol. Suisse, III, 38.

ment une lentille qui s'amincit en biseau de l'est à l'ouest et disparaît au delà de la vallée de la Marne. La base du corallien est formée par des marnes avec fossiles très-rares, puissantes de 10 à 12 mètres, reposant sur l'oxfordien supérieur, à Ammonites canaliculatus. Mais d'autres fois le corallien repose sur les couches à A. Babeanus ou même sur celles à A. Martelli, en sorte que les sédiments oxfordiens paraissent disposés en retrait les uns par rapport aux autres.

Étages jurassiques supérieurs de l'Hérault. — M. Bleicher (1) a étudié le système oolithique supérieur du département de l'Hérault, et spécialement l'ensemble connu sous le nom de zone à Ammonites tenuilobatus.

D'après cette classification, l'étage astartien est synchrone avec la zone à Ammonites tenuilobatus. Quant au groupe alpinique, que M. Moesch rapporte en entier à la formation jurassique, il est recouvert soit par les couches oolithiques du terrain valangien, soit par le terrain néocomien à Ostréa Coulonici. M. de Tribollet (4) a confirmé par l'étude des fossiles du mont Chatels et du Cirque de Saint-Sulpice, dans le Jura Neuchâtelois, l'exactitude des coupes de M. Moesch. D'après ces observations, l'étage oxfordien des environs de Neuchâtel correspond aux couches de Wettingen à Ammonites Eudoxus et Amm. cubabilis. Les couches de Baden ont pour équivalent l'ensemble du calcaire oolithique, du calcaire à Astarte supracorallina et des marnes à A. plogrius, Meriani, tandis que les couches de Letzi répondent aux marnes à pentacrines, et que l'ensemble des couches de Wangen à Nérinées et Dicerias et des couches à Hemiodaris crenularis est synchrone des couches à coraux du Châtel.

Nummulites dans le jurassique supérieur en Bavière. — M. Guembel (2) a signalé la présence d'une nummulite dans les calcaires jurassiques de la zone à Ammonites tenuilobatus et A. dentatus, à Schaflohe, près d'Amberg. Ce fossile, que l'auteur nomme Nummulites jurassica, appartient au groupe du N. levigata, et se rapproche de la Nummulina Humbertina, signalée précédemment par M. Boyvignier dans le calcaire à astarte de la Meuse.

Végétaux fossiles de Solenhofen. — M. Thiseiton Dyer (3) a

(1) Revue géologique suisse, III, 42. (2) Neues Jahrb., 1872; 241. (3) Geol. Mdg., IX, 193.

signalé des restes de conifères dans les schistes lithographiques de Solenhofen; ces végétaux formeraient les espèces suivantes: *Pinites Solenhofenensis*, *Athrotaxites* (*Echinostrobus*) *princeps*, *A. Frischmanni*, *A. lycopodioides*, *A. longirameus*, *A. laxus*, *Condylites squamatus*. Les genres *Athrotaxites* et *Condylites* appartiendraient à la famille des abietinées. Leur existence à Solenhofen complète l'analogie qui existe entre la flore actuelle de l'Australie et celle de l'époque oolithique.

*Ammonites jurassiques dans l'Inde.* — A Kutch et à Keera-Hill, dans l'Inde, M. Waagen (1) a recueilli des ammonites jurassiques dans une oolithe et dans un grès ferrugineux. Ces couches paraissent correspondre au callovien, à l'oxfordien et au tithonique. L'auteur donne la description des ammonites recueillies, qui sont au nombre de 80 espèces, représentant, conformément à la classification de l'Institut d'Autriche, les sous-genres *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Haploceras*, *Oppelia*, *Harpoceras*, *Peltoceras*, *Aspidoceras*, *Stephanoceras* et *Perispinctes*; ce dernier sous-genre est de beaucoup le plus abondant. Il comprend 52 espèces.

#### Limite supérieure du terrain jurassique.

*Coupe des Pilles.* — M. Ebray (2) a observé aux Pilles, près Nyons (Drôme), la superposition des marnes à ammonites pyriteuses du néocomien au calcaire lithographique à *Ammonites Calisto*, *A. occitanicus*, *A. Grasianus*. Le contact a lieu par l'intermédiaire d'un poudingue de 2 à 4 mètres d'épaisseur, que M. Ebray considère comme synchronique de la brèche de Cirin, du Lémenc et d'Aizy.

Cependant cette conclusion est contestée par M. Vélain (3). D'après ses observations, il n'existe aux Pilles de couche bréchi-forme ou de poudingue qu'à la partie inférieure des couches à *Terebratula janitor*, et les calcaires à *Ammonites occitanicus* passent peu à peu aux marnes à *Ammonites pyriteuses* sans aucune séparation tranchée.

(1) *Records of the geol. Survey of India*, 1871.

(2) *Bull. Soc. géol.* [3], 1, 124.

(3) *Bull. Soc. géol.* [3], 1, 126.

#### TERRAIN CRÉTACÉ.

##### TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

*Formation wealdienne d'Angleterre.* — M. J. A. Meyer (1) a repris l'examen de la coupe de Punfield (2). Il a reconnu, de bas en haut : 1° les véritables couches wealdiennes; 2° un lit de grès avec calcaire et schiste feuilleté, contenant des ossements de poissons et des cyprides; 3° des couches argileuses; 4° un lit mince de grès ferrugineux avec fossiles d'Atherfield; 5° une argile dont la partie inférieure contient des fossiles marins d'Atherfield, tandis que la partie supérieure est l'équivalent de l'argile à crustacés de la même localité; 6° la couche appelée lit marin; 7° des argiles feuilletées et des sables avec lignite.

La couche de grès n° 2, contenant *Cypris* et *Cyrena*, formerait, d'après l'auteur, la couche de passage entre le wealdien et le néocomien.

M. J. A. Meyer (5) croit que les dépôts wealdiens se sont formés, non pas dans un delta fluvio-marin, mais dans un lac superficiel ou dans une mer intérieure alimentée par plusieurs fleuves. A l'appui de cette manière de voir, il fait valoir le caractère tranquille de la plupart des dépôts, l'absence totale des galets, la prédominance des espèces de mollusques qui habitent les eaux paisibles, la rareté des coquilles brisées et l'absence complète de bois flotté perforé par des lithophages. La fin de l'époque wealdienne aurait été marquée par l'irruption subite des eaux de la mer néocomienne.

Il est à remarquer que les raisons invoquées par M. Meyer contre l'origine fluvio-marine des dépôts wealdiens ne peuvent avoir la valeur que leur attribue l'auteur, car les dépôts formés dans les deltas sont absolument tranquilles, dépourvus de galets, et ont lieu dans des mers sans marées.

*Calcaires à serpules de l'Hérault.* — Les calcaires à serpules et à *Rhynchonella peregrina* des environs de Montpellier, rapportés par M. de Rouville (4) à la base du terrain néocomien, au-dessous

(1) *Geol. Society*, 18 décembre 1872. — *Geol. Mag.*, IX, 282.

(2) *Revue de géologie*, IX, 123.

(3) *Geol. Mag.*, IX, 479.

(4) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 16.

de l'horizon des spatangues, sont considérés, au contraire, par M. Dieulafoy (1) comme appartenant au niveau des calcaires marneux à *Ancyloteras* du néocomien moyen.

**Terrain néocomien du Righi.** — D'après M. Kaufmann (2), le terrain néocomien du Righi comprend, de haut en bas, les assises suivantes :

- 1° Couches à serpules, calcaires gris avec *Serpula pilatana*;
- 2° Schistes gris et calcaires, couches nodulées, avec *Ostrea Coulonia*, *Nautilus Requienianus*, *Holaster Lillardi*, *Toxaster Brunneri*;
- 3° Couches d'Altmann avec *Ostrea Couloni*;
- 4° Calcaires siliceux avec *Echinospatangus cordiformis* et *Holaster intermedius*.

Dans la même localité, l'étage argo-aptien comprend deux assises de calcaire à *Caprotina ammonia*, séparées par une couche d'orbitolites avec *Terebratula tamarindus*, *Pygaulus Desmoulini*, *Orbitulina pecticularis*.

**Flore wealdienne de l'Allemagne.** — D'après M. Schenck (3), la flore wealdienne du nord de l'Allemagne, à l'exception d'une seule espèce *Spirangium Jugleri*, appartient aux deux groupes des cryptogames vasculaires et des gymnospermes. Les dicotylédones font défaut et la présence des monocotylédones n'est nullement hors de doute.

Les fougères ressemblent beaucoup à celles du lias et l'ensemble de la végétation wealdienne appartient à cette flore qui commence avec l'étage rhétien pour finir avec la craie inférieure dans les couches de Wernsdorf. Le climat devait alors être tropical et la grande ressemblance des divers gisements conduisit à penser que la végétation de cette époque était assez uniforme.

#### TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

**Origine des nodules phosphatés et grès vert.** — Un lit de nodules phosphatés est exploité, à la base de la craie, dans le comté de Cambridge. D'après M. O. Fisher (4), à part quelques fossiles

(1) Bull. Soc. géol., XXIX, 17.

(2) Revue géologique suisse, III, 51.

(3) Fossile flora der norddeutschen Wealdenformation, 1871; 972. — Neues Jahrb., 1872; 775.

(4) Geol. Society, 22 mai 1872. — Geol. Mag., IX, 331.

contemporains du dépôt de la couche, la plupart des éléments de ce gisement, nodules et fossiles roulés, proviennent du remaniement d'une formation antérieure. M. Fisher a remarqué que des polyptères transformés en phosphorite laissent voir sous le microscope des spicules et une structure qui les rapprochent des alcyonaires. Or les nodules ordinaires, réduits en plaques minces, offrent aussi des spicules semblables, et parfois une structure réticulée. L'auteur est donc porté à croire que la phosphorite, tenue en dissolution dans l'eau à la faveur de l'acide carbonique, a été précipitée par la matière organique.

Telle est aussi la conclusion de M. Sollas (1) avec cette différence que l'auteur considère les spicules comme appartenant à des éponges plutôt qu'à des alcyonaires. M. Sollas (2) a même cherché à prouver que tous les modules coprolithiques du grès vert supérieur étaient originellement des spongiaires appartenant aux genres *Rhabdospongia*, *Bonneyia*, *Acanthopora*, *Polycantha*, *Ulospongia*. En dissolvant des coprolithes dans l'acide, il a obtenu comme résidu des spicules siliceux de forme bien déterminée, associés aux *Polycistina* et *Halimma*.

M. Sollas a également reconnu dans les grains verts de la craie glauconieuse de Cambridge, tantôt des fragments de nodules phosphatés, tantôt des moules de foraminifères, principalement de l'espèce *Bulimina*. Il y a aussi des *Litula*, *Rotalia*, *Globigerina*, etc.

**Craie blanche du Hainaut.** — MM. Cornet et Briart (5) ont établi quatre divisions dans la craie blanche du Hainaut. Cet étage, compris entre la craie glauconieuse, d'une part, et la craie de Cilly, d'autre part, forme un ensemble assez difficile à diviser. Cependant les auteurs ont réussi à y distinguer les horizons suivants, de haut en bas :

1° **Craie de Spiennes.** Craie blanche, rude au toucher, contenant de gros silex, épaisse de plus de 160 mètres, avec *Baculites Faujasi*, *Belemnitella mucronata*, *Terebratulina striata*, *Orania antiqua*, *Notosaria Zippei*, *Bulimina variabilis*, *Ananchytes ovata*, *Cardiaster granulosis*.

2° **Craie de Nouvelles (22 mètres).** Craie très-pure et très-tendre, avec *Belemnitella mucronata*, *Ostrea vesicularis*, *Rhynchon*

(1) Geol. Society, 22 mai 1872.

(2) Geol. Society, 18 décembre 1872.

(3) Académie royale de Belgique. Mémoires couronnés, XXXV, 1870.

nella octoplicata, Magas pumilus, Ananchytes ovata. Au sommet, on observe un conglomérat à nodules phosphatés.

3° *Craie d'Obourg* (variant entre 30 et 160 mètres). Craie d'un blanc grisâtre, souvent sans silex, divisée par un conglomérat en deux portions inégales, dont l'inférieure pourrait s'appeler *craie de Strépy*; ses fossiles sont Belemnitella quadrata, B. mucronata, Ostrea vesicularis, Pecten cretosus, Ananchytes gibba, A. conoidea, Cardiaster Heberti.

4° *Craie de Saint-Vaast* (de 20 à 60 mètres), sans silex dans le haut, avec fossiles rares. Ostrea sulcata, Inoceramus, grands spongiaires.

*Coupe de la craie du cap Blanc-Nez.* — M. Chelloneix (1) a donné la coupe complète du terrain crétacé supérieur du cap Blanc-Nez. L'auteur y a reconnu, de haut en bas, les étages suivants :

7. Craie blanche à Micraster breviporus, avec Spondylus spinosus, Holaster planus, etc.

6. Zone de l'Inoceramus Brongniarti, avec Terebratulina gracilis, T. Campaniensis, T. striata (8 à 10 mètres).

5. Zone de l'Inoceramus labiatus (40 mètres), avec Ammonités Woolgari, A. peramplus, A. rusticus, etc.

4. Zone du Belemnites plenus, très-peu épaisse.

3. Zone de l'Ammonites cenomanensis (40 mètres), avec Amm. rotomagensis, Nautilus pseudoelegans, Holaster subglobosus, Rhynchonella Cuvieri, etc.

2. Zone de l'Ammonites varians (40 mètres), avec Amm. rotomagensis, A. Mantelli, Turrilites tuberculatus, Ostrea carinata, Inoceramus latus, Holaster carinatus.

1. Zone de la Terebratula biplicata (1<sup>m</sup>,50), avec Ammonites varians, Ostrea carinata, Discoidea subuculus.

*Craie blanche à céphalopodes en Normandie.* — M. Bucaille (2) a signalé sur divers points des départements de l'Eure et de la Seine-Inférieure, la couche fossilifère reconnue pour la première fois par M. Hébert, aux Andelys, à la base de la craie blanche. On l'observe au Mesnil-sous-Jumièges, au Lendin, à la côte de Bon-Secours, à Gournay, près Harfleur, à Neufchâtel-en-Bray. Les fossiles de cette couche sont les Nautilus lævigatus, Ammonites Prosperianus, Baculites baculoides, Scaphites compressus, Micraster breviporus, Holaster planus.

(1) Bull. Soc. géol. [2], XXIX, 431.

(2) Bull. de la Société géologique de Normandie, I, 16.

*Craie glauconieuse et craie marneuse de la Provence.* — M. Hébert (1) a indiqué la composition de la craie glauconieuse à La Redoute et à Escragnolles. Dans la première de ces localités, l'étage a 130 mètres de puissance et se divise en deux assises. L'assise inférieure, épaisse de 25 mètres, est formée de grès et de sable; à la base elle renferme les principaux fossiles de Rouen (Ammonites Mantelli, Pecten asper, Holaster subglobosus, Pseudodiadema variolare, etc.), associés avec l'Orbitolites concava. Au sommet s'observe la faune de la zone à Pygaster truncatus et Aorthopygus orbicularis, représentant les grès de la gare du Mans.

L'assise supérieure est formée par les calcaires à Ichthyosarcollites, avec Caprinella triangularis, Caprina adversa, Caprotina lævigata, Sphærolites Sharpei, Orbitolites conica, etc.

A Escragnolles, la craie de Rouen proprement dite a près de 150 mètres, dont 105 mètres pour les argiles inférieures et les couches à Ostrea vesiculosa. Quant aux calcaires à Ichthyosarcollites, ils font défaut et sont représentés par des calcaires à Ostrea columba.

Relativement à la craie marneuse, M. Hébert fait observer que les grès d'Uchaux reposent sur des calcaires à Radiolites cornupastoris, lesquels recouvrent les marnes à Hemiaster Verneulli, Ammonites Rochebruni, A. nodosoïdes. Or, en Touraine, c'est au-dessus du tuffeau qu'on a rencontré le Radiolites cornupastoris. M. Hébert pense donc que le niveau d'Uchaux manque en Touraine, et que le tuffeau de cette région appartient encore à la zone de l'Inoceramus labiatus.

*Couches rouges de Fribourg.* — M. Gilliéron (2) a constaté la présence, dans le canton de Fribourg, de couches rouges appartenant au terrain crétacé supérieur. Les oursins qu'on y rencontre appartiennent, d'après M. Desor, aux genres Micraster et Cardiaster. On y trouve aussi des dents de poissons, notamment de Carcharodon.

*Céphalopodes de la craie de Bohême.* — M. Fritsch (3) a publié la description des céphalopodes de la craie de Bohême, travail commencé en commun avec feu M. Schloenbach. Les espèces décrites sont au nombre de 54, réparties en trois zones :

(1) Bull. Soc. géol. [2], XXIX, 397.

(2) Revue géologique suisse, III, 53.

(3) Cephalopoden der böhmischen Kreideformation. Prag, 1872.

de 2000 de 7 Ammonites *Oppignyanus* (sénonién) et zone de *H. petramplius* (turbonien); 5° zone de *H. A. cénomanensis* (cénomanien). On compte 1° espèces de *Glyphitidites*; 5 *Belemnites*; 6 *Nautilus*, 1 *Rhynchonellus*; 2 *Ammonites*; 4 *Staphites*; 3 *Hamites*; 5 *Helioceras*; 3 *Baculites*; 2 *Aptychus*.

**Crête du Minnesota.** — M. K. B. Os (1) a annoncé la découverte de la crête dans les environs de Richmond (Minnesota). Des puits creusés jusqu'à 40 et 60 mètres de profondeur ont rencontré, sous le drift, des argiles bleues et des assises schisteuses, avec lignite subordonnée, appartenant au groupe de Benton. On y a trouvé des *Inoceramus labiatus*, *Staphites*, *Ammonites*, ainsi que des écailles et des dents de poissons (*Corax* ou *Galéus*). Ce bassin crétacé repose directement sur le granite et n'est séparé par une couche irrégulière de kaolin.

**Oiseaux fossiles du Kansas et du New-Jersey.** — M. M. S. (2) a découvert, dans le terrain crétacé supérieur du Kansas oriental, un squelette presque complet d'un grand oiseau fossile appartenant à un type très-remarquable et présentant des caractères qui le rapprochent de plusieurs familles à la fois, bien que ses principales affinités le classent parmi les palmyrines. Cet oiseau a reçu le nom d'*Hesperornis regalis*.

Le même auteur a reconnu, parmi les restes d'oiseaux fossiles provenant du grès vert de New-Jersey, les éléments d'un genre nouveau, *Graculayus*, représenté par trois espèces, *G. velox*, *G. pumilus*, *G. anceps*.

**TERRAINS NÉOZOÏQUES.** — Les couches de calcaires et de serpules qui caractérisent la faune des Diablerets et de Gap sont inférieurs aux calcaires bien connus à Priabona et à Biarritz. Or ces derniers, bien connus à Priabona et à Biarritz, sont éocènes. C'est donc à tort qu'on a jusqu'ici considéré la faune des Diablerets comme appartenant à un étage miocène. On doit attribuer à des migrations, comme l'avaient déjà indiqué MM. Hébert et Renvier, sa véritable place dans l'étage éocène.

**Crustacés des sables de Portsmouth.** — Les sables éocènes à dentales de Portsmouth ont fourni à M. H. Woodward (5) des crus-

- (1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, III, 17.  
(2) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, III, 56, 360.  
(3) *Geol. Society*, 20 novembre 1872.

tacés nouveaux, décrits sous les noms de *Rhachiosoma bispinosa*, *Litonicola glabra*, *L. dentata*. Le *Rhachiosoma* paraît avoir été une espèce littorale. Quant aux *Litonicola*, leur organisation est celle d'animaux pouvant courir sur la terre et y creuser des sillons.

**Nodules strontianifères de l'argile plastique d'Issy.** — M. J. Janet (4) a indiqué un amas de carbonate de chaux et de strontiane à la base de l'argile plastique du parc d'Issy et des Moulins. Le carbonate de strontiane entre pour un cinquième dans la composition de ce calcaire strontianien. D'après M. Munier Chalmas (2), les couches au milieu desquelles se trouve la strontiane sont inférieures au conglomérat de Meudon et représentent de calcaires grossiers de Mons et les sables de Rilly. On y trouve en effet les *Cerithium inopinatum* et *Paludina aspersa*.

**Belemnites dans les sables de Beauchamp.** — M. Munier Chalmas (3) a décrit sous le nom de *Byanotenthis*, un genre nouveau de la famille des belemnites, découvert par M. Hébert à Beauchamp, dans les sables de Beauchamp. On sait que déjà M. Schloenbach (4) avait signalé un *Belemnites*, le *B. rugifer*, dans le terrain éocène de Rougé.

**Couches nummulitiques de Branchai et des Diablerets.** — Il résulte d'observations stratigraphiques faites à Branchai et Allons (Basses-Alpes) par M. A. Garnier (5) et confirmées par les études paléontologiques de M. Tournouer (6), que les marnes et calcaires sans nummulites, contenant les natices, cérithes, cythérées, etc., qui caractérisent la faune des Diablerets et de Gap, sont inférieurs aux calcaires et marnes avec nummulites, orbitolites et *Serpula spirulæa*. Or ces derniers, bien connus à Priabona et à Biarritz, sont éocènes. C'est donc à tort qu'on a jusqu'ici considéré la faune des Diablerets comme miocène. Si cette faune contient quelques types certainement miocènes, on doit l'attribuer à des migrations, comme l'avaient déjà indiqué MM. Hébert et Renvier. Sa véritable place paraît être, au-dessous du gypse et des sables moyens, à la hauteur des couches de Ronca.

- (1) *Revue de géologie*, X, 48, et *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 41.  
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 45.  
(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 530.  
(4) *Revue de géologie*, VIII, 122.  
(5) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 484.  
(6) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 492.

M. Bayan (1) partage la manière de voir de M. Tournouër relativement à la place géologique des couches de Branchai et des Diablerets. Il fait seulement quelques réserves relativement aux espèces prétendues miocènes qu'elles contiennent, et qui sont représentées par des échantillons assez mal conservés pour qu'il soit prudent de ne pas se prononcer à leur égard.

*Éocène de Lucerne.* — D'après M. Kaufmann (2), le terrain éocène dans les environs du lac de Lucerne comprend les subdivisions suivantes :

1° *Flysch supérieur* (couches d'Obwald, étage sylvain), grès à fucoides avec quelques traces de nummulites ;

2° *Flysch inférieur* (couches du Righi, étage righien), formé de schistes argileux et calcaires, de grès et de conglomérats, avec *Pecten tripartitus*, *P. imbricatus*, *Nummulina complanata*, *N. distans*, *N. Ramondi*, *Orbitoides discus*, *Chondrites intricatus*, *C. Targionii* ;

3° *Couches du Pilate* (pilatain), composé d'un grès quartzeux supérieur, d'un schiste à pectinites, d'une couche de calcaire et de grès vert avec *Nummulina complanata*, et d'un grès quartzeux inférieur.

*Mammifères éocènes du Wyoming.* — Des restes de quadrumanes ont été découverts dans le terrain éocène du Wyoming, dans les montagnes Rocheuses. M. Marsh (3) les a décrits sous les noms de *Limnotherium*, *Thinolestis*, *Telmatolestes*.

#### Étage miocène.

*Considérations générales sur les mammifères miocènes.* —

M. Albert Gaudry (4) a présenté des considérations générales sur les mammifères de l'époque miocène.

A la base de l'étage se présente la faune de Ronzon et de Villebramar, caractérisée par l'abondance des *Bothryodon*, la rareté du *Palæotherium* et l'absence de l'*Anoplotherium*. Ensuite vient la faune de l'Allier (en partie), où apparaissent l'*Anchitherium* et le *Dremotherium* ; le *Palæotherium* a disparu.

(1) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 513.

(2) *Beitrag zur geol. Karte der Schweiz.* — *Revue géol. suisse*, III, 54.

(3) *Americ. Journ.* 3<sup>e</sup> série, IV, 405.

(4) *Animaux fossiles du mont Léberon.* Paris, Savy, 1873.

Avec la faune des sables de l'Orléanais, commence le miocène moyen. C'est le règne du *Dinotherium Cuvieri*, des *Mastodon angustidens* et *turicensis*. On y voit plusieurs espèces caractéristiques des faunes ultérieures de Sansan et de Simorre associées avec les *Anthracotheium conoïdeum*, *Palæochærus*, *Cainotherium*, etc. La faune de Sansan se distingue de la précédente par la disparition des *Anthracotheium*, *Cainotherium* et *Dremotherium* et par l'abondance des antilopes. Enfin la faune de Simorre diffère légèrement de celle de Sansan par la présence des *Dinotherium giganteum*, *Listriodon*, *Rhinoceros brachypus* et *Simorreensis*, et par l'absence des antilopes.

Dans la faune d'Eppelsheim, qui marque le début du miocène supérieur, l'*Hipparion* se substitue à l'*Anchitherium*, le *Mastodon longirostris* au *M. angustidens*, et l'on voit apparaître les grands sangliers et le tapir.

La faune du mont Léberon (Vaucluse) et de Pikermi, qui caractérise le miocène supérieur, se distingue de la précédente par la profusion des antilopes, la présence de l'*Helladotherium*, l'absence du tapir.

En résumé, la fin de l'époque miocène a été caractérisée par le grand développement des herbivores, aussi bien en Provence qu'en Grèce. C'est ainsi que les seules fouilles pratiquées par M. Gaudry dans le mont Léberon, ont amené la découverte de 50 hipparions, de 18 tragocères et de 90 gazelles.

*Miocène de la Bretagne.* — M. Tournouër (1) a reçu du gisement tertiaire de la Chaussérie, près de Rennes, des fossiles bien conservés qui confirment l'attribution faite par lui de ce gisement au miocène (2). Ce sont les *Natica crassatina*, *N. angustata*, *Melania Grateloupi*, *Fusus polygonatus*. Ces fossiles indiquent le tongrien et même celui de Castel Comberto ou de Gaas, dont on les croit extraits. M. Tournouër y voit une nouvelle raison d'admettre que la mer tongrienne de la Méditerranée et de l'Atlantique ne communiquait pas par la Bretagne avec celle du bassin de Paris.

*Rhinocéros miocène à la Ferté-Aleps.* — M. Tournouër (3) a encore signalé la présence de restes de rhinocéros à la Ferté-Aleps, en compagnie de l'*Anthracotheium* et du *Geolcus*. Ces débris se

(1) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 481.

(2) *Revue de géologie*, VIII, 125.

(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 479.

trouvent à la base d'un sable à limnées qui surmonte immédiatement les sables marins de Fontainebleau; de plus, les vertébrés de la Ferté-Aleps sont identiques avec plusieurs espèces des dépôts miocènes de l'Allier et de l'Auvergne.

**Flore fossile de Ronzon.** — M. Marion (1) a étudié la flore fossile des calcaires lacustres de Ronzon: cette flore, qui comprend 16 espèces, a un caractère tropical et correspond à une température moyenne d'environ 25° C. Son faciès est franchement africain ou asiatique. Cependant une espèce, *Pistacia* (*Lentiscus*) *oligocecnica*, se rapproche des types du littoral méditerranéen. Les végétaux à feuilles étroites et coriaces paraissent avoir dominé, au moins dans le voisinage immédiat des eaux.

**Couches à Congeria de Vacluse.** — M. C. Mayer (2) a découvert les couches à *Congeria*, au château de Saint-Ferréol, près de Bollène (Vaucluse). Ces couches, bien connues dans le Bassin de Vienne où elles recouvrent les assises saumâtres à cérithes, forment la transition entre le miocène supérieur (tortonien) et le pliocène inférieur (astien). M. Mayer pense que, pendant le dépôt de l'étage saumatique de Suess (5), la Méditerranée pénétrait très-loin vers l'est et que cette mer, en se retirant dans ses limites actuelles après le dépôt des couches à cérithes, a laissé, dans les bassins du Don, du Dniéper, du Dniester, du Danube et du Rhône, des mers intérieures où les assises à *Congeria* se sont déposées, précédant les dépôts purement d'eau douce à *Dinotherium* gigantesque.

**Miocène suisse.** — On doit à M. Kuhn (3) une description du terrain tertiaire miocène des cantons de Berne, Lucerne, Schwytz et Zug. Le tableau suivant résume sa classification:

(1) *Comptes rendus*, LXXIV, 62.

(2) *Neues Jahrb.*, 1872, 447, 52.

(3) *Revue de géologie*, V, 11, 202.

(4) *Beitrag zur geol. Karte der Schweiz*, XI, *Revue géologique suisse*, 1875, 515.

Les argiles calcinées sont beaucoup plus riches que les autres en empreintes végétales bien conservées, et c'est là que MM. Strozzi et Gaudin ont fait leur plus abondante récolte. Parmi les espèces

MOLLASSE supérieure 300-600 mètr.	Couches de Berne. Couches de Saint-Gall.	Couches d'Argovie. Couches de Napf.	MOLLASSE d'eau douce.
MOLLASSE moyenne 500-600 mètr.	Couches de Lucerne (Platten-mollasse et grès coquillier avec couches d'eau douce)	Couches des Hofe-Riffen.	Couches d'Aarwangen.
MOLLASSE inférieure 400-500 mètr.	Couches de Horyl.	Mollasse rouge.	

M. C. Mayer a joint à l'ouvrage de M. Kuhn un tableau complet de la faune de l'étage helvétique en Suisse et en Souabe, comprenant 740 espèces.

**Lignite d'Andorf.** — Une tranchée de chemin de fer a mis à découvert, près d'Andorf en Bavière, un gisement de lignite appartenant au miocène supérieur, étageortonien. Le lignite, très variable de composition, est intercalé dans une argile charbonneuse. On y trouve, d'après M. de Ammon (4), des restes de *Chamaeleon*, *Mimosia* (*Gleditschia*), *Potamogeton*, ainsi que les *Mastodon*, *Rhinoceros*, *Palaeomyx*, *Chehydrys*, *Cottus*; quelques lits d'argile humineuse sont remplis de *Planorbis*, *Linthea*, *Hemionites* et *Ancylus*.

**Lignites du val d'Arno.** — M. Stoehr (2) a étudié les dépôts de lignite du val d'Arno supérieur. Le toit des lignites est constitué par une argile très-riche en plantes fossiles. Les végétaux qui ont formé la couche paraissent avoir été accumulés dans un golfe. Quelques troncs d'arbres, sont debout, avec leurs racines, et leur section n'est pas écrasée; mais la plupart des troncs sont couchés horizontalement et comprimés. Le bois est tantôt reconnaissable comme structure, tantôt changé en lignite terreaux. La pyropissite abonde. Assez souvent l'argile qui surmonte le lignite est rouge et devient compacte par calcination naturelle; cette action est attribuée à la facile inflammabilité de la pyropissite. Les argiles calcinées sont beaucoup plus riches que les autres en empreintes végétales bien conservées, et c'est là que MM. Strozzi et Gaudin ont fait leur plus abondante récolte. Parmi les espèces

(1) *Neues Jahrb.*, 1872, 668.

(2) *Annuario della Soc. di Natur. di Modena*, V. — *Neues Jahrb.*, 1872, 745.

(1) *Neues Jahrb.*, 1872, 668.  
(2) *Annuario della Soc. di Natur. di Modena*, V. — *Neues Jahrb.*, 1872, 745.

spéciales au lignite se trouve les *Pinus uncinoides*, *P. Strozzii* et *Pecopteris lignitorum*, avec des laurinéés et des cupulifères. Quant aux argiles, elles ont fourni 79 espèces indiquant le miocène supérieur : le lignite et les argiles correspondaient aux couches d'Oeningen.

Au-dessus viennent des marnes à *Mastodon angustidens*, *M. pyrenaicus*, *Machairodus*, correspondant aux couches d'Eppelsheim ou miocène tout à fait supérieur.

#### Étage pliocène.

*Nodules du crag rouge.* — Le crag rouge des Anglais contient une assez forte proportion de nodules fossilifères roulés, dont les coquilles appartiennent à l'étage des sables noirs, ou crag noir, de la Belgique et de la Hollande. Diverses explications ont été proposées pour expliquer la présence de ces nodules dans le crag rouge, tandis qu'ils sont absents dans le crag corallien, inférieur au précédent; M. A. Bell (1) adopte l'explication suivante : le soulèvement de la région wealdienne, correspondant à l'époque du dépôt du crag corallien, a d'abord eu pour conséquence la désagrégation et l'enlèvement des sables ferrugineux sans fossiles qui couronnent le système diestien depuis les collines de Dorking, dans le Surrey, jusqu'à la Belgique et la Hollande, en passant par la Flandre française. Ce n'est que plus tard, et à l'époque du crag rouge, que cette action a atteint les sables noirs, placés à la base du système. Quant aux cétacés et aux mammifères, il y a tout autant de raisons pour les considérer comme appartenant aux sables noirs que pour les rapporter aux dépôts mêmes où on les rencontre.

Ajoutons que, contrairement à l'opinion de M. Prestwich, M. A. Bell regarde les sables sans fossiles qui recouvrent les crags comme antérieurs au dépôt des sables et argiles de Chillesford.

*Dents perforées du crag de Suffolk.* — Un certain nombre de dents de *Carcharodon*, provenant du crag de Suffolk, présentent des trous ronds où quelques personnes ont voulu voir la trace de l'intervention de l'homme. M. Hughes (2) a fait voir que ces ca-

(1) *Geol. Mag.*, IX, 209.

(2) *Geol. Mag.*, IX, 247.

vités, disposées sur les dents sans aucun dessein apparent, avaient les caractères de trous de lithodomes. Des perforations semblables ont d'ailleurs été observées dans d'autres dépôts, tels que la couche à Coprolithes de Cambridge, où elles ont certainement la même origine.

*Pliocène du val d'Arno.* — D'après M. Stoehr (1) le pliocène inférieur ou Plaisancien est représenté, dans la partie haute du Val d'Arno, par des sables jaunes à *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros etruscum*, *Mastodon arvernensis*, *Anodonta Bronni*, *Pisidium concentricum*, *Paludina appulacea*, *Melania ovata*, *M. oblonga*, *Nerita zebrina*.

Par-dessus viennent d'autres sables jaunes avec *Rhinoceros hemitæchus* et peut-être aussi *Elephas antiquus*, représentant l'Astien et une partie, probablement, du Post-pliocène.

*Pliocène de la rivière Wimmera.* — M. Brough Smyth (2) annonce qu'on vient de découvrir en Australie, à Welcome-Rush, sur la rivière Wimmera, des fossiles dans une couche de minerai de fer superposée aux alluvions aurifères. Ces fossiles, assez mal conservés d'ailleurs, ont été étudiés par M. Mac Coy. Il y a reconnu les genres *Turritella*, *Terebra*, *Turbo*, *Arca*, *Mactra*. Ce sont donc des espèces marines et probablement, selon l'auteur, du pliocène inférieur.

M. Mac Coy pense que cette découverte confirme nullement l'opinion qu'il avait émise en classant les alluvions aurifères de l'Australie à la hauteur du crag à mammifères, opinion basée sur la découverte d'une mâchoire de *Phasciomya pliocenus* à Dunolly. Le crag à mammifères d'Europe contient, en effet, associées aux ossements de mammifères, plusieurs espèces marines semblables à celles de Welcome-Rush.

#### TERRAINS QUATERNAIRES.

*Classification des dépôts quaternaires basée sur les mammifères.*

M. Boyd Dawkins (3) a basé sur l'étude des mammifères une division des dépôts pleistocènes en trois groupes : 1° le Pleistocène inférieur, où les animaux de l'époque vivaient avec quelques es-

(1) *Neues Jahrb.*, 1872; 747.

(2) *Geol. Mag.*, IX, 335.

(3) *Geol. Society*, 5 juin 1872.

pièces méridionales et pliocènes en Angleterre, en France et en Allemagne, sans mélange de mammifères arctiques; 2° le P. moyen, correspondant à la disparition des Cervides caractéristiques du pliocène, et à l'émigration, vers le Sud, des Elephas meridionalis et Rhinoceros etruscus; 3° le P. supérieur, où dominaient les véritables mammifères arctiques.

La division supérieure comprend les graviers pleistocènes des vallées et les dépôts des cavernes, avec lion, Hippopotame, Mammouth, Loup, Renne, Ours des cavernes, Chat sauvage, Bœuf musqué, etc.

A la division moyenne appartiennent les limons à briques inférieurs de la vallée de la Tamise, les dépôts de Kent's Hole et d'Oreston, et la caverne du Jura avec Machærodus latidens. Reçue au pliocène par le Rhinoceros megarhinus, la période se rattache à la suivante par l'Ovibus moschatus.

Enfin, la division inférieure comprend le forest-bed de Norfolk et de Suffolk, ainsi que les graviers de Chartres où des espèces pliocènes l'accompagnent. Les Trogontherium et Cervus Carnutorum.

*Dépôts quaternaires des Îles Britanniques et des Alpes Suisses.*

— M. James Geikie (1) a insisté sur le synchronisme de beaucoup des graviers fluviatiles de l'Angleterre avec les dépôts glaciaires proprement dits. C'est à tort, suivant lui, qu'on attribue si souvent les alluvions anciennes à l'époque postglaciaire. Ces alluvions représentent seulement des phases de la période glaciaire, et si elles sont beaucoup plus développées dans le sud de l'Angleterre qu'en Écosse, c'est que, dans ce dernier pays, les alluvions qui avaient pu se former ont été, postérieurement à leur dépôt, enlevées et dispersées par les phénomènes glaciaires, tandis que, plus au sud, ces phénomènes avaient cessé de se produire en dehors des montagnes proprement dites. En définitive, les alluvions anciennes correspondraient aux couches d'eau douce interglaciaires qu'on observe au milieu des dépôts glaciaires d'Écosse, de Suisse et d'Amérique.

Comme conclusion de ses travaux, dont il a déjà été question dans cette Revue (2), M. Geikie a résumé la classification des dépôts quaternaires des Îles Britanniques dans un tableau dont nous croyons utile de donner un extrait.

(1) Geol. Mag., IX, 215.  
 (2) Revue de géologie, X, 145.

Période récente.	1. Alluvions, tourbe, rivages soulevés.
Période postglaciaire.	2. Tourbe, fosses, dépôts des rivières, graviers (estuaire) Faloué du Renard.
Dernière période glaciaire.	3. Rivages soulevés. 4. Moraines des vallées, gravier des rivières dans le sud de l'Angleterre. Mammouth, Rhinoceros de Sibirie.
Dernière période interglaciaire.	5. Sable et argile à briques, à coquilles arctiques. 6. Blocs erratiques et débris terreux sans fossiles. 7. Rivages soulevés et drift marin des hauts niveaux. 8. Kames, Eskers, etc., avec coquilles actuelles.
Grand cycle de périodes glaciaires.	9. Dépôt des cavernes et gravier des rivières (en partie). Outils paléolithiques. Éléphant, Hippopotame. 10. Dépôts morainiques et diluvium. 11. Boulder-clay et argile à coquilles arctiques. 12. Till et boulder-clay avec fossiles, débris de sable glaciaires.
Période préglaciaire.	13. Crag de Norwich, à Elephas et Mastodon.

La division n° 10 comprend les Kjøckemøddings de Danemark, les habitations lacustres de la Suisse et les dépôts de cavernes de France avec renne et aurochs.

Le n° 4 comprend les moraines terminales de la Forêt-Noire et des Vosges, ainsi qu'une partie du Tessin.

Au n° 8 correspondent le diluvium des plateaux français et les graviers vosgiens.

Le n° 9 comprend les couches de Dürenen, en Suisse, avec Elephas antiquus et Rhinoceros Merckii. Enfin, les moraines de fond de la Suisse correspondent aux alluvions et t.

M. Geikie s'est également occupé de la région des Alpes suisses. Il admet deux extensions successives des glaciers, séparées l'une de l'autre par un intervalle correspondant à un refroidissement de la température pendant lequel se sont déposés les lignites de Dürenen avec Elephas antiquus, Rhinoceros Merckii, Bos primigenius, Cervus elaphus. Les sables marins du versant méridional des Alpes appartiendraient à la même époque.

Phénomènes glaciaires du Lancashire. — M. Tideman (1) a cherché à établir qu'une calotte de glace a recouvert la majeure partie du Lancashire septentrional et les parties adjacentes du Yorkshire et

(1) Geol. Society, 19 juin 1872.  
 (2) Geol. Mag., IX, 215.  
 (3) Revue de géologie, X, 145.

du Westmoreland. Il cite une chaîne de 300 mètres de hauteur, sur le sommet de laquelle on voit des stries transversales dirigées vers le sud, bien qu'il n'y ait, au nord de cette chaîne, aucune terre d'une altitude égale. Une roche moutonnée dans la gorge de la rivière Calder à Whalley paraît avoir été formée par de la glace venant du nord, tandis que la rivière actuelle vient du sud. Enfin les divers systèmes de sillons et de stries qu'on observe tendent à montrer que, bien que la pente générale du district soit dirigée au sud-ouest, le mouvement de la glace à l'époque du maximum de froid avait lieu vers le sud ou le sud-est. L'auteur a remarqué, à la surface des roches fortement inclinées vers le sud, des dérangements qui ne lui paraissent explicables que par la pression d'une masse de glace venant buter contre une protubérance rocheuse.

*Graviers de la Tamise.* — M. Lane Fox (1) a étudié les graviers d'Acton et d'Ealing dans la vallée de la Tamise. Ces graviers avaient déjà été divisés par M. Whitaker en trois terrasses, la première ayant de 16 à 33 mètres d'altitude, la seconde comprise entre 7 et 13 mètres, la troisième située au-dessous de 4 mètres. Dans la terrasse la plus élevée, M. Lane Fox a trouvé des instruments de pierre du type paléolithique à la base du gravier, en contact direct avec l'argile de Londres, et en compagnie d'un fougère et d'un morceau de pin sylvestre. La même terrasse a fourni une dent d'Elephas primigenius. La seconde terrasse a offert de nombreux restes animaux sans ustensiles humains. Les ossements, déterminés par M. Busk, appartiennent au Rhinoceros hemitechus, Equus caballus, Hippopotamus major, Bos, Cervus elaphus, Ursus ferox priscus, Elephas primigenius.

*Lehm fossilifère du mont d'Or lyonnais.* — M. Chantre (2) a annoncé la découverte d'un gisement fossilifère dans le lehm de Saint-Germain, au mont d'Or (Rhône). Les ossements recueillis appartiennent aux Bos primigenius, Bison Europæus, Cervus taurus, Equus caballus, Rhinoceros tichorhinus, Elephas primigenius. Ce gisement de lehm occupe une poche creusée dans les graviers à Mastodon arvernensis. Il est à remarquer que les proboscidiens dominent beaucoup dans tous les gisements quaternaires de la région du mont d'Or.

(1) *Geol. Society*, 19 juin 1872.

(2) *Bull. Soc. géol.* [3], 1, 143.

*Origine des Osar.* — M. Toernebohm (1) a cherché à expliquer l'origine des dépôts connus en Suède sous le nom d'Osar. Pour lui, ces dépôts ne peuvent pas avoir été produits par la mer; la longueur considérable de ces petites chaînes de graviers, leur disposition générale dans des vallées étroites, leurs ramifications tout à fait semblables à celles des cours d'eau, enfin cette circonstance qu'on les rencontre à des hauteurs dépassant celle des dépôts marins incontestables, sont autant d'objections contre l'origine marine des Osar. M. Toernebohm admet qu'autrefois les vallées qui contiennent les Osar étaient remplies de sable; plus tard, elles servirent de lit à des rivières et, dans leur partie centrale, il se déposa des graviers roulés. Ensuite une nouvelle dépression du sol survint et le sable fut enlevé partout où il n'était pas recouvert et protégé par les gros graviers de rivière; ainsi se formèrent ces petites chaînes de sable couronné de gravier, alignées suivant le fond des anciennes vallées. Le mouvement d'enfoncement se poursuivant, il se déposa autour des Osar de l'argile stratifiée à coquilles arctiques. Enfin, le climat devenant plus doux, la faune actuelle succéda à la faune arctique et le sol reprenant son niveau, les Osar furent remaniés par les vagues de la mer, en sorte que les coquilles récentes qu'on trouve à leur surface doivent être regardées comme provenant de ce remaniement post-glaciaire.

*Loess du fleuve Gowke.* — M. Hübner (2) a recueilli, dans un voyage dans l'Afrique du Sud, sur les bords du fleuve Gowke, une marne argileuse très-semblable au loess calcaire d'Europe. Dans cette marne, M. Boettger a reconnu deux petits mollusques appartenant aux genres Pupa et Cionella, et présentant une grande analogie avec les Pupa muscorum et Cionella acicula du loess de nos contrées. Suivant l'auteur, sur toute la surface du globe, le loess serait une formation cosmopolite et indépendante de la nature du sous-sol.

*Phénomènes glaciaires du Canada.* — M. Dawson (3) n'admet pas qu'à l'époque postpliocène l'Amérique du Nord ait été recouverte par un grand manteau de glace continentale; c'est aux glaces marines qu'il attribue tous les dépôts erratiques du Canada. Il suppose qu'au début de la période glaciaire, le conti-

(1) *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 1, 1872. — *Geol. Mag.*, IX, 307.

(2) *Neues Jahrb.*, 1872; 671.

(3) *Canadian Naturalist*, VI, 1872. — *Geol. Mag.*, X, 39.

ment pliocène s'est graduellement enfoncé sous les eaux, ce qui restait émergé se refroidissant et se couvrant de neige et de glace. Lors du maximum d'affaissement, presque toutes les collines étaient submergées et la glace venant du nord passait sur leurs sommets en les rabotant; en même temps, la partie supérieure du Boulderclay et les couches inférieures de l'argile à Leda se déposaient dans les vallées. Lorsque le continent se releva, de nouveaux glaciers se formèrent et des plages de galets se déposèrent dans les mers sans profondeur de la période à Saxicaves. Suivant M. Dawson, un abaissement de 100 et quelques mètres à l'embouchure du Saint-Laurent suffirait pour nous ramener aux conditions de cette époque et pour déterminer sur les hauteurs la formation de glaciers donnant naissance, à leur pied, à des icebergs.

L'auteur décrit 205 espèces de coquilles, qui toutes sont des formes arctiques récentes. Le boulderclay contient 7 espèces marines qui toutes, à l'exception d'une seule, se retrouvent dans l'argile à Leda. Les points où le boulderclay est fossilifère sont tous situés près de l'embouchure du Saint-Laurent.

*Dépôts quaternaires de la Louisiane.* — M. Hopkins (1) a étudié les dépôts quaternaires de la Louisiane. Il y distingue, par ordre d'ancienneté, le drift, le groupe de Port-Hudson, le loess et le limon jaune; les trois dernières divisions réunies constituent ce qu'on appelle *Bluff-formation*.

Les couches de Port-Hudson sont des sables, des argiles sableuses et des argiles; elles sont plus ou moins calcarifères et caractérisées par des concrétions calcaires. Leur épaisseur varie entre 100 et 200 mètres. On y trouve des espèces marines récentes, des coquilles d'eau douce et des ossements de *Megalonyx*.

Le loess est finement terreux et contient des *Helix*, *Helicina*, *Pupa*, *Cyclostoma*, *Achatina*, *Succinea*, avec des os de *Mastodonte*.

Le limon jaune, épais de 5 à 8 mètres, se présente à des niveaux très-variables, ce qui prouve que son dépôt a eu lieu lorsque les couches précédentes avaient été fortement dénudées.

*Phénomènes glaciaires en Patagonie.* — Louis Agassiz (2) a découvert, dans la Terre de Feu et la Patagonie, des traces incontestables de l'existence d'anciens glaciers, telles que des roches polies et des roches moutonnées. Le mouvement de la glace paraît avoir eu lieu du sud au nord et avoir été indépendant de la pente actuelle de la contrée.

(1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 136.

(2) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 135.

## QUATRIÈME PARTIE. — PATAGONIE.

### GÉOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.

La quatrième partie de cette Revue restera consacrée à l'examen des descriptions et des cartes géologiques; elle comprendra les travaux qui ont plus spécialement pour but de faire connaître la constitution géologique d'un pays ou d'une région. De même que les années précédentes, nous donnerons quelques développements aux études géologiques relatives à la France et à ses colonies.

### EUROPE.

#### ESPAGNE.

*SALAMANQUE.* — D. Amalio Gil y Maestre a publié une esquisse géologique de la province de Salamanque; au 800,000<sup>e</sup> échelle. Cette province, qui touche au Portugal du côté de l'O. et confine à la province de Zamora au N.; à celle de Valladolid à l'E. et à celle de Caceres au S.

La géologie en est très-simple, et la carte de D. Amalio Gil y Maestre présente seulement trois divisions:

- 1<sup>o</sup> Les *formations cristallines* comprennent différentes variétés de granite, de syénite, de gneiss, de mica-schistes, de talc-schistes et de schistes siliceux; elles occupent une grande partie du Sud de l'O. de la province, avec quelques îlots dans le centre.
- 2<sup>o</sup> Le *terrain silurien* est formé de schistes argileux, de quartzites et quelquefois de calcaire; il borde et touche le granite sur une grande partie de son développement. L'auteur n'y signale point

(1) *Revista minera*, n<sup>os</sup> 553, 554 et 555. Juin et juillet, 1873. (Extrait par M. E. Collomb.)

de fossiles, cependant il n'hésite pas à le classer dans le silurien, à cause de son identité pétrographique et stratigraphique avec le terrain de cet âge qu'on trouve en Espagne.

5° Le *terrain tertiaire* et le diluvium sont réunis sous une même teinte. Le terrain tertiaire se compose du reste de calcaires, de conglomérats, de grès et d'argiles; il est la continuation des dépôts miocènes d'eau douce de la Vieille-Castille, avec cette différence que les formations gypseuses et salines manquent ici, tandis qu'elles sont abondantes dans les dépôts du même âge des provinces voisines. L'auteur n'y a point recueilli de fossiles.

— La province de Salamanque est, d'ailleurs, riche en substances utiles à l'industrie; on y exploite notamment :

L'étain, à Cequeña et à Terrubias, avec quelques veines d'antimoine. Cet étain, qui est à l'état de cassitérite, a été reconnu sur une zone de 14 kilomètres de longueur, au contact du granite avec les schistes et les quartzites siluriens;

La galène argentifère, à Valdemierque et à Guijelo;

Les mines de fer de Herguijuela de la Sierra;

L'ocre de Santibañez del Río, provenant de la décomposition des schistes ferrugineux, au contact du terrain silurien et du terrain tertiaire;

Les alluvions aurifères à Salvatierra, exploitées par quelques orpailleurs;

Le cristal de roche et la fausse topaze à Villasbuenas, dans la zone silurienne qui borde le granite;

La phosphorite, à Los Santos, dans les mêmes conditions de gisement;

Le calcaire pour la fabrication de la chaux;

Les argiles réfractaires et les argiles plastiques pour la poterie;

Les granites et les grès pour matériaux de construction et meules de moulin;

Les eaux thermales et eaux sulfureuses froides, sur un grand nombre de points.

CADIX. — M. Mac Pherson (1) a fait connaître le résultat de ses recherches sur la province de Cadix.

Dans un résumé sur l'orographie de toute la péninsule Ibérique, il observe d'abord que l'Espagne peut être considérée comme un plateau trapézoïdal, élevé de 500 mètres en moyenne au-dessus du

(1) *Bosquejo geológico de la provincia de Cadix*. — Cadix, 1872. (Extrait par M. E. Collomb.)

niveau de la mer, et s'étendant des Pyrénées au détroit de Gibraltar. A ce point de vue, l'Espagne est peut-être le pays le plus élevé de l'Europe; car, en nivelant la Suisse avec toutes ses montagnes, on n'arriverait guère à une altitude moyenne aussi grande. Ce massif est traversé par une suite de chaînes de montagnes qui peuvent se réduire à six grands groupes, séparés par cinq grandes dépressions dans lesquelles coulent autant de fleuves.

— M. Mac Pherson (1) entre ensuite dans des détails spéciaux sur l'orographie de la province de Cadix; il en donne une carte coloriée, au 400.000<sup>m</sup>, avec courbes de niveau, espacées de 100 mètres et entre lesquelles il y a des teintes de plus en plus foncées. Le point le plus élevé du pays est le Cerro del Pinar (1.750 mètres), le Peñon de Don Cristobal (1.572 mètres), puis d'autres sommets de 1.400, 1.200 et 1.000 mètres; sur le littoral, les montagnes s'abaissent à 500, 200, 100 mètres.

La description géologique de la province est traitée avec détail et accompagnée de nombreuses coupes ainsi que d'une carte coloriée, au 400.000<sup>m</sup>.

Les terrains les plus anciens de la contrée sont situés dans le groupe montagneux du N.-E.; ils appartiennent au *lias supérieur*. Ce sont des schistes calcaires et argileux et des calcaires d'une puissance de 500 à 600 mètres. M. de Verneuil, dans son voyage dans cette contrée, y a reconnu : *Ammonites bifrons*, *A. complanatus*, *A. insignis*. M. Mac Pherson y a trouvé *A. radians*, *Spirifer rostratus* et quelques autres fossiles indéterminables. Au-dessus de ces schistes fossilifères on a une masse considérable de schistes, de calcaires et de marbres presque sans fossiles.

Ensuite vient un puissant dépôt de marbre et de marnes blanches. Dans les marbres inférieurs on trouve en grande abondance : *Rhynchonella Suessi*, *Rh. spathica*, *Rh. striatoplicata*, *Rh. trilobata*, *Rh. Astieriana*, *Terebratula Ebrodunensis*, *T. magadiformis*, *T. cataphracta*, *T. mitis*.

Dans les marnes blanches : *Terebratula Janitor*, *Am. fimbriatus*, *Am. Ronyanus*, *Am. Astlerianus*, *Am. Grasianus*, *Am. asperrimus*, *Am. ptychoicus*, *Am. Occitanicus*, *Crioceras Duvalii* et *Terebratula Bouei*.

M. Mac Pherson se demande si ces fossiles représentent le *néocomien inférieur* ou le *Tithonique*, et il laisse à d'autres le soin de résoudre la question.

(1) *Carta isométrica de la provincia de Cadix*.

Le *néocomien supérieur* est indiqué, près de Conil, par de petites ammonites ferrugineuses, déterminées par M. Hébert: *Am. striatosulcatus*, *Am. Guettardi*, *Am. Belus*, *Am. Duvalianus*, *Am. asperrimus*, *Am. Deshayesi*, *Am. picturatus* et *Am. dyphillus*.

Les dépôts tertiaires comprennent l'éocène, le miocène et le pliocène. L'éocène est un dépôt calcaire qui alterne avec des argiles, des marnes et des grès, pauvre en fossiles à l'exception des nummulites, qui s'y rencontrent parfois en grande abondance; on y distingue deux étages, l'inférieur ou calcaire nummulitique, le supérieur ou matigno. Ce terrain occupe la plus grande surface de la province; il n'a pas moins de 300 à 500 mètres d'épaisseur.

Le *miocène* est mal représenté; quelques poudingues donnant des terres stériles appartiennent probablement à cette formation.

Le *pliocène* est un dépôt plus ou moins arénacé qui ne s'éloigne pas beaucoup du rivage de la mer; la ville de Cadix est bâtie sur le pliocène. Les fossiles y sont abondants; on y trouve: *Pecten cristatus*, *P. coarctatus*, *P. varius*, *P. Jacobeus*, *P. Pixidatus*, *P. scabrellus*, *P. Benedicinus*, *Lima inflata*, *Ostrea edulis*, *O. pseudoedulis*, *Cardium hians*, *C. elliptica* et d'autres bivalves.

Les *dépôts diluviens* couvrent presque toute la contrée; ils sont en discordance complète avec le pliocène. Les courants qui en ont transporté les matériaux paraissent avoir pris une direction perpendiculaire à celle des soulèvements antérieurs; il en est résulté de grandes érosions et des dénudations. Le diluvium se trouve, sur certains points, à plus de 200 mètres au-dessus du niveau actuel des rivières; il se compose d'une argile rouge, accompagnée d'innombrables cailloux roulés, presque tous de quartzite, roche qui n'existe nulle part en place dans le pays.

*Roches éruptives et terrain gypseux.* — L'ophite est la seule roche éruptive de la province; elle surgit sur des points très-nombreux et présente une grande variété de caractères; elle est accompagnée de gypse, de dolomie, d'oxyde de manganèse, de cristaux de quartz bipyramidés, de cristaux d'arragonite. Les autres phénomènes liés à ce terrain sont des dépôts de soufre et de sel marin exploités, puis des volcans de boue encore en activité, avec dégagement d'hydrogène sulfuré et d'abondantes sources sulfureuses.

M. Mac Pherson hésite à classer ce terrain dans le trias comme l'ont fait MM. de Verneuil et Collomb; il réserve son opinion à ce sujet.

## ROYAUME-UNI.

ÉCOSSE. — M. J. Bryce (1) a reconnu, dans les îles de Skye et Raasay, une série complète de couches jurassiques, depuis le lias inférieur jusqu'à l'oolithe moyenne. Les zones fossilifères représentées sont celles des Ammonites *angulatus* et *A. Bucklandi* dans le lias inférieur, des *A. Jamesoni*, *A. capricornus*, *A. margaritatus*, *A. spinatus* dans le lias moyen; des *A. communis*, *A. falcoifer*, *A. heterophyllus* et *A. bifrons* dans le lias supérieur. D'autres fossiles indiquent l'oolithe inférieure, le *combrash* et l'*oxford clay*. Le Loch Staffin est formé par des couches saumâtres voisines de l'oxfordien et renfermant un lit entièrement constitué de coquilles d'*Ostrea hebridica*.

Toute cette série de roches jurassiques repose sur le grès cambrien de Torridon. Les roches trappeuses qui les traversent ont fait éruption postérieurement à l'époque oolithique.

D'un autre côté, M. Judd (2) a décrit les formations secondaires de l'Écosse. Ces formations ne sont représentées que par des lambeaux isolés, dans les Highlands, et dans les îles occidentales, et la conservation de ces lambeaux est due à des failles d'une amplitude considérable, qui les ont enclavés au milieu des terrains paléozoïques. Les roches jurassiques présentent un remarquable contraste avec celles de l'Angleterre, en ce qu'elles sont constituées, dans toute leur épaisseur, par une alternance de couches marines et de couches saumâtres.

Le trias est représenté par le grès à reptiles et par les calcaires qui le surmontent. Les conglomérats de Sutherland sont rhétiens. Le lias inférieur est d'origine saumâtre et contient des couches de houille. Il en est de même de l'oolithe inférieure, où la houille est actuellement exploitée. Les fossiles d'eau douce qu'on y rencontre présentent une remarquable analogie avec ceux du wealdien. La houille elle-même est formée de débris d'*Equisetum*. Le caractère saumâtre se reproduit dans l'oolithe supérieure, où la faune et la flore sont d'une grande richesse. Vers le nord, cet étage passe aux curieuses brèches de l'Ord, qui contiennent d'énormes blocs originaires du vieux grès rouge.

(1) *Geol. Society*, 26 février 1873.(2) *Geol. Society*, 8 janvier 1873.

## FRANCE.

Plusieurs ouvrages récents traitent spécialement de la *Géologie de la France*, et résument les nombreux travaux qui s'y rapportent.

M. Amédée Burat se place surtout au point de vue de l'ingénieur et de l'agronome. Prenant pour base la carte géologique d'Élie de Beaumont et de Dufrénoy, il décrit les différentes contrées naturelles de la France, et donne notamment des détails sur les contrées houillères.

M. l'abbé Lambert résume dans une sorte de statistique les différentes publications et les cartes géologiques relatives à chaque département.

M. Delessé, dans la *Lithologie du fond des mers*, passe en revue l'ensemble des terrains qui forment le sol de la France et cherche particulièrement à mettre en relief les différences que les dépôts synchroniques peuvent présenter dans leurs caractères minéralogiques.

— M. Meugy (1) considère le terrain d'argile à silex qui s'étend à la surface des plateaux d'Othe, comme identique avec ce qu'on a nommé le diluvium rouge; pour lui, ce serait un dépôt d'origine chimique, produit par la dissolution sur place des roches sous-jacentes entre la période du diluvium gris et celle du lœss.

Au contraire, pour M. Jules Martin (2) les argiles rouges à silex et à chailles, en Bourgogne et ailleurs, sont des produits d'origine glaciaire datant de l'époque miocène. Ce seraient des glaciers miocènes qui auraient découpé les formations jurassiques de la Bourgogne, en produisant les accidents de terrain qu'on rapporte d'habitude à l'époque quaternaire.

Les mêmes phénomènes se seraient reproduits pendant la période quaternaire.

A l'époque miocène appartiendraient les conglomérats à cailloux polis et striés des environs de Dijon, les argiles à silex avec poudingues siliceux de la plaine chalonnaise et les traînées d'argiles à silex avec blocs de poudingues, équivalent des poudingues de Nemours.

Les dépôts quaternaires comprendraient les arènes granitiques

(1) *Bull. Soc. geol.* [3], I, 150.

(2) *Limon rouge et limon gris*. Paris, Savy, 1873.

avec blocs roulés d'Autun, les entassements de blocs granitiques des environs de Drevin, les traînées de chailles anguleuses de l'Yonne, de la Haute-Saône, de la Haute-Marne et du Charolais.

PAS-DE-CALAIS. — M. Topley (1) a publié un aperçu géologique sur le détroit du Pas-de-Calais. Il a fait remarquer la concordance parfaite que présentent, sur les deux rives du détroit, la craie à silex et la craie grise ou marneuse sans silex, ainsi que la couche de craie glauconieuse qui forme la base de ce système. En revanche, tandis que la gault et les diverses assises argileuses et sableuses du grès vert inférieur sont extrêmement développées sur la côte anglaise, ces étages sont tout à fait rudimentaires sur la côte française, qui laisse apparaître, dans le Bas-Boulois, les formations jurassiques supérieures. La couche de craie grise sans silex, que tout porte à regarder comme continue d'une rive à l'autre, paraît donc devoir être plus propre que toute autre à l'exécution d'un tunnel sous-marin, et les probabilités géologiques ne semblent pas justifier la menace d'une affluence d'eau capable d'entraver les travaux qui seraient entrepris dans ce but.

DUNKERQUE. — D'après des renseignements qui nous sont communiqués par M. Plocq (2), ingénieur en chef des ponts et chaussées, deux forages artésiens ont été entrepris à Dunkerque pour y rechercher des eaux jaillissantes.

Le premier, datant de 1777, a eu lieu à la Gènevrerie, dans le quartier de la Citadelle, à la cote de 5<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau moyen de la mer (I).

Le deuxième a été fait en 1836, sur la place de la Prison, à la cote 6<sup>m</sup>,50 (II).

	mètres.
Remblais	2,27
Sable des dunes	1,95
Marne glaiseuse	0,81
Sable marin riche en coquilles	16,32
Marne glaiseuse, couleur d'ardoise	6,17
Gros sable, avec coquilles et bois de chêne	5,85
Argile éocène brune, puis grisâtre (Épaisseur traversée)	67,48
II.	
Remblais	6,66
Sable	6,66
Sable avec peignes et veines très-minces de marnes	7,67
Sable marin avec coquilles	15,00
Argile éocène (Épaisseur traversée)	80,67

(1) *Quarterly Journal of Science*, April, 1872.

(2) Extrait d'une lettre à M. Delessé.

Les dépôts marins de l'époque actuelle atteignent environ 35 mètres sur l'emplacement de Dunkerque, et l'on rencontre au-dessous l'argile éocène d'Ypres. Comme l'a remarqué M. Meugy, en poussant les sondages jusqu'à une profondeur de 250 mètres, on atteindrait sans doute le sable Landénien qui a 55 mètres d'épaisseur, repose immédiatement sur la craie et se relève d'ailleurs vers le sud, en sorte qu'on aurait vraisemblablement des eaux jaillissantes.

D'un autre côté, comme à Dunkerque, l'argile d'Ypres offre une grande épaisseur, et comme on se trouve plus rapproché de l'axe de l'Artois et des bords relevés du bassin éocène, nous ferons observer que les eaux de la mer ne se mélangeraient probablement pas avec les eaux douces, comme on l'a constaté plus au nord, dans les puits artésiens de la Hollande.

BRAY. — A la suite d'une crise provoquée par le renchérissement du charbon de terre, l'opinion publique, en Normandie, s'est tournée avec ardeur vers la question de la recherche de la houille sous le pays de Bray. Ce problème a été traité, pour la Normandie, par MM. Lemoine (1) et Edmond Fuchs (2). Après avoir reconnu que rien ne s'oppose à ce que le terrain houiller existe sous le pays de Bray, les auteurs concluent que la profondeur des couches à traverser avant d'atteindre la houille serait comprise entre 900 et 1,500 mètres, et que si l'entreprise présente, au point de vue scientifique, un intérêt considérable, il serait dangereux d'y entrevoir la perspective d'une rémunération brillante.

AUXOIS. — M. Collenot (3) a donné une description géologique de la région de l'Auxois, comprenant les arrondissements de Semur, d'Avallon et une partie du Morvan. Cette région, sur laquelle il a réuni depuis longtemps les éléments d'une bonne description, montre surtout le terrain jurassique inférieur s'appuyant sur des roches cristallines dans la partie la plus septentrionale du Morvan. Les roches cristallines du Morvan forment trois groupes désignés sous les noms de groupe du granite rose, du granite gris et du porphyre. Ce dernier est le plus récent, il forme la partie centrale la plus élevée. Des gneiss et un gisement carbonifère, déjà étudié depuis longtemps (4), représentent seuls les terrains de transition dans l'Auxois.

(1) Bull. de la Soc. géol. de Normandie, I, 31.

(2) Note sur la recherche de la houille dans le pays de Bray. — Rapport à la Chambre de commerce de Dieppe, 1872.

(3) Description géologique de l'Auxois (Extrait par M. Dufo).

(4) Guillebot de Nerville. Annales des mines, 5<sup>e</sup> série, t. I, 1852.

Tous les grès de la région de l'Auxois et des régions voisines, situés entre le granite et le lias, ont généralement été regardés comme constituant les grès ou arkoses inférieures du lias; la partie inférieure, comprenant les arkoses, est rapportée par M. Collenot au trias supérieur. Elle contient souvent de véritables marnes irisées et des argneules.

L'étage rhétien qui succède au Keuper ne le recouvre pas jusque sur les plus hauts sommets. Cet étage ou zone à Avicula contorta de beaucoup de géologues qui n'admettent pas l'indépendance de l'étage rhétien, est assez peu épais, il est formé en majeure partie de grès plus ou moins grossiers, mais non feldspathiques, qu'on ne peut nullement regarder comme des arkoses. L'arkose proprement dite serait ainsi spéciale au Keuper, sauf pourtant à l'est et au sud-est de l'Auxois, où l'épaisseur de l'étage rhétien augmente beaucoup. Les fossiles qu'on rencontre sont ceux qui caractérisent la zone à Avicula contorta; M. Collenot y cite trente-sept espèces de mollusques.

Les dépôts qui viennent ensuite sont beaucoup plus réguliers et puissants, ils se succèdent régulièrement jusqu'aux limites de la région décrite. L'infra-lias est ainsi divisé :

Calcaire jaunâtre marneux	Zone à Amm. angulatus, Schl.
ou	
Roie de veau des carrières.	Zone à Amm. liasicus, d'Orb.
Lumachelles	
ou	
Pierre bise des carrières.	Zone à Amm. planorbis, Sow.

Les assises ont dépassé les couches précédentes et ont recouvert le granite. C'est dans la zone à ammonites planorbis que se trouvent les mines de fer de Thostes et de Beauregard. Sur le plateau de Thostes, la plus grande partie des couches jusqu'au lias inférieur inclusivement est silicifiée. L'Ammonites planorbis est rare dans cette région; mais on y a trouvé A. tortilis d'Orb. et d'autres caractéristiques de cette zone; les cardines y sont, comme dans bien d'autres localités, particulièrement abondantes.

Le calcaire foie de veau est mince (1 mètre environ), et contient de nombreux fossiles, qui sont généralement de taille réduite (1).

(1) Cf. J. Martin, Stratigraphie paléontologique de l'infra-lias de la Côte-d'Or (Mémoires de la Société géologique de France, 2<sup>e</sup> série, t. VII, mémoire n° 1, 1860).

Le calcaire à gryphées arquées se montre avec son facies normal, sauf dans certaines localités où il est silicifié; par exemple, aux environs de Thostes et de Courcelotte. Dans ce cas, il est blond ou noirâtre, avec barytine abondante, et ne présente plus que les moulés des fossiles. M. Collenot le partage en trois zones:

- Zone sup. à *Amm. Birchii*, Sow.  
 Zone moy. à *Amm. Bucklandi*, Sow.  
 Zone inf. à *Amm. Scipionianus*, d'Orb.

L'étage du lias moyen est divisé ainsi qu'il suit, de haut en bas:

	Épaisseur moyenne.
Calcaire à <i>Gryphæa gigantea</i> .	Zone de l' <i>Amm. Zetes</i> , d'Orb. } mètres. 15
	Zone du <i>Pecten æquivalvis</i> , Sow. }
	Zone de l' <i>Amm. acbantus</i> , d'Orb. }
Marnes micacées. . . . .	70
Calcaire à ciment de Vénaray.	Zone de l' <i>Amm. Valdani</i> , d'Orb. } 10
	Zone de l' <i>Amm. Venareusis</i> , Opp. }
	Zone de l' <i>Amm. Henleyi</i> , Sow. }
	Zone de l' <i>Amm. Davæi</i> , d'Orb. }

Le lias supérieur, formé en presque totalité de marnes, présente des lits à ciment exploités; les bancs sont peu épais, mais assez nombreux; l'étage comprend quatre zones:

	mètres.
Zone à <i>Amm. mucronatus</i> , d'Orb. . . . .	8,00
Zone à <i>Turbo subplicatus</i> , d'Orb. . . . .	7,00
Zone à <i>Amm. complanatus</i> , Brug. . . . .	4,00
Zone à <i>Amm. serpentinus</i> , Schlöt. . . . .	6,50

Ces épaisseurs sont celles de la coupe de la Chassagne, entre Villenotte et Pouillenay.

Le lias se rencontre dans les vallées de l'Auxois, tandis que les hauteurs sont formées par le calcaire de l'oolithe inférieure et de la grande oolithe qui est blanc, dur et résistant en général. L'oolithe inférieure constitue les plateaux; ceux-ci sont couronnés par des monticules désignés sous le nom de *Hauteaux*, dans lesquels on trouve le fuller's-earth et la grande oolithe réduite le plus souvent à sa première zone: du reste le Bradford-Clay ne présente qu'un lambeau vers les limites de l'Auxois et les étages supérieurs manquent. Voici le tableau de ces différents étages du groupe oolithique inférieur avec leurs épaisseurs moyennes:

	mètres.
Grande oolithe. . .	Z. du calcaire à cassure conchoïde. . . . . 3
	Z. du calcaire blanc jaunâtre supérieur. . . . . 50
	Z. de l'oolithe miliaire. . . . . 3
	Z. du calcaire-blanc jaunâtre moyen ou . . . . .
	Z. de l' <i>Amm. arbustigerus</i> . . . . . 45

Fuller's-earth. . . . .	Z. dur calcaire blanc jaunâtre inférieur . . . . . 12 à 15
	en calcaire à <i>Pinna</i> . . . . . 3 à 5
	Z. des marnes à <i>Ostrea acuminata</i> . . . . . 2 à 3
Oolithe inférieure. . . . .	Z. du calcaire grumeleux. . . . . 5
	Z. du calcaire fissile ou à Gervillies. . . . . 4
	Z. du calcaire à polypiers. . . . . 20
	Z. du calcaire à entroques. . . . . 1,60.
	Z. à <i>Amm. Murchisona</i> . . . . . 8
	Z. à <i>Zoophycos scoparius</i> . . . . . 3

Dans une autre partie de son livre, M. Collenot cherche à fixer l'époque à laquelle le Morvan a pris sa configuration définitive, et il la place après l'époque jurassique; cette conclusion résulte pour lui de l'étude complète des failles du Morvan et des dépôts de transports ou des débris erratiques qui recouvrent ses pentes ainsi que les vallées qui s'y ouvrent. M. Collenot est même amené à croire que le Morvan, avant sa dernière élévation, supportait des roches crétacées dont les débris auraient été enlevés postérieurement par l'action de glaciers.

MISEREY. — Quoique le sel gemme soit abondant et facile à exploiter dans plusieurs parties de la France, sa recherche offre maintenant d'autant plus d'intérêt que la dernière guerre nous a fait perdre les salines les plus riches de la Lorraine.

Dans la Haute-Saône, les sondages faits depuis quelques années dans les marnes irisées des environs de Gouhenans ont été malheureux et n'ont amené aucun résultat; on n'a pas été plus heureux à Tourmout, près de Grozon (Jura).

Il n'en a pas été de même pour le sondage entrepris par M. De-la-croix (1) à la station de Miserey, près Besançon (Doubs). Voici en effet la série des couches traversées:

(1) Extrait d'une lettre à M. Delesse, 29 août 1873.

NATURE DES COUCHES.	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.
	mètres.	mètres.
Terre végétale.	2,00	0,00
Calcaire à gryphes.	5,60	2,00
Marnes bleues, huileuses avec quelques bancs de grès.	15,40	7,60
Calcaire fendu.	7,90	23,00
Schistes très-fins de marne bleue.	7,20	30,90
Marnes de diverses couleurs avec alternances de grès et de dolomies jaunâtres, tendres, qui finissent par former le fond de la couche.	48,90	58,10
Dolomie dure en bancs épais.	9,90	117,00
Marnes blanchâtres bigarrées.	7,10	123,90
Schiste et houille des marnes irisées.	0,30	131,90
Marnes grises et blanchâtres.	50,20	131,50
Marnes noirâtres.	1,50	133,00
Marnes bleues.	8,22	141,22
Marnes rouges.	1,50	142,72
Gypse gris-noirâtre, mêlé de cristaux de sel, couleurs avec des alternances de marne.	3,60	146,32
Marnes très-salées.	20,48	166,80
Sel gemme rosé et blanc, avec couches de sel marneux.	10,70	177,50
Marnes gypseuses.	54,60	232,10
Gypse et marne.	0,60	232,70
Marnes vertes et noires huileuses.	2,90	235,60
Muschelkalk, présumé Dolomien.	2,90	238,50

On a donc rencontré à peu près 55 mètres de sel gemme appartenant aux marnes irisées; de plus, ce sel est de bonne qualité, puisqu'il ne contient que des traces de chlorure de magnésium.

Le sondage de Miserey, commencé à la cote 290 mètres, s'est arrêté sans doute à la dolomie du muschelkalk. Il se trouve d'ailleurs près de deux failles dont l'une ramène le trias au niveau du corallien.

Les recherches infructueuses de sel gemme dans les marnes irisées de la Franche-Comté s'expliquent très-bien par le peu de continuité des lentilles de sel et de gypse. Elles peuvent aussi être dues à des dissolutions opérées par les nappes d'eau sulfureuses; mais nous serions porté à croire que ces dissolutions sont assez rares dans des couches aussi argileuses et aussi compactes que les marnes irisées de la Franche-Comté. L'exemple de Miserey montre même que des failles peuvent interrompre les nappes d'eau et faciliter leur diffusion dans les couches, sans qu'il en résulte pendant une dissolution du sel gemme à leur voisinage immédiat.

CANTAL. — M. J. B. Rames (1) a entrepris l'étude du Cantal.

(1) Géologie du Cantal, 1873.

Soumettant à la critique les différentes publications faites sur cette région, il s'est occupé, avec l'aide de MM. de Saporta, R. Tournoier et E. Lartet, des animaux et surtout des végétaux fossiles qui se rencontrent dans certaines couches; il a donné une attention spéciale aux phénomènes glaciaires; en outre il a cherché à préciser l'âge relatif des terrains ainsi que des roches volcaniques.

Considérons d'abord le *terrain granitique*; il se montre au jour sur une grande étendue dans le département du Cantal; de plus il comprend plusieurs variétés de granite et de leptynite qui sont associés au gneiss et au mica-schiste. Des filons de porphyre, de pétrosilex, de diorite, d'amphibolite et de serpentine le traversent; en outre du calcaire cristallin est enclavé dans le gneiss et a subi, comme ce dernier, un métamorphisme.

Le *terrain houiller* est représenté par un petit lambeau et un grès rouge, d'âge inconnu, pourrait être rapporté au permien?

Dans les *terrains tertiaires*, M. Rames distingue les trois étages habituels:

1° L'*ocène* consiste en sable quartzeux, débris roulés de roches granitiques et argile plastique bariolée.

2° Le *miocène* inférieur se compose de marnes avec Cypris faba, Bythinia Dubuissoni, Cerithium Lamarcki, Chara destructa, Typha latissima. Au-dessus vient un calcaire lacustre qui se voit bien aux environs d'Aurillac et contient Helix arvernensis, Limæa pachygaster, Planorbis cornu. Sur quelques points, ce calcaire est recouvert par un basalte miocène qui marque la première phase de l'activité volcanique dans le Cantal.

Le *miocène* supérieur est formé par une argile blanchâtre avec sable, galets de quartz et débris du terrain tertiaire. Il renferme Mastodon angustidens, Dinotherium giganteum, Rhinoceros, Hipparion, Machairodus, Amphicyon. La végétation était d'ailleurs luxuriante et accusait une température moyenne annuelle de 20°.

3° C'est alors qu'eut lieu une deuxième phase de l'activité volcanique; elle forma le cratère du Cantal, produit du tuf ponceux (trass) avec fragments de bois charbonnés, puis un basalte porphyroïde à gros cristaux d'augite, et elle inaugura le terrain *pliocène*.

Pendant la période de tranquillité qui suivit, il se développa une flore très-riche qui est actuellement étudiée par M. de Saporta et qui paraît indiquer une température moyenne dépassant 18°.

Une troisième phase de l'activité volcanique est caractérisée

par des cendres, des débris ponceux et trachytiques, des blocs calcinés.

Une quatrième phase correspond à la formation d'un puissant conglomérat trachytique de couleur foncée. Différentes roches volcaniques, vitreuses ou peu cristallines, traversent ce conglomérat et s'observent par exemple aux Chazes.

Une cinquième phase de l'activité volcanique du Cantal localisa auprès du cratère un trachyte scoriacé, celluleux, compacte, porphyroïde, quelquefois vitreux, qui présente d'épaisses coulées, alternant avec des lits tuffacés de fragments et de scories.

Une sixième phase est marquée par les éruptions du phonolite qui se voit au Puy de Griou; d'autres éruptions ont encore produit des filons de domite et d'obsidienne, ainsi que de rétinite associé à de grands cristaux d'arragonite qui doivent sans doute leur origine à des sources thermales.

Une septième phase de l'activité volcanique du Cantal est caractérisée par une puissante éruption de basalte; cette roche, vomie par le cratère, ruisselait en nappes fluides, dont l'inclinaison varie de 5° à 5°, et elle forme maintenant les hauts plateaux du Cantal.

Depuis cette époque, le volcan est resté inactif, mais ses flancs ont été dégradés par les phénomènes atmosphériques. Les eaux et les glaces les ont profondément ravinés, et M. Rames croit pouvoir distinguer trois périodes glaciaires pendant l'époque *quaternaire*.

SAVOIE. — MM. Ch. Lory, L. Pillet et M. l'abbé Vallet, ont publié à l'échelle du 150.000<sup>m</sup> leur carte géologique du département de la Savoie; cette carte comprend le Mont Blanc ainsi qu'une partie de la Haute-Savoie et elle fait connaître avec détail la géologie d'une région dont l'étude présente de grandes difficultés. En particulier, on y trouvera l'indication de failles très-nombreuses et les auteurs observent du reste qu'ils ont dû se borner à tracer les plus importantes.

#### BELGIQUE.

On doit à M. le professeur Dewalque (1) un rapport d'ensemble sur tous les travaux auxquels a donné lieu la géologie de la Belgique. Ce rapport est accompagné d'indications bibliographiques très-complètes.

(1) *Rapport séculaire sur les travaux de la classe des sciences. Académie royale de Belgique, 1872.*

— Deux cartes résumant la statistique minérale de la Belgique, pour l'année 1871, ont été publiées récemment par M. Adolphe Firket, ingénieur au corps des mines belge. L'une de ces cartes donne la production par commune des carrières de la Belgique; elle comprend les matières minérales servant aux constructions, les pierres calcaires, les marbres, les argiles plastiques, les ardoises, les sables, les pavés et aussi des matières minérales utilisées dans l'industrie, telles que le quartz, la barytine, les pierres à rasoir et à faux. Les gisements de ces matières dans les divers terrains sont indiqués d'après les recherches géologiques les plus récentes.

L'autre carte donne la production, la consommation et la circulation des minerais de fer, de zinc, de plomb et des pyrites. Ces deux cartes de la Belgique ont été exécutées en chromolithographie, elles montrent d'une manière bien nette la distribution et la production des minerais ainsi que des matières minérales qui sont exploitées dans les carrières.

LIÈGE. — La description du *terrain houiller* du bassin de Liège, mise au concours par l'Académie de Belgique, a provoqué la remise d'un mémoire encore inédit, et qui a été l'objet de rapports détaillés de la part de MM. Dewalque et Briart (1). Ce travail qui, d'après les rapporteurs, suppose d'immenses recherches, est accompagné de deux cartes à l'échelle du 1/200.000<sup>m</sup>, représentant la coupe horizontale du système houiller de la province de Liège. L'une est la coupe horizontale de la partie orientale de ce système, par un plan passant en profondeur à 200 mètres en dessous du zéro du Pont-des-Arches à Liège; l'autre est la coupe horizontale de la portion occidentale du bassin, mais au niveau de la Meuse seulement, le peu de profondeur des exploitations dans cette partie ne fournissant pas des documents en nombre suffisant pour décrire l'allure du terrain à la même hauteur qu'à l'est.

L'auteur anonyme de ce mémoire s'est appliqué particulièrement à l'étude stratigraphique du riche *bassin houiller* de Liège; à celle des plissements et des failles qui en ont modifié la forme primitive; à la description des différentes couches de houille, des *stampes* ou assises de roches stériles qui les séparent, à la recherche si importante de la synonymie des couches entre les diverses parties du bassin où elles sont exploitées souvent sous

(1) Lettre de M. Ch. de la Vallée Poussin, professeur à l'Université de Louvain, à M. Delesse.

— *Académie royale de Belgique, 2<sup>e</sup> série, XXXVI, p. 096-742.*

des noms différents. Pour arriver à confectionner ses cartes, l'auteur a réuni les plans d'un très-grand nombre d'exploitations ainsi que des renseignements multipliés sur la composition des mines de houille, et des schistes, des psammites et des grès; il a relié toutes ses observations entre elles et les a reportées par le calcul sur deux plans horizontaux, que les travaux réels d'exploitation ne rencontrent que sur des espaces restreints. Grâce à l'abondance des documents mis en œuvre et à l'exactitude des relevés, les plans annexés au mémoire fournissent sur l'ensemble du bassin houiller de la province de Liège les renseignements les plus sérieux qui aient été communiqués depuis le célèbre mémoire de Dumont, publié en 1832.

Les deux conclusions les plus intéressantes auxquelles arrive l'auteur, à la suite de sa laborieuse étude stratigraphique, sont: d'abord la possibilité d'une extension du bassin houiller vers le N.-O. et le N.-E., au delà de l'étranglement provoqué par le relèvement du calcaire carbonifère de Visé; cette extension semblerait indiquée par l'extension dans le même sens de certains bassins partiels formés par ces couches, et reconnus dans quelques centres d'extraction. La seconde conclusion de l'auteur, basée sur sa minutieuse recherche de la synonymie des couches, est une restriction notable du nombre des couches exploitables, admis depuis Dumont. Au lieu de 85 couches de houille, le bassin n'en renfermerait en tout que 47, c'est-à-dire guère plus de la moitié, et 1.197 mètres représenteraient l'épaisseur totale du terrain houiller dans le bassin de Liège.

#### SUISSE.

RALLIGSTÖCKE. — La montagne des Ralligstöcke, sur les bords du lac de Thoune, présente une structure très-compiquée, sur laquelle M. Ernest Favre (1) a cherché à jeter quelque lumière. L'auteur a été conduit à mettre en doute l'âge rhétien attribué au grès de Taviglianaz. Il ne voit aucune raison qui empêche de considérer ce grès comme éocène, car il a les mêmes apparences de grès moucheté que les formations supérieures au terrain nummulitique, et, comme elles, il contient des cristaux de laumonite. De même, les schistes de Merligen, considérés par M. Ooster comme appartenant à la craie, paraissent à M. Favre incontestablement

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, décembre 1872.

liés aux grès nummulitiques. Enfin l'auteur est disposé à croire que la cargneule du Bodmi et le gypse du Rothbühl font partie, non pas du trias, mais de la série éocène, comme le gypse d'Yberg (canton de Schwytz), qui se trouve compris entre le terrain nummulitique et le flysch.

#### ALLEMAGNE.

Parmi les cartes géologiques de l'Allemagne parues dans ces dernières années, mentionnons spécialement celles d'une partie de la Prusse et de la Thuringe qui ont été publiées par le Ministère des Travaux Publics à Berlin. Leur échelle est le 25,000<sup>ème</sup>, et la direction du travail a été confiée à MM. Beyrich et Hauchecorne. Un texte explicatif accompagne chacune de ces cartes. En outre, M. G. Berendt a donné une carte géologique de la province de Prusse qui est à l'échelle du 100,000<sup>ème</sup>.

#### AUTRICHE-HONGRIE.

La carte géologique générale de l'empire d'Autriche exécutée par l'Institut géologique (1), sous la direction de M. de Hauser, est aujourd'hui presque terminée. Afin de faciliter l'étude de cette carte et des volumineux travaux qui existent sur la géologie de l'Autriche, M. de Hauser a publié un index par ordre alphabétique, de tous les noms de terrains ou de formations, locaux ou généraux, qui ont été employés dans les diverses publications. La description de la roche ou du terrain, l'explication de son nom, ses équivalents, le lieu où il est le mieux caractérisé, l'auteur qui l'a décrit, sont soigneusement indiqués dans ce dictionnaire géologique. C'est un travail dans le genre de l'*Index der Petrographie und Stratigraphie des Schweiz*, de M. Studer.

— M. Foetterle (2) a fait paraître une notice qui est accompagnée d'une carte représentant la distribution des combustibles minéraux sur le territoire de la Monarchie austro-hongroise.

La houille du terrain houiller proprement dit se rencontre en Bohême, en Moravie, en Silésie, dans les Alpes et en Hongrie.

Le charbon du trias et du lias se trouve dans les Alpes, en Hongrie et dans le Banat.

Le charbon crétacé existe en Moravie, en Hongrie et dans les Alpes.

(1) *Bibliothèque universelle*, Genève, 1872; 184. *Geologische Uebersichtskarte der Oesterreichischen Monarchie*.

(2) *Jahrb. d. K. K. G. R.*, 1870.

Le charbon éocène, parfois à l'état de lignite, mais plus souvent sous forme de houille noire, très-propre à la fabrication du gaz, se trouve surtout dans les Alpes, où il est intercalé dans les couches de Cosina, au-dessous du calcaire à nummulites. On le rencontre également à Carpano, près d'Albona, à Haring, en Tyrol, en Dalmatie et à Gran en Hongrie.

Enfin le charbon néogène forme des bassins étendus en Moravie, en Bohême, en Galicie, dans la Bukovine, les Alpes et la Hongrie.

### ITALIE.

M. Gastaldi (1) a publié une notice sur la constitution géologique du royaume d'Italie. L'auteur étudie chacune des formations qui composent le sol italien et la suit à travers les diverses parties de la Péninsule. Il admet, d'après la faible épaisseur des dépôts détritiques pliocènes, qu'il pleuvait fort peu en Italie à cette époque et que le climat devait ressembler à celui des côtes du Pacifique. Au contraire, la grande abondance des conglomérats à gros blocs dans le miocène moyen fait penser à M. Gastaldi qu'il y a eu en Italie une période glaciaire miocène.

CARNIOLE. — Des observations géologiques ont été faites en Carniole (Alpes Vénitiennes) par M. le professeur Taramelli (2). En remontant de Pinzano à la droite du Tagliamento, l'auteur signale la présence du terrain *crétacé* représenté par le Turonien, reposant à stratification discordante sur les dolomies triasiques et émergeant de schistes éocènes qui concordent au contraire avec le terrain miocène superposé.

La vallée du Tagliamento est formée par l'érosion de la série arenacéo-marneuse du *Keuper*, qui se développe sans interruption sur de grandes distances.

Les Alpes Carniques de l'Anziei, jusqu'à la Sella de Camporosso, sont constituées par des roches *triasiques* et *paléozoïques*. Au-dessous d'elles, on trouve des couches fossilifères, des poudingues quartzeux, des calcaires saccharoïdes qui représentent les terrains dévonien et silurien, et plus bas se montrent les *micaschistes*.

C'est près du contact du calcaire carbonifère que se développe la *formation métallifère* des Alpes Carniques, avec le cinabre de

(1) *Comitato geologico d'Italia*, 1873. — Extrait par M. A. Caillaux.

(2) *Comitato geol. Italiano*. Septembre et octobre 1872. (Extrait par M. Caillaux.)

Valle Visdende et de Paralba, les filons de cuivre gris, de galène et de chalcopryrite du Monte Avenza.

Le terrain permien semble s'arrêter à la vallée Pontebbana ; il est remplacé à l'est par le terrain triasique qui se prolonge dans les Alpes Juliennes. D'un autre côté, à l'ouest de la Carnia et du Cemelico, la dernière époque du terrain paléozoïque semble représentée par la formation porphyrique et métallifère qui se trouve à Agordo et dans la vallée de Gismone.

Enfin, dans la vallée du Gail, on traverse de magnifiques terrasses qui sont les vestiges de l'ancien glacier qui la remplissait autrefois.

BELLUNE. — D'après M. Taramelli (1), dans la vallée de Bellune, le terrain tertiaire débute par un calcaire sans fossiles, dit *scaglia rossa*, qu'on avait jusqu'ici rapporté au crétacé et qui repose sur la formation de la craie, représentée par des calcaires souvent oolithiques avec actéonelles, rudistes et foraminifères.

Au-dessus de la *scaglia rossa* viennent des grès à fucoides, épais de 70 mètres, alternant avec des bancs de *calcaire nummulitique*. Ensuite on observe un sable vert dit glauconie de Bellune, qui renferme beaucoup de fossiles *miocènes* appartenant aux genres *Balanus*, *Pyrula*, *Voluta*, *Conus*, *Echinolampas*, *Clypeaster*, *Scutella*, *Fusus*, etc. Ce sable est couronné par un calcaire compacte avec échinides, orbitolites et dents de squales, que surmontent 70 mètres de grès à fucoides, *Balanus*, dents de *Carcharodon*, *Megalodon* et *Oxyrhina*. Le grès supporte une puissante formation de grès calcaires avec *Turritella*, *Congeria*, *Isocardia*, *Venus*, qui correspond au miocène supérieur.

Cet ensemble est recouvert par une alluvion *pliocène*, et en outre on observe, dans la contrée, des dépôts qui montrent que le glacier de la Piave atteignait les rivages de la mer ; d'ailleurs, à l'époque glaciaire, la mer était moins éloignée qu'aujourd'hui des collines du Trévisan.

ENVIRONS DE ROME. — Le dernier travail de notre ami si regretté Édouard de Verneuil (2), est une carte géologique des environs de Rome, qu'il a faite avec le professeur P. Mantovani et dont la publication le préoccupait au moment même de sa mort. Quoique la campagne romaine comprenne seulement des formations

(1) *Comitato geol. d'Italia*. — Extrait par M. A. Caillaux.

(2) *Carta geologica della Campagna Romana*, 1872.

dont l'âge ne remonte pas au delà du terrain tertiaire moyen, cette carte montre combien sa géologie est intéressante et variée. La marne *miocène*, qui représente la formation la plus ancienne, se voit au Vatican, où elle est recouverte par la marne *pliocène* sub-*apennine* dont la puissance atteint au plus 100 mètres. Au-dessus, vient un sable jaune *pliocène* d'une puissance maximum de 100 mètres. Ensuite on trouve trois sortes de *tufs volcaniques* qui, dans les environs de Rome, occupent la plus grande surface et paraissent avoir été rejetés par des volcans sous-marins. Quant aux *dépôts supérieurs*, ils sont formés de galets, sables et marnes lacustres, qui ont une épaisseur de 20 mètres et s'observent près de la villa Chigi; de travertins en bancs assez compactes qui résultent de dépôts chimiques de carbonate de chaux; enfin il y a encore des alluvions modernes, ayant seulement 5 mètres d'épaisseur; elles sont composées de sable ainsi que d'argile, et s'étendent dans les vallées creusées par le Tibre et par ses affluents.

MONTE TITANO. — M. A. Manzoni (1) a fait une étude du monte Titano (République de Saint-Marin).

La formation du monte Titano est essentiellement calcaire. Elle est constituée à la base par un conglomérat corallien formé de porites, par un calcaire sableux dans les couches moyennes, et par un calcaire marneux détritique au sommet.

Sa faune est caractérisée par le *Porites ramosa*, dont le gisement paraît indiquer l'existence d'un banc corallien ne renfermant que cette seule espèce de corail.

On y trouve aussi, en grande abondance, des échinodermes, des mollusques bivalves du genre *pecten* et des bryozoaires mal conservés qu'il n'a pas été possible de déterminer. On y rencontre également une nummulite de très-petite dimension.

Quant à la distribution de cette faune dans la série verticale des couches du mont Titano, M. Manzoni en cherche l'explication dans les conditions mécaniques, physiques et chimiques qui ont présidé à la formation de ces couches elles-mêmes. Ainsi, il attribue à ces conditions la présence exclusive de grands gastéropodes dans les couches inférieures de la formation, la prédominance des *pecten* dans les couches moyennes, et celle des bryozoaires dans les couches marneuses.

Comme l'observe M. Manzoni, il est nécessaire que les géologues et les paléontologistes portent dorénavant toute leur attention

(1) *Comitato geol. Italiano*, 1873. (Extrait par M. Caillaux.)

sur les conditions dans lesquelles se sont formés les dépôts marins, de manière à établir le synchronisme entre ceux qui sont littoraux et ceux qui sont pélagiques.

En ce qui concerne la Sicile, M. le professeur Théodore Fuchs (1) a fait voir notamment que l'étage Zancéen (2) de M. Seguenza représente un dépôt opéré à de grandes profondeurs et synchronique de l'étage Astien qui doit, au contraire, être considéré comme un dépôt littoral.

Les nombreuses observations dues aux savants anglais et américains sur les variations que la faune marine subit avec les profondeurs et, d'autre part, les études qui ont été faites sur la Lithologie du fond des mers, montrent bien l'importance de cette direction spéciale à donner aux recherches géologiques.

#### GRÈCE.

M. H. Gorceix a exploré plusieurs bassins d'eau douce de la Grèce, qui sont *tertiaires* et contiennent des lignites pouvant fournir quelques ressources en combustibles.

KOUMI. — Le bassin de Koumi est situé à peu près au milieu de la côte orientale de l'île d'Eubée; il est entouré de tous côtés par des schistes et par des calcaires métamorphiques ou sont intercalées de nombreuses et puissantes assises de serpentine.

Des roches trachytiques, analogues à celles de l'île voisine de Skyros, forment deux amas au milieu des formations tertiaires, au sud-est des villages de Kastrovalas.

Les couches tertiaires, relevées de 15° à 20° vers l'Est, sont souvent affectées de plissements et de failles; elles montrent, de haut en bas, la série suivante :

- 1° Calcaires durs, tabulaires, avec restes de poissons.
- 2° Marnes et calcaires marneux avec bancs de sables et de grès.
- 3° Marnes avec nombreuses coquilles d'eau douce (*planorbes*, *cyrènes*).
- 4° Argiles et conglomérats renfermant en certains points une couche de lignite de plusieurs mètres d'épaisseur.

Les marnes et les calcaires marneux sont très-riches en empreintes de feuilles fossiles dont plusieurs collections ont été étudiées par MM. Unger et de Saporta (3).

(1) *Geologische Studien in den tertiären Bildungen Süd-Italiens*.

(2) *Revue de géologie*, VIII, p. 130.

(3) *Annales de l'École normale supérieure*, 2<sup>e</sup> série, n° 7.

**XIRO-KHORI.** — Presque toute l'extrémité nord de l'île d'Eubée est occupée par des formations d'eau douce, contemporaines de celles de Koumi, constituant une grande partie du sol de l'Eptarchie de Xiro-Khori.

Au N.-E. dominant des sables et des grès sans fossiles, profondément ravinés par les eaux; à l'ouest et au sud, des marnes blanches avec lits d'argile et quelques bancs de lignite de très-mauvaise qualité.

Les marnes sont très-fossilifères et surtout riches en planorbes. Des montagnes élevées composées de schistes, de calcaires métamorphiques, de serpentines, avec nombreux gisements de fer chromé, forment une grande île au milieu de ce bassin tertiaire qui, au S.-O., est limité par les monts Galtzadés, où les schistes et les serpentines sont en relation avec une roche schisteuse à mica vert, traversée par des filons de quartz et de pegmatite.

**LIMNI.** — Deux autres petits bassins d'eau douce occupent, d'après M. Gorceix, deux échancrures sur la côte occidentale de l'île d'Eubée.

Celui de Limni, situé autour de la petite ville de ce nom, a une très-petite étendue, mais est remarquable par la bonne conservation des fossiles qu'on y rencontre.

De la chapelle d'Haghios-Élias, située sur une butte au bord de la mer au mont Misso-Pétra, du S.-O. au N.-E., on rencontre les couches suivantes, fortement relevées vers le N. quelques degrés O. :

- 1° Sables et graviers relevés comme les marnes et les calcaires et venant s'appuyer sur les schistes de la base du mont Misso-Pétra, dont la partie supérieure est formée par des calcaires cristallins métamorphiques.
- 2° Schistes rouges, verdâtres, avec calcschistes appartenant à la formation secondaire.
- 3° Calcaire tubulaire avec nombreux fossiles.
- 4° Lit de marnes.
- 5° Banc de calcaire compacte, moins cristallin que le premier.
- 6° Marnes blanches, farineuses, avec quelques débris végétaux.
- 7° Calcaire dur, compacte, légèrement jaunâtre, avec petites concrétions de structure cristalline, renfermant quelques moules de Lymnées; exploité comme pierre à chaux.

**ALIVÉRI.** — Le bassin d'Alivéri est situé à quelques heures au sud-est de la ville de Chalcis; il renferme une couche de lignite et n'est séparé de celui d'Oropos que par l'étroit canal de l'Euripe.

**OROPPOS.** — Dans le bassin d'Oropos, entre le village de Milési et l'ancien monastère d'Haghia-Pighi, M. Gorceix a observé la couche de lignite quiaffleure dans les ravins. Elle est, comme à Koumi, relevée vers l'Est et affectée de nombreuses failles. Elle repose sur une couche d'argile verte avec de petits graviers et quelques dépôts de sable. Le toit est formé de marnes avec empreintes de feuilles et nombreux fossiles d'eau douce; au-dessous viennent des marnes calcaires blanches renfermant des lits de calcaire dur, fournissant des pierres à bâtir et où l'on rencontre, comme à Koumi, des débris de poissons.

**ATALANTE.** — Dans la province de Locride, au nord de la ville d'Atalante, autour des villages de Zéli et de Goléni, M. Gorceix a retrouvé des formations analogues d'eau douce, qui sont soulevées à une altitude de 400 mètres.

Ce bassin, fermé de tous côtés par de hautes montagnes, communique avec la mer par un défilé très-étroit dont les parois sont coupées à pic au milieu des calcaires métamorphiques. Les formations tertiaires débutent par des marnes blanches avec lits de calcaire très-dur et fossilifère. Au-dessous viennent des marnes argileuses grises avec Cypris, qui forment le toit d'une couche de lignite ayant pour mur un banc d'argile grise.

## AFRIQUE.

### ALGÉRIE.

**BENI MZAB, SAHARA ET STEPPES.** — M. Ludovic-Ville, ingénieur en chef des mines de l'Algérie, vient de publier une exploration géologique du Beni Mzab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger (1). Voici un court résumé de cet important travail, dont le but a été la recherche des points où les puits artésiens présentent le plus de chances de succès.

Le Beni Mzab est un plateau de *craie* blanche entouré de tous côtés par un immense plateau de terrain *quaternaire* ou saharien, qui se trouve sur le même niveau que le précédent; il y a cependant une différence d'aspect caractéristique entre le relief extérieur de la formation crétacée et celui de la formation quaternaire.

(1) *Revue de géologie*, X, 179.

La première se compose d'une suite de plateaux et de mamelons en troncs de cône dont les bases supérieures se trouvent sur un même plan, tandis que la deuxième présente un plan continu, sauf les échancrures résultant du cours des rivières ou des dépressions complètement fermées connues sous le nom de Dayats.

M. L. Ville a reconnu plusieurs points dans lesquels les puits artésiens offraient des chances de succès, notamment dans les vallées profondes de l'Oued Mzab, de l'Oued en Nça et de l'Oued Zegrir qui découpent le terrain quaternaire, et en second lieu dans les belles oasis des Mozabites.

Dans la région des steppes qui s'étend de Laghouat jusqu'à Boghar, au pied du versant sud du Tell, les formations les plus développées sont le terrain *quaternaire* et le terrain *crétacé* qui comprend le terrain néocomien, la craie chloritée et la craie blanche. On trouve cependant au N.-O., au pied de Reuchiga, un très-petit affleurement de terrain jurassique; au N.-E., un massif assez étendu de calcaire nummulitique, celui de Birin, et dans le centre de la région des steppes, au débouché de l'Oued Melah, dans la plaine de Zahrez Rharbi, un affleurement restreint de terrain pliocène. Ce dernier est caché sous le terrain quaternaire, dans le bassin du haut Chelif. Il y a été reconnu par les sondages de Chabounia et de Sbiléia. Le premier sondage a été poussé jusqu'à 380 mètres de profondeur, il n'a rencontré que des eaux ascendantes de qualité médiocre, meilleures cependant dans le pliocène que dans le quaternaire. Le sondage de Sbiléia a été poussé jusqu'à 78 mètres; il n'a rencontré également que des eaux ascendantes, mais de meilleure qualité que celles du précédent.

La région des steppes est remarquable en ce qu'elle renferme, vers son milieu, une vaste dépression dont le fond est occupé par deux grands lacs salés appelés Zahrez Rharbi (de l'ouest) et Zahrez Chergui (de l'est). Ces lacs, qui se dessèchent en été, contiennent alors d'immenses quantités de sel dont on ne tire presque aucun parti, faute de moyens de transport. Au sud de Zahrez Rharbi, il y a deux gîtes de *sel gemme*: l'un, Rang el Melah, très-connu de nos troupes qui font des expéditions dans le sud, se trouve sur la route carrossable d'Alger à Laghouat; l'autre, situé à l'ouest du précédent, auprès d'Ain el Hadjera, est moins en saillie au-dessus du sol quaternaire. Ces deux gîtes sont considérés par M. Ville comme le résultat d'éruptions boueuses, gypso-salines, qui se sont produites à travers une double enveloppe de terrain crétacé inférieur et de terrain pliocène.

Il existe en plusieurs points des bords du Zahrez Rharbi des

sources d'eau douce qui, par leur température élevée et à peu près constante (18°,50 à 21°) et leur situation au milieu d'un sol plat, loin de tout accident de terrain, doivent être considérées comme des *sources jaillissantes naturelles*. L'une de ces sources, appelée Mokta Djedean, est d'autant plus remarquable qu'elle jaillit au milieu de la nappe d'eau salée du Zahrez. Les couches quaternaires formant une véritable cuvette dont ce lac occupe le fond, il était à présumer que les puits artésiens donneraient de l'eau jaillissante à proximité des bords du lac et l'expérience a, en effet, confirmé cette prévision de la science.

Quatre sondages ont été exécutés sur les bords du Zahrez Rharbi; celui d'Aïn Malakoff, de 31<sup>m</sup>,20 de profondeur, donnait, en 1866, 7<sup>m</sup>,77 par seconde, à la température de 21°,50.

Celui de l'Oued Kourirech a été poussé jusqu'à 173<sup>m</sup>,25. Il donnait, en 1866, 0<sup>m</sup>,61 par seconde, à la température de 24°,50.

Les deux autres sondages n'ont donné que de l'eau ascendante. L'insurrection de 1864 a forcé d'abandonner les travaux qui n'ont plus été repris depuis lors.

La lisière méridionale du Tell est formée principalement par le terrain tertiaire moyen, qui renferme un grand nombre de *sources d'eau potable*, dont plusieurs sont dues à des nappes aquifères ascendantes. L'inclinaison des couches varie de manière à produire de grandes ondulations, très-favorables, par suite de la composition minéralogique du terrain, à l'existence de nappes souterraines qu'on pourrait amener au jour au moyen de puits artésiens dont la profondeur ne dépasserait probablement pas 500 mètres. M. L. Ville, qui donne de nombreux détails sur les sources naturelles du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger, fait en outre connaître la composition chimique de soixante-dix eaux; plusieurs de ces sources naturelles sont thermales simples, c'est-à-dire qu'elles doivent leur haute température à la profondeur d'où elles proviennent. Les eaux des terrains quaternaires sont en général beaucoup plus chargées de matières salines que celles des autres terrains, et, par suite, elles sont moins convenables pour la boisson; elles contiennent plus de chlorures et notamment plus de sel marin que les eaux quaternaires du Sahara et de la province de Constantine; elles sont donc plus propres que ces dernières à former des salines naturelles. Aussi trouve-t-on dans les steppes de la province d'Alger les grands lacs salés des Zahrez qui renferment des masses de sel marin beaucoup plus considérables qu'aucun des Chotts de la province de Constantine.

L'ouvrage de M. L. Ville est accompagné d'une carte géolo-

gique au 400.000<sup>m</sup> et de trois coupes géologiques qui font connaître le relief ainsi que la constitution géologique du sol entre Negoussa et Alger. On voit sur ces coupes l'indication des principaux bassins artésiens de la province d'Alger.

### ASIE.

MANGISCHLAK. — M. d'Eichwald (1) a signalé la présence du terrain *jurassique* et de la *craie* dans la péninsule Mangischlak, sur la mer Caspienne. Sur la craie blanche repose un sable vert meuble avec nummulites et nombreuses dents de poisson provenant de la craie sous-jacente. Parmi les assises jurassiques on distingue le jura brun, au milieu duquel se rencontre une couche de lignite. L'auteur a recueilli dans ces formations 103 espèces fossiles dont il donne la description.

PERSE. — M. Schindler (2) a donné quelques renseignements sur la géologie des environs de Kazirun en Perse. Au-dessous des dépôts post-tertiaires, on trouve une roche à fossiles marins contenant des *Ostrea*, *Pecten*, etc., qui paraissent appartenir à l'époque *miocène*. Cette roche repose sur une série de dépôts gypsifères superposés à un calcaire compacte dont le plongement atteint 25°.

### INDE.

PUNJAB. — MM. Waagen et Wynne (3) ont décrit les caractères géologiques du mont Sirban, dans le Haut Punjab. A la base de cette montagne sont des schistes sans fossiles, dits schistes d'Attock, que recouvre, en discordance, une série de grès rouges, de schistes et de dolomies avec roches ferrugineuses. Cette série est couronnée par le *trias*, comprenant deux étages de dolomies et de calcaires. L'étage inférieur contient *Megalodon*, *Dicerocardium*, *Chemaitzia*, *Gervillia*; dans l'étage supérieur on trouve *Nerinea*, *Neritopsis*, *Astarte*, *Opis*, *Nucula*.

Au-dessus viennent les schistes noirs de Spiti, avec *Belemnites*, *Inoceramus* et *Corbula*, représentant le terrain *jurassique*, séparé du *trias* par une discordance bien marquée.

(1) *Neues Jahrb.*, 1872, 656.

(2) *Geol. Society*, 26 mars 1873.

(3) *Geol. Mag.*, X, 28.

Le terrain *crétacé* est représenté par un grès dur et calcaire, renfermant des ammonites qui appartiennent aux groupes des *Cristati* et des *Inflati*, avec les genres *Ancyloceras*, *Anisoceras*, *Baculites*, *Belemnites*.

Enfin le sommet de la montagne est occupé par un calcaire gris et noirâtre avec quelques lits de schiste noir, que les auteurs rapportent au terrain *nummulitique*. Les fossiles y sont assez mal conservés, mais il est facile d'y reconnaître des *Nummulina* et autres foraminifères.

### INDO-CHINE.

Le voyage de MM. de Lagrée et Fr. Garnier qui renferme tant de documents intéressants sur la Cochinchine, le Cambodge, le Laos, le Yun-Nan, nous donne aussi des notions sur la géologie de ces pays si peu connus jusqu'à présent; MM. Joubert et E. Sauvage ont même essayé d'en esquisser une carte géologique (1).

Comme l'observe M. Joubert, chargé spécialement de la partie géologique pendant le voyage, les terrains qu'on trouve le long du cours si étendu du Mékong présentent la plus grande analogie avec ceux du bassin du Yang-tse-Kiang, et ces derniers, qui ont été étudiés par M. R. Pumpelly dans son voyage en Chine, peuvent leur servir de repères.

Les *roches granitiques* se montrent sur de vastes surfaces, surtout à l'est et au sud de la presqu'île et vers ses bords. Elles forment en partie les chaînes de montagnes qui traversent l'Empire d'Annam et la Cochinchine. De l'autre côté du golfe Tong-King, elles reparissent dans l'île Haï-Nan. Ces roches granitiques sont quelquefois accompagnées de syénite; elles sont aussi traversées par des veines de pegmatite.

Du gneiss a été signalé par M. Itier dans la baie de Tburane. Des schistes cristallins et métamorphiques ont été observés entre Luang Prabang et Vien Chang.

Par-dessus ces roches cristallines viennent des schistes et des *grauwakes* qui pourraient appartenir au terrain *silurien*?

Ensuite se développe le terrain *dévonien*, qui est représenté par des calcaires, des quartzites, des brèches calcaires. Le calcaire

(1) *Voyage d'exploration en Indo-Chine*, par MM. de Lagrée et Francis Garnier avec le concours de MM. Delaporte, Joubert et Thorel, 1873; II, 115.

dévonien en particulier est répandu dans toute la région parcourue par l'expédition, et spécialement dans le Laos; il est dolomitique ou plus ou moins magnésien, et présente quelquefois des pitons; il est aussi traversé par des grottes et on l'utilise comme marbre. On y voit d'ailleurs une multitude de lamelles spathiques provenant de débris d'encrines, et d'Archiac y a reconnu un Hemithyris. Ce calcaire se continue dans le Yun-Nan et jusque dans le bassin du Yang-tse-Kiang dans la Chine; comme dans ce dernier bassin, il appartient probablement au dévonien supérieur.

Le *trias* est de beaucoup le terrain qui occupe la plus grande surface dans l'Indo-Chine; il se compose de schistes bruns, de calschistes avec minerais de cuivre et charbon; de grès avec psammites, ainsi que de couches de charbon et d'anhracite qui sont exploitées; enfin de poudingues siliceux et feldspathiques. Dans les psammites on rencontre aussi des eaux salées, desquelles on extrait le sel.

Des éruptions de laves ou de *roches volcaniques* s'observent d'ailleurs accidentellement sur quelques points de l'Indo-Chine.

Le terrain de transport et les *alluvions* ont beaucoup de développement dans la partie basse des fleuves qui traversent l'Indo-Chine, surtout le long du Mékong et de la rivière de Saïgon. Les alluvions forment même la plus grande partie du Cambodge et de la Basse-Cochinchine. Vers l'embouchure du Song-Coi, elles forment aussi les plaines du Tong-King. C'est spécialement dans ces alluvions irriguées que les indigènes établissent des rizières, et dans la relation du voyage, on trouvera divers détails que M. le docteur Thorel fournit sur cette culture, aussi bien que sur toute l'agriculture de l'Indo-Chine.

### POLYNÉSIE.

QUEENSLAND. — M. Daintree (1) a donné une carte géologique de la colonie anglaise Queensland, en Australie, dont l'existence est encore si récente. MM. Etheridge et Carruthers y ont joint la description des fossiles animaux et végétaux qui ont été recueillis.

Sur les 1.500.000 kilomètres carrés que comprend cette colonie, 150.000 présentent des mines d'or d'une grande valeur; il y a encore de riches dépôts d'étain ainsi que des filons de cuivre et de plomb. Enfin 62.000 kilomètres carrés pourraient fournir

(1) *Quarterly J. Geol. Society*, XXVIII, 271.

des quantités illimitées de fer et de charbon; pour le charbon, 36.000 kilomètres carrés appartiennent du reste au terrain carbonifère et 26.000 au terrain charbonneux mésozoïque de l'Australie.

NOUVELLE-ZÉLANDE. — M. F. W. Hutton (1) a fait connaître les formations *tertiaires* et *secondaires* de la Nouvelle-Zélande. On y peut distinguer les étages suivants :

1. Pliocène récent ou groupe de Whanganui.
2. Pliocène ancien ou groupe des lignites.
3. Miocène supérieur ou groupe d'Arvaterc.
4. Miocène inférieur ou groupe de Kanieri.
5. Oligocène supérieur ou groupe de la baie Hawke.
6. Oligocène inférieur ou groupe de Waitewata.
7. Éocène supérieur ou groupe d'Ototara.
8. Éocène inférieur ou groupe des lignites.

Le terrain tertiaire, dans son ensemble, a fourni 575 espèces de mollusques, 12 brachiopodes et 18 échinodermes.

Sous le nom de formation de Waitpara, l'auteur décrit des couches de l'âge de la craie danienne, contenant des *Belemnitella*.

L'*action volcanique* a commencé dans l'île du Nord avec l'oligocène inférieur. Dans l'île du Sud elle remonte au crétacé supérieur et elle s'est terminée avec le miocène.

Il résulte de l'étude des fossiles de la Nouvelle-Zélande que le nombre des espèces encore vivantes est beaucoup plus considérable dans le tertiaire de cette région qu'en Europe.

### AMÉRIQUE.

#### ÉTATS-UNIS.

ALASKA. — D'après M. Eichwald (1), les îles Aléoutiennes et la presqu'île d'Alaska présentent un assez grand développement des assises *tertiaires* moyennes et de celles du *crétacé*, plus ou moins bouleversées par une série de volcans dont quelques-uns atteignent 4.000 mètres de hauteur. Les roches éruptives sont le basalte, les amygdaloïdes, le trachyte, l'andésite, la diorite, la syénite, le

(1) *Geol. Society*, 26 mars 1873.

(2) *Neues Jahrb.* 1872, 657.

porphyre, le granite. La formation miocène est indiquée par les plantes fossiles. Les restes d'animaux appartiennent à la craie turonienne, le gault et le néocomien. Enfin il y a aussi des calcaires se rapportant à l'étage carbonifère.

WYOMING. — M. Leidy (1) continue ses découvertes de vertébrés dans le terrain *tertiaire* de l'État de Wyoming.

Les couches paraissent horizontales; ce sont des argiles plus ou moins sableuses, des grès friables et des marnes d'eau douce. On y trouve de nombreux débris de tortues et des mammifères, parmi lesquels *Palæosyops paludosus*, *P. major*, *P. humilis*, *Hyrachius agrarius*, *H. eximius*, *Uintatherium robustum*. Ce dernier était un animal tapiroïde plus grand que le rhinocéros actuel. On a découvert également un carnivore formidable, l'*Uintamastix atrox*, dont la dent canine dépassait en longueur celle du *Machairodus*.

Les mêmes couches ont fourni à M. Marsh (2) des débris d'oiseaux fossiles appartenant au genre *Aletornis*.

D'autres oiseaux, des genres *Uintornis*, *Catarractes*, *Meleagris*, *Grus*, ont été observés dans les dépôts post-pliocènes du Wyoming, du Maine et du New-Jersey.

M. Marsh (3) a décrit les reptiles remarquables du terrain éocène de la Rivière Verte, dans les Montagnes Rocheuses: ce sont des *Thinosaurus*, *Glyptosaurus*, *Oreosaurus*, *Iguanavus*, *Limnosaurus*.

#### ANTILLES.

M. Cleve (4) a exploré les îles des Indes Occidentales.

Le terrain *crétacé* de la Jamaïque paraît devoir être rangé sur l'horizon des calcaires à hippurites. En général, dans les îles des Indes Occidentales, le terrain crétacé, fortement disloqué, est recouvert par des couches presque horizontales de l'étage miocène. Avant cette période, les couches crétacées formaient une chaîne dirigée de l'est à l'ouest, parallèlement à la côte nord de l'Amérique du Sud.

Des couches fossilifères *éocènes* se rencontrent à la Jamaïque, à la Trinité, à Saint-Barthélemy; elles paraissent correspondre au calcaire grossier parisien.

Quant au terrain *miocène* des Antilles, il en a été souvent question dans cette Revue (5).

(1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 239. (4) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 234.  
(2) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 256. (5) *Revue de géologie*, IV, 259 et VIII,  
(3) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 298. 127.

#### BRÉSIL.

L'illustre professeur Louis Agassiz (1) a entrepris, comme l'on sait, un voyage d'exploration au Brésil, et M. Ch. Fréd. Hartt, l'un de ses élèves et de ses compagnons, s'est chargé de faire connaître la géologie ainsi que la géographie physique de ce vaste empire.

Il distingue d'abord le terrain de *gneiss* sous le nom d'*éozoïque*, nom qui est d'ailleurs bien mal choisi, car la plupart des géologues n'admettent pas l'existence de l'éozoon. Quoi qu'il en soit, M. Hartt établit deux groupes dans le terrain de gneiss, ainsi que M. Pissis l'avait déjà proposé. Le groupe inférieur se compose: 1<sup>o</sup> de gneiss porphyrique; 2<sup>o</sup> de gneiss à grain fin, très-riche en mica et contenant beaucoup de grenats; 3<sup>o</sup> de gneiss à grain fin, pauvre en mica et sans grenats; quelques lits de quartzite y sont intercalés. Le groupe supérieur présente encore un gneiss, accompagné de lits nombreux et puissants de quartzite; il est traversé par une grande quantité de filons.

D'après MM. Élie de Beaumont et A. d'Orbigny, le gneiss de la Serra do Mar appartient aux roches stratifiées les plus anciennes du globe, et son soulèvement a précédé les systèmes de montagnes décrits jusqu'à présent en Europe; en tout cas, c'est certainement la roche la plus ancienne du plateau brésilien. Son axe de soulèvement est d'ailleurs celui des montagnes Laurentides dans l'Amérique du Nord. Les montagnes du Venezuela et de la Guyane présentent aussi le même gneiss qui, de plus, est soulevé suivant la même direction.

Contrairement à l'opinion admise jusqu'à présent, M. Hartt pense que, dans la région aurifère de Minas Geraes, il convient de regarder comme *silurien* le schiste argileux et talqueux, l'*itacolomite*, l'*itabirite* ainsi que les autres roches métamorphiques qui leur sont associées.

Du reste, les roches métamorphiques de Minas Geraes et de Bahia pourraient appartenir en partie au terrain *dévonien*; peut-être en est-il de même pour les schistes, conglomérats et grès avec plantes fossiles qui ont été trouvés sur le Rio Pardo.

Il existe certainement, au sud du Tropique, des bassins houillers

(1) *Scientific results of a Journey in Brazil by Louis Agassiz and his travelling companions*, 1870.

qui contiennent un grand nombre de plantes de l'époque carbonifère, mais on n'en connaît pas sur la côte au nord de Rio. Les couches de bouille sont bitumineuses et, au point de vue de leur exploitation, il importe d'observer qu'elles sont très-peu disloquées.

M. Hartt rapporte au *trias* une série puissante de grès rouges qui ont le même caractère minéralogique que ceux du Connecticut et de New-Jersey; ils occupent une large surface dans la province de Sergipe.

Jusqu'à présent le terrain *jurassique* n'a pas été rencontré sur la côte du Brésil, et M. Hartt pense que pendant le dépôt de ce terrain, la côte du Brésil était émergée, de même que celle du N.-E. de l'Amérique.

Le terrain *crétacé* s'observe à Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba do Norte, Ceará et Piahy; mais on ne le connaît pas sur la côte au sud des Abrolhos. Il est très-probable que le crétacé s'étend au-dessous des dépôts tertiaires dans toute la vallée de l'Amazonie.

M. Hartt distingue quatre étages :

- 1° Celui de Bahia, ayant un aspect wealdien, mais contenant cependant des poissons téléostéens et des fossiles qui doivent le faire rapporter au néocomien;

- 2° Celui de Sergipe avec ammonites et céranites (crétacé moyen?);

- 3° Celui de Cotinguba avec inocérames et ammonites (sénonien?);

- 4° Celui de l'Amazonie avec mosasaure (maestrichtien?).

A l'époque crétacée, la partie nord de l'Amérique méridionale était moins élevée qu'actuellement, tandis que c'était l'inverse pour sa partie sud.

Le terrain *tertiaire* est représenté par les argiles et les sables ferrugineux sans fossiles, qui forment les plaines de la côte; ces dépôts n'ont pas été disloqués et ils recouvrent le crétacé sur lequel ils sont en stratification discordante.

M. Hartt rapporte également au tertiaire les dépôts horizontaux des vallées Jequitinhonha et São Francisco; ceux du plateau de São Paulo et de la haute vallée de Paraíba do Sul, ainsi que les argiles et sables des plaines élevées du nord. Ces dépôts se sont produits, sans doute, lorsque le continent était à 1.000 mètres au-dessous de son niveau actuel; quant à leurs matériaux, ils ont visiblement été fournis par la destruction de roches gneissiques décomposées, et M. Hartt pense qu'ils ont été déposés rapidement dans une mer boueuse qui n'était pas favorable au développement de la vie.

M. Hartt (1) a aussi donné des détails sur la découverte, faite par M. Orton (2), de fossiles tertiaires sur les bords du fleuve des Amazones. Ces fossiles, d'après les observations de M. Steere, se trouvent à Pebas, non pas dans les argiles rouges et bigarrées si développées dans le bassin du grand fleuve, mais dans des argiles bleuâtres avec lignites, nettement inférieures aux premières. L'ensemble de la faune indique un estuaire. MM. Gabb et Conrad y distinguent les genres suivants : *Isæa*, *Liris*, *Ebora*, *Nisis*, *Neritina*, *Bulimus*, *Turbonilla*, *Anodon*, *Anisothyris* (*Pachydon*).

Tout en établissant clairement l'existence d'un bassin tertiaire assez étendu dans la région des Amazones, ces fossiles ne peuvent, comme on voit, rien prouver relativement à l'âge des argiles bariolées signalées d'abord par Louis Agassiz, qui les considérait comme une formation glaciaire.

Dans l'Amérique du Sud, depuis la Terre de Feu jusqu'au 41° S., M. Darwin a signalé l'existence d'un *drift* d'origine glaciaire, et L. Agassiz a le premier annoncé son existence jusque dans les environs de Rio; ces idées sont complètement partagées par M. Hartt. En effet, il existe un dépôt mince, mais d'une immense étendue, qui s'observe sur toute la côte, couvre les plaines tertiaires ainsi que les plateaux et même les montagnes, depuis leur base jusqu'à leur sommet. Entièrement dépourvu de débris d'êtres organisés, il est composé d'argiles, de graviers et de blocs qui ont été déposés sans ordre, ce qui, même en l'absence de stries, paraît à M. Hartt ne pouvoir s'expliquer que par une origine glaciaire.

Du reste, M. Hartt déclare qu'après avoir examiné successivement les autres hypothèses par lesquelles on a cherché à expliquer la formation d'un pareil dépôt, elles sont insuffisantes pour rendre compte des faits observés; ces hypothèses sont au nombre de trois :

- 1° La décomposition des roches sur place par l'action de l'atmosphère;

- 2° L'action des vagues s'exerçant sur la surface de la région pendant un enfoncement lent de la côte;

- 3° L'action des vagues s'exerçant au contraire sur la surface pendant un relèvement lent de la région.

Le terrain *post-tertiaire* est représenté au Brésil par les dépôts de cavernes qui, à Minas Geraes, contiennent des restes de mastodontes et de mégathériums, ainsi que par les dépôts lacustres des bords du Rio de São Francisco.

(1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, IV, 53.

(2) *Revue de géologie*, IX, 148.

Enfin on doit rapporter à l'époque actuelle les sables avec coquilles vivantes qui ont été émergés par suite des soulèvements récents de la côte, les récifs formés par des coraux ou bien par des roches, comme à Pernambuco; les dépôts tourbeux, les alluvions des rivières et des lacs.

— Mentionnons encore les travaux de M. Em. Li ais sur le Brésil, ainsi qu'un ouvrage publié, à l'occasion de l'Exposition universelle de Vienne, par M. da Silva; on y trouvera des documents très-complets sur l'orographie, sur l'hydrographie, sur la météorologie, sur la géologie et sur les richesses minérales de l'Empire du Brésil.

### GÉOLOGIE AGRONOMIQUE.

La constitution minéralogique et géologique du sol exerce, après le climat, la plus grande influence sur le développement des végétaux et par suite sur l'agriculture: aussi convient-il de résumer ici, dans un appendice spécial, les recherches qui sont relatives à la géologie agronomique.

**SALAMANQUE.** — Les régions agricoles de la province de Salamanque sont en rapport intime avec les formations géologiques. D'après M. A. Maestre, les dépôts tertiaires et diluviens donnent de bons résultats, en plaine, pour la culture des céréales et, en montagne, pour les chênes verts, les châtaignes et les pins. Les formations cristallines sont favorables à la culture du châtaignier, de la vigne et de l'olivier. Quant aux schistes siluriens, ils sont, en général, rebelles à la culture.

**ABYSSINIE.** — C'est particulièrement dans les pays peu arrosés et peu cultivés qu'il devient facile d'apprécier l'influence du sol sur la végétation. A ce titre, les renseignements que M. Blanford (1) a publiés sur l'Abyssinie offrent un véritable intérêt. Ainsi, sur les grès et sur les calcaires du Tigré, M. Blanford a constaté que la végétation est pauvre et clair-semée: sur les roches métamorphiques, telles que le gneiss, elle se montre plus active; mais c'est seulement sur les trapps et sur les basaltes, qui se décomposent d'ailleurs plus rapidement, que la végétation est véritablement riche.

(1) *Observations on the geology of Abyssinia.* — *Revue de géologie*, X, 180.

Il importe d'observer, qu'en Abyssinie, partout où les roches basaltiques dominant, le sol se montre très-fertile. Ordinairement il est argileux, de couleur noire ou foncée; il se fendille par l'action de la chaleur et ressemble complètement au *régur* ou terre à coton de l'Inde. De même que ce dernier, il est surtout propre à la culture des prairies et des céréales; toutefois il convient moins à celle des forêts.

Le sol noir de l'Abyssinie paraît provenir seulement de la décomposition des basaltes ou des dolérites; tandis que la décomposition des trachytes donne un sol de couleur claire.

L'abondance des basaltes et des trapps sur les plateaux de l'Abyssinie centrale et méridionale est certainement la cause de la grande fertilité de ce pays; par suite elle explique pourquoi, depuis un temps immémorial, quelques nations africaines sont venues l'habiter et ont pu s'élever au-dessus de l'état sauvage.

**QUEENSLAND.** — Dans son étude du Queensland, M. Daintree (1) a également recherché l'influence que la constitution géologique du sol exerce sur l'agriculture. Au point de vue économique, un quart environ de cette colonie serait sans valeur, le reste donnant au contraire de bons pâturages.

Le désert correspond au grès qui est néozoïque et visiblement postérieur au terrain crétacé; ce grès est même le dépôt le plus récent de l'Australie qu'il recouvre en partie de ses couches horizontales ou peu inclinées; partout il y engendre le désert, non seulement dans le Queensland, mais encore dans Victoria, dans le New South Wales, ainsi que dans l'Australie méridionale.

Des bois avec des pâturages médiocres s'observent sur les terrains mésozoïque et paléozoïque.

De bons pâturages s'étendent sur le granite, les roches métamorphiques, le silurien, le dévonien et surtout sur le jurassique et sur le crétacé.

Enfin des pâturages de choix et aussi les terres les meilleures se trouvent sur les alluvions et sur les roches volcaniques ou trap-péennes; leur proportion s'élève à près de 9/10 de la surface totale de la colonie.

(1) *Geol. Society*, XXVIII, 316.

## CINQUIÈME PARTIE.

## GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

## STRATIGRAPHIE SYSTÉMATIQUE.

## SYSTÈMES DE MONTAGNES, FAILLES ET ALIGNEMENTS.

## Étude de l'orographie des terrains et de leurs déformations.

Les terrains ne sont plus tels qu'ils s'étaient déposés à leur origine, au contraire ils ont éprouvé des métamorphoses et surtout des déformations très-complexes.

D'abord, ils ont été comprimés fortement et aussi d'une manière très-irrégulière par les terrains qui les ont recouverts. En outre de fortes ablations y ont été produites par l'atmosphère ou bien par les eaux courantes. Quand ils sont formés d'argiles, de marne, de calcaire, de sable ou de roches friables, ils ont fréquemment été détruits sur des épaisseurs considérables, comme l'attestent leurs lambeaux, qui maintenant peuvent se trouver complètement isolés.

De plus, ces terrains ont été ondulés et gauchés par des oscillations lentes.

Enfin, ils ont été dérangés par des tremblements de terre, recouverts par des failles, ou bien encore entièrement bouleversés par des dislocations brusques, comme celles qui ont donné naissance aux systèmes de montagnes.

Toutes choses égales, plus un terrain est ancien, plus il a éprouvé de dégradations par les eaux et par l'atmosphère, plus ses déformations sont nombreuses et complexes. Mais, quels qu'aient été le nombre et l'importance de ces déformations, elles ont eu pour résultante son *état actuel*; en sorte que, pour les apprécier, il faut d'abord représenter l'orographie du terrain considéré, après quoi l'on cherchera, comme l'a fait le premier M. Elie de Beaumont, à restaurer, autant que possible, son *état primitif*.

Voici, d'après M. Delessé (1), de quelle manière on pourra pro-

(1) *Lithologie du fond des mers* et rapport de M. Daudrée, séance du 24 juin 1872. — *Comptes rendus*, LXXIV, p. 1225.

céder: on étudiera de préférence les terrains dont le synchronisme est le mieux établi sur toute l'étendue de la région à étudier. Comme les limites de la mer ont changé très-notablement pendant la durée si longue qui est nécessaire au dépôt d'un terrain, il conviendra même de s'attacher spécialement à l'un de ses étages; on choisira d'ailleurs celui qui présente la plus grande constance dans ses caractères minéralogiques ou paléontologiques et qui, par cela même, est le plus facile à repérer sur une vaste étendue. On peut ainsi restaurer la mer dans laquelle le terrain qu'on considère s'est déposé et, quelquefois même, indiquer ses anciens rivages qui, autrefois, étaient nécessairement horizontaux.

Le problème se complique, il est vrai, d'assez grandes difficultés; car un terrain ne recouvre pas uniformément le fond de la mer, lors même qu'il n'a subi aucune dénudation: il s'accumule surtout dans les dépressions, tandis qu'il est très-mince ou manque même complètement sur les parties du fond qui sont très-inclinées. Près du rivage, il est souvent interrompu par des roches saillantes; en outre il a été dégradé plus fortement par les eaux de la mer et de l'atmosphère.

Pour représenter avec netteté l'orographie du terrain considéré, M. Delessé a eu recours au système des courbes horizontales. Dans toutes les parties où ce terrain se trouve recouvert par une certaine épaisseur de terrains plus récents, ses courbes sont, assurément, très-difficiles à tracer; cependant, quand la géologie d'un pays a été suffisamment étudiée, on peut parvenir à les esquisser. La courbe ayant la cote zéro est particulièrement intéressante; elle figure, en effet, l'intersection du niveau de la mer avec la surface du terrain, en sorte qu'elle limite les parties qui seraient actuellement émergées. Quoique le niveau de la mer ne soit pas resté constant pendant toutes les époques géologiques, les courbes horizontales dont les cotes sont positives montrent bien les points qui se trouvent maintenant à une même hauteur au-dessus de la mer; elles ont bien voir dans quelles parties le terrain a subi des soulèvements, et elles en accusent même les directions; par conséquent elles rendent ses déformations bien sensibles. Du reste ces déformations sont la somme de toutes celles, grandes ou petites, qui se sont produites depuis que le terrain a été déposé.

La méthode qui vient d'être indiquée a été appliquée par M. Delessé à l'étude de quelques terrains constituant le sol de la France, particulièrement du *silurien*, du *trias*, du *lias*, de l'*éocène* et du *pliocène*.

A l'aide des cartes jointes au travail de l'auteur, on voit bien que, lorsqu'un même bassin a reçu des terrains superposés, les élévations et les dépressions qu'il offrait à l'origine se sont conservées, mais qu'elles vont en s'atténuant dans les terrains plus récents.

On voit aussi d'une manière très-nette que des fonds de mer ont souvent été soulevés à quelques kilomètres au-dessus du niveau actuel de l'Océan; en sorte qu'il est impossible d'admettre la théorie d'après laquelle les montagnes proviendraient seulement d'élévations lentes, analogues à celles qui ont lieu sur nos rivages.

Enfin on constate encore que les terrains relevés sur les flancs des montagnes présentent généralement une forte pente qui est alors bien accusée par le rapprochement des courbes horizontales; cette pente exceptionnelle disparaît toutefois à une petite distance des montagnes, et il faut sans doute attribuer ce résultat à ce que les roches sédimentaires restent toujours plus ou moins molles dans l'intérieur de la terre.

#### Faïlle de Blaru.

M. Douvillé (1) a décrit une faille brisée qui accide les plateaux situés à l'ouest de Vernon et qui paraît en relation intime avec l'apparition des sables granitiques et des argiles à silex (2). Cette faille se divise en trois sections: l'une de Vernon à Blaru, dirigée 150°; la seconde de Blaru à Saint-Illiers; la troisième de Saint-Illiers à la mare de la Forge. Il y a surélévation des couches sur le côté nord-est de la faille, et cette dénivellation, qui affecte tous les terrains tertiaires, doit s'être produite postérieurement au dépôt du calcaire de la Beauce. Les sables granitiques, avec les caractères propres aux filons d'injection, se rencontrent presque toujours aux points où la dénivellation peut être observée.

#### Faïlle de la Seine.

M. Hébert (3) a étudié la grande faille qui jalonne le cours moyen de la Seine entre Rouen et Vernon. Cette faille se reconnaît à Bapaume, à Fouest de Rouen, puis elle passe sous l'église de Saint-Sever, où M. Harlé l'a depuis longtemps signalée, déterminant un rejet de 153 mètres d'amplitude. On la retrouve, ensuite, à Val-Saint-Denis, à Alizay, à Connelles, à Muids, à Thosny et à La Roque,

(1) Bull. Soc. géol. [2], XXXIX, 472.

(2) Revue de géologie, X, 234.

(3) Bull. Soc. géol. [2], XXIX, 453.

où elle est extrêmement nette. La même faille se soupçonne à Vernon et se retrouve à Blaru.

En somme, la faille se compose de deux parties rectilignes se coupant à Thosny sous un angle de 30 à 22 degrés.

#### Reliefs du Jura d'olois.

M. Jourdy (1) a cherché à analyser les reliefs du sol dans le Jura d'olois. L'ilot gneissique de la Serre constitue la charpente et l'arête orographique de cette région; sa direction et ses mouvements ont eu une grande influence dans la formation des reliefs de toute la contrée voisine.

M. Jourdy remarque que les chaînons qui constituent le système du mont Roland ont au sommet une courbure très-faible et sont séparés de leurs flanquements par des failles longitudinales. De plus, ces failles sont d'autant mieux marquées que les chaînons sont plus voisins du massif de la Serre. Les cirques qu'on observe sur les crêtes sont le résultat de la rencontre de ces failles longitudinales, dirigées N. 55° E., avec d'autres failles transversales.

Entre Rochefort et Orchamps, on observe un autre genre de structure; c'est une voûte surbaissée dont la clef s'est rompue et est tombée dans l'intérieur, laissant subsister à droite et à gauche, comme deux bourrelets, les reliefs de la voûte primitive. Cette structure, que M. Jourdy appelle structure en *écartèlement*, est opposée à la structure, en éventail, qui domine, dans les Alpes et qui peut être considérée comme le maximum des effets de refoulement.

Dans un autre district, celui de Saligny, on observe des failles convergentes qui indiquent une structure en étoilement. Enfin, à l'ouest de la Serre on remarque plutôt des collines isolées ou pitons constituées par le bathonien, aux pieds duquel les roches argoviennes apparaissent relevées.

L'observation prouve, selon M. Jourdy, que l'orientation des failles produites, lors d'une même révolution géologique, est variable suivant leur distance au massif cristallin de la Serre; en offre, par conséquent, l'orientation des failles est sensiblement constante, pour une région déterminée du Jura d'olois, dans les diverses révolutions géologiques. D'autres termes, les reliefs du Jura, produits par des soulèvements d'âges divers, sous l'influence de forces originaires du sud-est, ont dû se mouler contre les reliefs des roches anciennes formant l'angle dessiné par le Forez, le Charolais, le

(1) Bull. Soc. géol. [2], XXIX, 336.

Morvan et les Vosges, et les directions qui tendaient à se produire dans les chaînons ont été déviées parallèlement aux lignes de fracture et de soulèvement déjà existantes.

M. Jourdy a encore constaté que, dans tout le Jura français, la courbure des reliefs augmente avec l'altitude des chaînons.

#### Petites Pyrénées.

M. Leymerie (1) a insisté sur une particularité de la structure des Pyrénées, qui consiste dans l'existence d'une petite chaîne parallèle à la grande, sensiblement moins élevée, et séparée de la première par une faille produisant une sorte de fossé assez sensible. Cette chaîne extérieure, à laquelle l'auteur donne le nom de Petites Pyrénées, commence à se montrer nettement à l'est de la Garonne et se poursuit jusque dans les Corbières. Elle est composée de deux soulèvements anticlinaux en boutonnière, celui d'Aussais et celui de La Planet, reliés par une série monoclinale. C'est exclusivement dans les petites Pyrénées qu'il faut aller chercher les terrains les plus récents, crétacé supérieur et jurassique, tandis qu'à l'exception d'un accident à Foix, le terrain jurassique et le crétacé inférieur ne s'y montrent jamais. Quant à la formation de cette seconde chaîne, M. Leymerie ne la sépare pas de celle de la chaîne principale.

Cependant M. Garrigou (2) n'admet pas la localisation des terrains supérieurs dans la région des petites Pyrénées. Il cite également plusieurs exemples de terrains anciens alléguant dans le district. Enfin, il admet que, postérieurement à la formation de la grande chaîne, les Pyrénées ont subi plusieurs dislocations qui se sont traduites par des failles et des éruptions de sources thermales.

#### Structure en genou dans le Jura suisse.

M. Desor propose d'adopter le nom de *genou* (knie) pour désigner une structure particulière des couches recouvertes en voûtes, dans laquelle les assises ne sont pas anticlinales, mais plourent du même côté. Ordinairement il y a un escarpement sur le versant où les couches sont renversées. Du côté extérieur des genoux il y a souvent des glissements qui se sont produits sur des couches de marès, et dans ce cas on peut croire à l'existence de failles.

M. Desor montre que la structure en genou explique les profils du Jura badois mieux qu'on n'a pu le faire jusqu'à présent; on avait admis dans de grands massifs de calcaire conchylien des failles et

des bouleversements la ou l'étude détaillée des couches montre qu'il y a plutôt courbement en genou.

M. Jaccard fait observer que pour le val de Travers il avait déjà renoncé à l'expression de faille, qu'il reconnaissait mal appropriée de ce genre d'accident, et propose, pour la ligne de rupture des couches, l'expression de *zone de froissement* (3).

#### Axe anticlinal de l'Italie.

Les études que M. Suess (4) a faites en Italie l'ont conduit à admettre que la chaîne actuelle des Apennins ne doit pas être considérée comme l'axe anticlinal de la contrée. M. Suess a été frappé de cette circonstance que l'Apennin proprement dit ne possède pas de roches comparables aux schistes anciens des Alpes méridionales et est surtout constitué par des roches arénacées. Cependant les formations pléocènes ne manquent pas dans la péninsule italienne; mais il faut les aller chercher en dehors de l'Apennin, par exemple dans les Alpes Apuennes, dans la chaîne métallifère, dans les îles de la côte occidentale, dans la Calabre et le nord-est de la Sicile. Les Calabres ont une constitution alpine: le massif de la Sila et celui de Monte-Cocuzzo, joints aux formations anciennes des environs de Messine, semblent former l'extrémité d'une chaîne centrale alpine se poursuivant par l'île d'Elbe jusqu'à la Spezzia, en sorte que le véritable axe anticlinal de l'Italie serait au-dessous de la mer tyrrhénienne. L'Apennin, d'une part, le massif de la Sicile, d'autre part, ne seraient que des chaînes latérales. Cet axe anticlinal sous-marin serait en relation avec la fracture qui a déterminé le rivage de l'Italie depuis la Calabre jusqu'à Gênes, et sur laquelle paraissent s'être concentrés, à l'exception de l'Etna et du Vultur, tous les phénomènes volcaniques de la péninsule, et il se pourrait que le massif tyrrhénien ne fût autre chose que de prolongement des Alpes occidentales.

#### Origine des Klippen des Carpathes.

On sait que les formations jurassiques dans les Carpathes se présentent surtout sous la forme de calcaires durs, découpés en rochers qu'on a appelés *Klippen*. La structure et la distribution de ces masses rocheuses ont fait l'objet des études de M. Stache (5). L'auteur a reconnu que la région des Klippen est entourée d'une

(1) *Comptes Rendus*, LXXIV, 760.

(2) *Comptes Rendus*, LXXIV, 1513.

(3) *Comptes Rendus*, LXXIV, 1513.

(1) Ernest Favre. *Bibliothèque universelle*, Genève, 1872; 24.

(2) Comitato geologico d'Italia. — Extrait d'une communication de M. A. Gailly.

(3) *Jahrb. d. K. K. G. R.*, 1871; 379.

(4) *Comptes Rendus*, LXXIV, 1513.

(5) *Comptes Rendus*, LXXIV, 1513.

ceinture de dépôts crétacés qui s'est formée alors que les calcaires jurassiques étaient déjà dérangés de leur position primitive. La direction principale et le développement maximum des Klippen concordent avec une ligne de fractures affectant le gneiss ancien du massif des Carpathes et entourant en demi-cercle le soulèvement du Tatra. Cette direction a également dominé, au début de la période tertiaire, dans la formation des crevasses qui ont servi de passage aux éruptions trachytiques. Ces dernières sont encore venues compliquer la structure des klippen, en sorte que, suivant un mot de M. Neumayr, on peut considérer ces rochers comme les ruines d'une voûte crevassée en mille points, dont les débris auraient été poussés en stratification discordante à travers les dépôts plus récents qui recouvrent cette voûte.

#### Origine des fjords de Norvège.

M. Kjerulf (1) a démontré, contrairement à une opinion souvent professée, que les nombreux fjords et les vallées de la Norvège ne sont pas de simples produits d'érosion. Ce sont des fissures qui se sont ouvertes parallèlement les unes aux autres lors du soulèvement de la contrée, et qui pénètrent bien au-dessous du niveau de la mer. La direction des eaux une fois déterminée par l'ouverture de ces rentes, les cours d'eau ont continué l'œuvre en façonnant leurs rives. Une carte jointe au travail de M. Kjerulf fait ressortir la concordance des systèmes de fissures avec le réseau des fjords et des vallées.

M. J. M. Wilson (2) a signalé la relation qui existe partout, en Norvège, entre la direction des fjords et celle du plongement des roches qui forment leurs parois. Tous les changements de direction des vallées coïncident avec des changements dans l'orientation des plans de division des couches. Les roches moutonnées se rencontrent partout où le plongement est dirigé en sens inverse de la pente de la vallée et où, par conséquent, la glace devait tendre à monter sur le plat des couches, au lieu de pousser les blocs devant elle comme elle l'aurait fait si leur surface avait été inclinée en sens inverse. Enfin les bassins remplis par des lacs devaient leur origine à une disposition particulière des plans de division en séries concentriques.

#### Origine du Grand Bassin de Nevada et de l'Utah.

Dans l'important travail publié par la commission d'exploration

du 46° parallèle, M. Clarence King (1) a résumé les caractères généraux de la structure du Grand-Bassin, qui comprend les territoires de Nevada et d'Utah. Dans ce bassin, toutes les formations géologiques se sont déposées en concordance, depuis l'époque paléozoïque jusqu'au lias. A cette époque, comme l'a démontré M. Whitney, une grande dislocation a fait naître, à droite et à gauche du bassin, deux chaînes parallèles, la Sierra Nevada à l'ouest, les monts Wahsatch à l'est. Ces chaînes ont été accompagnées de plusieurs plissements parallèles dirigés comme elles au nord-nord-ouest, et le granite a apparu le plus souvent dans l'axe des plis. A ce soulèvement correspondent l'ouverture et le remplissage d'une première série de filons métalliques, disposés en groupes parallèles aux chaînes, et parmi lesquels il faut compter les filons aurifères des mines Humboldt et de la rivière Reese. A partir du lias, le Grand-Bassin est resté émergé. La Sierra-Nevada d'un côté, les monts Wahsatch de l'autre, formaient les limites du continent, et à leurs pieds se déposaient les couches crétacées et tertiaires. A l'époque tertiaire une nouvelle dislocation eut lieu, donnant naissance à la chaîne côtière de la Californie, et déterminant un nouveau système de fissures et de filons, avec éruptions volcaniques. Il n'est pas toujours aisé de définir l'âge des remplissages, car les fractures ont également affecté l'axe centrale du Grand-Bassin et sont parallèles à celles de la première série. Toutefois, il est certain que beaucoup de filons du Mexique et du Colorado, notamment le célèbre filon de Comstock, appartiennent à la série tertiaire et sont inimement liés aux éruptions volcaniques.

#### Cañons du Colorado.

D'après M. Powell (2), la région située au nord du Grand-canyon du Colorado est parcourue par de nombreux systèmes de failles dont il est facile d'apercevoir l'étroite relation avec les accidents topographiques de la contrée. Ces accidents consistent dans des falaises verticales, souvent très-étendues, et dans des gorges étroites et profondes, aux parois verticales, connues sous le nom de cañons. Les falaises, comme les cañons, suivent exactement les failles, dont le réseau compliqué a également servi de passage à des courants de lave et de basalte.

(1) *United States geological Exploration of the 40<sup>th</sup> parallel*, Washington, 1870; III, 1.

(2) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, V, 456.

(1) *Neues Jahrb.*, 1872; 542.

(2) *Geol. Mag.*, IX, 481.

En étudiant de près les failles, on reconnaît qu'elles peuvent se ramifier et aussi se transformer, ou fusivement ou progressivement, en plis simples. Parfois la paroi abaissée est recouverte sur elle-même ou sur la face de hauteur en place; souvent aussi, entre les deux faces d'une faille, se trouvent des massifs irréguliers de roches brisées.

**Orographie du Michigan.**

En étudiant la distribution des accidents topographiques dans l'état de Michigan, M. Winchell (1) a été conduit à formuler les lois suivantes: la direction des traits orographiques et hydrographiques du Michigan est la résultante de deux influences: l'une influence stratigraphique, qui s'est fait sentir suivant les lignes d'affleurement des couches géologiques, et une action glaciaire venant du nord-est. Partout où des roches étaient solides la première influence s'est montrée prédominante; l'action glaciaire, au contraire, est surtout marquée sur les formations meubles.

**Système de montagnes de l'Amérique du Nord.**

Dans la classe ainsi que les autres systèmes de montagnes de l'Amérique du Nord, ceux qui sont formés après l'époque jurassienne, dans la région de l'Océan Atlantique, à la fin du silurien inférieur, formation géosynclinal, c'est-à-dire synclinal dans son ensemble, des Montagnes Vertes et de l'Acadie; pendant qu'un anticlinorium se dessinait du Canada jusqu'au Tennessee, à la fin de l'époque dévonienne, grandes dislocations dans le Canada oriental, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, à la fin du carbonifère, nouveau soulèvement dans les Alleghany et dislocations dans l'Acadie; 4° au milieu ou à la fin du jurassique, série de mouvements synclinaux imparfaits de la Nouvelle-Écosse à la Caroline du Nord, et pendant le dépôt de grès triassico-jurassique du Connecticut, anticlinorium presque complet le long de l'Océan; 5° à la fin du crétacé et à la fin du tertiaire il s'est produit peu de mouvements généraux, le principal était anticlinorium, c'est-à-dire anticlinorium dans son ensemble, et embrassait toute la région des Alleghany; 6° enfin, dans l'époque quaternaire, il y eut des oscillations effrénées, soit géosynclinales, soit géantichinales.

11. Région du Pacifique. Dans cette région on ne connaît rien

(1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, VI, 36.  
 (2) *American Journ.*, 3<sup>e</sup> série, V, 436.

encore, avant la fin de la période jurassique, marqué par deux grands mouvements géosynclinaux, celui de la Sierra Nevada et celui du Haut-Wahsatch. A la fin du crétacé, deux autres mouvements semblables s'accroissent, l'un dans les montagnes Rocheuses, à l'est du Wahsatch, l'autre le long de la côte, à l'ouest de la Sierra-Nevada. Pendant ce temps, la région intermédiaire était le siège d'un mouvement géantichinal, depuis la fin de l'époque jurassique. La fin du crétacé est également marquée par le mouvement géantichinal d'élévation de l'ensemble des montagnes Rocheuses. Pendant l'époque tertiaire s'est formé un anticlinorium côtier, s'élevant à 1000 mètres d'altitude dans la chaîne de Santa Cruz, et postérieurement à l'époque miocène de grandes éruptions ont eu lieu à travers des fissures sur la flanc occidental des montagnes Rocheuses. De ces diverses observations M. Dana a déduit la loi suivante, applicable à la région du Pacifique: un premier affaissement de la croûte du globe a pour conséquence la formation de deux chaînes parallèles dont les axes sont distants de 400 milles. Cette portion de l'écorce terrestre étant consolidée par le soulèvement, un affaissement plus étendu en surface a déterminé de nouvelles chaînes à l'extérieur des précédentes, distantes de 600 milles. Un troisième affaissement donne naissance à deux lignes de dislocation éloignées de 700 milles. Ce mode général de réaction se reproduit exactement, à la fin de l'époque quaternaire, lorsque passeront les grandes longueurs, vers le milieu, et à l'extrémité des aquies compression latérale, les fractures prendraient naissance de chaque côté de la partie tendue et, si les parties fracturées venaient ensuite à être cimentées et consolidées, c'est-à-dire partiellement brisées, les premières fractures qui se produiraient de nouvelles brisées.

**ÉTUDES SYSTÉMATIQUES SUR LES CÔTES MÉTALLIFÈRES.**

**Filons du Cornwall.**

En discutant les observations faites jusqu'ici dans les mines d'étain du Cornwall, spécialement par MM. GARDNER, FOX, HEDGWOOD et THOMAS, et en y joignant les résultats de son expérience personnelle, M. Moissan et moi-même avons été amenés à reconnaître les lois qui régissent la distribution des parties riches dans les filons.

(1) *Americ. Journ.*, 3<sup>e</sup> série, VI, 36.  
 (2) *American Journ.*, 3<sup>e</sup> série, V, 436.  
 (3) *Filons du Cornwall. Parties riches des filons.* Paris, Dunod, 1887.

D'abord on constate partout une relation intime entre la richesse du filon et la nature ou l'allure de la roche encaissante. Cette relation avait été résumée par les observateurs anglais dans les quatre lois empiriques suivantes, reconnues vraies dans la plupart des cas.

I. Les parties du filon dont l'inclinaison s'approche le plus de la verticale sont les plus productives.

II. Les parties riches correspondent aux strates dites favorables, c'est-à-dire douées de la propriété de bien se fendre et de rester bien ouvertes.

III. Le plus souvent les bandes ou colonnes métallifères du filon plongent dans le même sens que les terrains encaissants.

IV. Les parties riches d'un même filon sont généralement caractérisées par l'identité de direction; cette direction est ce qu'on appelle la *bonne orientation*.

M. Moissenet a analysé ces lois et a montré qu'elles sont des conséquences nécessaires des phénomènes mécaniques qui caractérisent la cassure initiale du filon; il a reconnu d'abord que ces quatre lois sont absolument vraies pour les parties riches normales des filons, c'est-à-dire pour celles où la richesse du filon n'est influencée ni par un changement de terrain, ni par un croisement avec d'autres filons. Il a fait voir ensuite qu'un filon étant une cassure entre les deux lèvres de laquelle subsistent des chenaux souterrains plus ou moins accessibles à la circulation des sources thermales, le remplissage d'une telle fracture s'opérera d'autant mieux que ces chenaux seront mieux ouverts. Or il va de soi que cette condition est réalisée : 1° dans les parties les plus inclinées, où le toit ne tend pas à s'appliquer sur le mur; 2° dans les roches de *dureté moyenne*, qui sont ainsi les véritables strates favorables. Les parties riches étant le plus souvent dues à un croisement de filon avec les strates favorables, il est tout naturel qu'elles plongent comme les terrains encaissants. Enfin la quatrième loi s'explique par ce fait, que le filon subit toujours une déviation au passage d'une couche dans une autre de dureté différente, de sorte que le filon, à un même niveau, offre en plan une série d'échelons où les parties riches, étant la trace des couches favorables, généralement parallèles entre elles, reproduisent une même orientation voisine de la fracture initiale du filon.

M. Moissenet étudie, à l'aide de constructions géométriques simples, les changements de direction qu'un filon éprouve suivant la dureté des strates qu'il traverse et, par suite, la déviation qui doit en résulter pour une galerie de niveau conduite suivant le

filon. Il fait voir les différences tranchées que ces changements doivent présenter suivant que les filons plongent dans le même sens que les roches encaissantes ou en sens contraire, ce dernier cas, dans le Cornouailles, étant généralement le plus favorable au point de vue de la richesse des filons, en même temps qu'il correspond à un moindre parcours dans les strates défavorables. Du reste, dans cette région, où les filons sont groupés autour de mamelons granitiques relevés en forme de dômes, un même filon peut passer plusieurs fois de l'une de ces deux conditions à l'autre; mais ce passage s'exécute tout différemment pour les filons du pays de Galles, où les roches encaissantes sont relevées en forme de plis parallèles tour à tour anticlinaux et synclinaux. Cette circonstance suffit à elle seule pour expliquer les différences tranchées que présentent ces deux districts.

#### Filons de Zell-sur-Moselle

On doit à M. Vézian (1) une étude des filons plombifères de Zell-sur-Moselle dans le district du Hundsrück. Ces filons, à gangue de quartz avec galène dominante à richesse moyenne en argent, sont contenus dans les schistes dévoniens dont ils suivent toutes les inflexions accidentelles; on remarque des changements brusques de direction au passage d'une assise dans une autre. Leur plus grande épaisseur est de 5 mètres. Ils forment quatre faisceaux, celui d'Holzappel, dirigé N. 40° E.; celui d'Ems ou d'Altlay, N. 42° 50' E.; celui de Tellig, N. 47° 50' E.; celui de Belstein, N. 45° E. La moyenne de ces directions, N. 45° 15' E., est presque identique avec l'orientation N. 44° E. qui est celle des strates du pays d'Altlay et voisine de N. 45° E., direction moyenne des schistes du Hundsrück et du Nassau. M. Vézian considère cette direction N. 44° E. comme caractérisant un nouveau système stratigraphique qui s'appellerait système des filons du Hundsrück et dont on retrouverait les traces dans les filons de quartz du Morvan, dans les plissements des Maures et de l'Estérel, dans le groupe de des filons de Vialas, dans les failles de l'Arpège signalées par M. Ledoux, etc. Ce système se serait produit immédiatement après l'époque dévonienne.

#### Gîtes de pétrole de Kampina

MM. Edmond Fuchs et F. Sarasin (2) ont étudié la distribution des gisements de pétrole dans le district de Kampina en Val-

(1) Rapport sur les mines de Zell-sur-Moselle. Besançon, 1870.

(2) Bibliothèque universelle de Genève, février 1873.

chie. Ces gisements, contenus dans le terrain miocène, sont en rapport avec les fractures et les dislocations qui affectent cet étage. Ces dislocations s'alignent suivant une direction à peu près unique orientée nord magnétique 74° 30' est. Or les sources de pétrole se groupent le long de deux lignes parallèles offrant cette même orientation et passant aux deux extrémités de la petite ville de Kampina. Les auteurs ont pu vérifier sur un domaine restreint, mais avec une grande précision dans le détail, les idées théoriques émises par M. de Chancourtois sur l'origine des gîtes de pétrole.

NOTE  
SUR L'EFFONDREMENT DE LA MINE DE SEL GEMME, DE VARANGÉVILLE-SAINTE-NICOLAS (MEURTHE-ET-MOSELLE)

Le 31 octobre 1873, à une heure et demie de l'après-midi, l'une des deux mines du département de Meurthe-et-Moselle dans lesquelles on exploite le sel gemme en roche, celle de Varangéville-Sainte-Nicolas, s'est effondrée subitement sur presque toute son étendue. L'importance de cette mine, jointe aux circonstances exceptionnelles et intéressantes de l'effondrement, justifie les détails dans lesquels on va entrer ici.

La mine avait été ouverte, en 1855, par le fonçement d'un puits (n° 1) situé à peu de distance au nord-ouest de la station de Varangéville, du chemin de fer de l'Est, à 130 mètres environ au nord du canal de la Marne au Rhin, que suit de très-près, sur ce point, la voie ferrée.

La série des couches traversées par ce puits, telle qu'elle a été relevée au cours du fonçement, est donnée par le tableau suivant :

Profondeur.	NATURE DES COUCHES.	PUISSANCE	
		des intervalles.	des couches de sel.
mètres.		mètres.	mètres.
79,60	Marne, calcaire dolomitique et gypse. . . . .	79,60	3,30
	1 <sup>re</sup> couche de sel. . . . .		
84,05	Marne. . . . .	1,15	1,60
	2 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		
85,75	Marne. . . . .	0,10	0,50
	3 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		
87,05	Marne. . . . .	0,80	12,50
	4 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		
	Marne. . . . .	1,65	7,40
101,20	5 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		
	Argile salifère. . . . .	1,16	
109,76	6 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		9,00
	Argile salifère. . . . .	3,50	
122,26	7 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		1,70
	Marne et sel. . . . .	3,90	
127,86	8 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		3,10
	Marne et sel. . . . .	3,00	
133,96	9 <sup>de</sup> couche de sel (y compris 1 <sup>m</sup> ,30 de marne). . . . .		3,45
	Marne rouge. . . . .	2,55	
139,96	10 <sup>de</sup> couche de sel. . . . .		3,00
	Marne grise. . . . .	3,00	
145,96	11 <sup>de</sup> couche de sel (y compris 0 <sup>m</sup> ,85 de marne). . . . .		21,00
166,96	Marne. . . . .		

Les couches, très-régulières, ont une inclinaison générale de  $\frac{12}{1000}$  vers le nord magnétique.

A 25 et 40 mètres de profondeur, on rencontra, entre des couches de marne et de gypse, des sources d'eau douce, dont le débit, très-faible à l'origine, augmenta de jour en jour, suivant une progression rapide, comme le montrent les chiffres ci-dessous, provenant des jaugeages exécutés à différentes époques sur ces venues d'eau.

DATE DU JAUGEAGE.	DÉBIT PAR 24 HEURES.	
	Niveau de 25 <sup>m</sup> . 5 <sup>m</sup> 3	Niveau de 40 <sup>m</sup> . »
1855. . . . .		
1865. . . . .	175	10 <sup>m</sup> 3
24 novembre 1866. . . . .	200	15
8 mai 1870. . . . .	208	77
13 mai 1871. . . . .	233	104
15 mai 1872. . . . .	216	138
13 mars 1873. . . . .	196	207
16 juillet — . . . . .	187	297
7 août — . . . . .	non observé.	354
15 octobre — . . . . .	id.	500

Pendant longtemps, ces eaux ont été recueillies dans des bassins cimentés, qu'on avait établis un peu au-dessous de leurs points d'émergence et d'où on les épuisait, à l'aide de pompes; depuis 1861, on les faisait descendre dans la mine, où on les utilisait pour les besoins de l'exploitation. Leur affluence, de plus en plus considérable, avait fini par inquiéter les ingénieurs, qui les soupçonnaient de produire dans les couches de gypse, par leur action dissolvante, des vides pouvant provoquer des affaissements de terrain en des points même éloignés : le danger principal, on le verra, était ailleurs. Quoi qu'il en soit, on s'était décidé à cuveler le puits, pour fermer toute issue aux eaux des niveaux de 25 et 40 mètres, et s'opposer à l'agrandissement des vides souterrains dont on présumait l'existence. Le cuvelage, commencé en juillet 1873, n'était pas encore terminé quand est survenue la catastrophe qui a détruit les travaux.

Au delà de 40 mètres de profondeur, on ne rencontra plus aucune venue d'eau dans le foncement du puits. On s'arrêta quand on eut traversé la 11<sup>e</sup> couche de sel, qui a 21 mètres de puissance, et l'exploitation fut ouverte sur la partie inférieure de cette couche. Dans ce gisement, « le sel est divisé en assises très-régulières, de quelques centimètres de puissance, qui se distinguent l'une de l'autre, par la nuance plus ou moins grise ou plus ou moins blanche, et qui sont séparées par de petites veines très-minces de marne. Les assises ont l'inclinaison même de la couche et se poursuivent, presque sans solution de continuité, dans toute l'étendue des exploitations. Le sel gemme forme des masses absolument compactes, composées de cristaux ne laissant pas le moindre vide entre eux et enchevêtrés en tous sens. M. Levallois a donné une idée très-nette de la texture de cette roche, en disant qu'un morceau de sel poli présente l'apparence d'une feuille de moiré métallique. Les dimensions des lames ne dépassent pas ordinairement 1 centimètre; elles atteignent quelquefois 15 centimètres

dans les variétés très-blanches. Le sel est le plus souvent gris, gris-vertâtre ou gris-jaunâtre, ainsi coloré par de l'argile bitumineuse. Outre les veinules régulièrement stratifiées de marne qui séparent les zones rubanées, on observe des veines d'argile, d'une puissance de 5 millimètres à 15 centimètres, dont l'affleurement est variable suivant les localités. A Varangéville, elles sont rapprochées de la verticale et se ramifient vers le haut sous forme de patte d'oie, traversant les zones rubanées, sans paraître troubler leur régularité (\*). Ces veines d'argile croisant la stratification sont en partie figurées sur le plan de la mine (Pl. VIII, fig. 1) en n. n. ....

La marne formant le mur de la 11<sup>e</sup> couche et le sol des galeries d'exploitation, dont la puissance est évaluée à plus de 20 mètres, est gris-bleuâtre, très-compacte; elle présente, au moins à sa partie supérieure, une dureté telle qu'on emploie la poudre pour l'entamer; elle alterne avec de petits lits discontinus de sel gemme rougeâtre et est traversée obliquement par des filons très-nombreux de sel rouge fibreux; elle contient des rognons irrégulièrement disséminés d'une substance très-résistante, que l'on considère comme de la marne durcie par du sel gemme et surtout par de l'anhydrite.

La fig. 1 (Pl. VIII) donne le plan des travaux de la 11<sup>e</sup> couche, où l'on appliquait la méthode d'exploitation dite par piliers ou en échiquier. Chacune des deux séries de galeries tracées à angle droit dans la masse comprenait des galeries principales ou de roulage, régulièrement espacées, ouvertes sur 6 mètres de large et 5<sup>m</sup>.50 de haut, et des galeries secondaires, ayant même hauteur que les précédentes et 8 mètres de largeur. Trois galeries secondaires recoupaient, dans les deux sens, chacun des massifs isolés

(\*). Richesses minérales du département de Meurthe-et-Moselle, par M. Braconnier, ingénieur des mines, 1872, p. 52.

par les galeries principales. Les piliers carrés, réservés pour soutenir le ciel de l'excavation, avaient 6 mètres de côté. On peut calculer, d'après ces chiffres, que le rapport du plein au vide était de 5 à 14. Le massif de protection du puits avait 49 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur. Les travaux, développés régulièrement dans tous les sens autour du puits, jusqu'à une distance de 160 à 180 mètres, s'étendaient, par conséquent, sous le canal et le chemin de fer, et même au delà. Un arrêté préfectoral avait prescrit de réserver, à l'aplomb de ces voies de communication, des piliers ayant des dimensions telles qu'en cas d'inondation de la mine par des eaux douces, ils conservassent encore, après saturation de ces eaux, même à leur partie supérieure, une section suffisante pour résister à la pression des terrains situés au-dessus; mais, à la date de cette prescription, des galeries avaient déjà, comme l'indique le plan, entamé les massifs à réserver.

Il y a quelques années, on avait commencé à exploiter la 4<sup>e</sup> couche de la même manière que la 11<sup>e</sup> (Pl. VIII, fig. 2). Les travaux s'y étaient développés jusqu'à 100 mètres environ à l'est et à l'ouest du puits, et jusqu'à 50 à 60 mètres au nord et au sud.

Enfin on a foncé, en 1860, à 520 mètres à l'est-sud-est du puits n° 1, un second puits destiné à préparer un nouveau champ d'exploitation. Au cours du fonçement, on a rencontré dans le gypse, à 30 mètres de profondeur, une cavité de 7 mètres environ de hauteur, à voute irrégulière, qui paraissait se prolonger à une grande distance et dans laquelle un courant d'eau se mouvait lentement de l'est à l'ouest. Ce courant contribuait apparemment à l'alimentation de la source du puits n° 1, située à la profondeur de 40 mètres, et il est probable que le vide lui servant de canal s'était formé depuis le fonçement du puits n° 1, vers lequel les eaux souterraines étaient appelées par un épuisement continu. Sur le sol de cette cavité, on distinguait des blocs

isolés de gypse, que l'eau n'avait pas encore complètement dissous. Le fond du puits n° 2 communiquait avec l'ancien champ d'exploitation de la 11<sup>e</sup> couche par une galerie de 9 mètres de large, de part et d'autre de laquelle on commençait déjà, dans les derniers temps, à tracer des galeries transversales et parallèles. Ce puits, dont le foucement avait été décidé sur de légers indices de danger, a, lors de l'effondrement, sauvé la vie aux ouvriers qui, sans cette issue, auraient été ensevelis vivants dans la mine.

On employait, pour l'abatage du sel gemme, un procédé original, imaginé par le *bergmeister* autrichien Ramsauer et consistant à remplacer l'action du pic par celle d'un jet d'eau douce, pour pratiquer les entailles destinées à dégager partiellement la roche avant le tirage des coups de mine (\*). Ce procédé est depuis longtemps en usage dans les mines de Hallstadt et d'Ischl (Autriche), où les travaux sont au-dessus des vallées voisines; il a été introduit, il y a quelques années seulement, dans la mine de Hall am Kocher (Wurtemberg), dont les travaux se trouvent à environ 100 mètres au-dessous du sol (\*\*); également adopté à Stassfurt, il y a été abandonné en 1861, parce que le travail était trop lent, et surtout parce qu'on trouvait avantage à ne produire absolument que du sel en roche et à supprimer tout épuisement d'eau. Ce procédé, — introduit à Varangéville, dès la création de la mine, par feu M. Pfetsch, directeur, — fonctionnait de la manière suivante :

« Un bassin d'eau douce est installé à 5<sup>m</sup>, 50 au-dessus du toit des travaux; de là l'eau se distribue par une série de conduites en fonte, installées dans les galeries principales, et arrive jusqu'aux divers chantiers d'abatage. Lorsqu'on

(\*) Voir la description du procédé dans le *Mémoire sur l'exploitation de l'argile salifère, etc., dans le Salzkammergut*, par M. Keller (6<sup>e</sup> série, t. II, p. 15).

(\*\*) Bruno Kerl, *Salinenkunde* (Brunswick, 1868).

veut pousser en avant une galerie quelconque, on pratique, à l'aide de l'eau douce, du haut en bas du front de taille, un certain nombre d'entailles verticales, d'une profondeur horizontale d'environ 3 mètres. L'eau, lancée avec force en plusieurs jets minces à la partie supérieure de chaque entaille, ruisselle sur les escaliers que forment les différents lits de sel et se sature en partie. Les entailles terminées, les piliers en saillie, ayant de 2 à 3 mètres d'épaisseur entre les entailles, sont abattus à l'aide de la poudre. L'eau qui a travaillé dans les entailles achève de se saturer dans des bassins disposés sur le sol des galeries; elle est ensuite extraite pour les besoins de la saline (\*).

La hauteur de chute de l'eau douce, qui venait de la surface, était utilisée pour mettre en mouvement une machine à colonne d'eau, qui a été décrite ici même par M. Pfetsch, avec de grands détails (5<sup>e</sup> série, tome XVII, p. 411). Cette machine, placée dans une fosse u qu'on avait creusée à côté du puits, au mur de la 11<sup>e</sup> couche, commandait une pompe, qui refoulait l'eau salée dans un bassin établi dans la 4<sup>e</sup> couche, à 87 mètres au-dessous du niveau du sol.

La méthode des entailles par l'eau, comparée au procédé ordinaire d'abatage, présentait plusieurs avantages importants :

- 1<sup>o</sup> L'abatage coûtait moins cher, les frais de main-d'œuvre étant réduits dans une forte proportion;
- 2<sup>o</sup> L'eau saturée, destinée à la fabrication du sel raffiné, se produisait d'elle-même et sans aucuns frais, tandis qu'autrement il faut payer l'abatage du sel destiné à sa préparation;
- 3<sup>o</sup> La marne et les autres matières insolubles contenues dans le sel gemme restant dans la mine, on évitait ainsi la dépense à faire pour les extraire au jour et ensuite pour les retirer des bassins de dissolution.

(\*) M. Braconnier (ouvrage cité, p. 155).

Jusqu'à présent on n'avait entrevu que les avantages de cette méthode, sans songer à ses inconvénients. Or c'est uniquement à son emploi, comme on va le voir, qu'il faut attribuer l'effondrement de la mine de Varangéville.

Depuis plusieurs années déjà, on reconnaissait, à certains signes, que la sécurité des travaux n'était point absolue. Dès l'année 1868, on avait remarqué que les piliers *x* et *y* (fig. 1) s'étaient fissurés et que la marne formant le sol des galeries se gonflait et se désagrégeait sous l'action de l'air et de l'eau. Ainsi les rigoles creusées dans cette marne pour recevoir les conduites en bois par lesquelles l'eau salée revenait au bassin placé près de la pompe, allaient se rétrécissant constamment. Tous les deux ans, il fallait les entailler à nouveau pour leur rendre les dimensions convenables. Depuis cinq à six mois au moins, la hauteur des galeries diminuait d'une manière sensible; les exploitants attribuèrent cette diminution au foissement de la marne et ne pensèrent pas qu'elle pouvait être due à l'enfoncement des piliers. Le 20 octobre 1873, la hauteur de la galerie Saint-Julien était réduite de 5<sup>m</sup> 50 à 4<sup>m</sup> 70. Il paraît même qu'avant l'effondrement, ce rétrécissement des galeries, dans le sens vertical, avait été jusqu'à 1<sup>m</sup> 20 pour quelques-unes d'entre elles, au voisinage du puits. Beaucoup de piliers présentaient sur toute leur hauteur, des fissures béantes, atteignant jusqu'à 5 centimètres de largeur, lesquelles s'étaient produites, en général, suivant les veines argileuses presque verticales qui traversent les couches et forment des lignes très-irrégulières en plan. Le massif de protection du puits n° 2 était également fissuré en *h* (fig. 1). Le phénomène du refoulement des marnes était particulièrement accentué dans la fosse de la machine située près du puits, en partie sous le massif de sel réservé. Dès le commencement d'octobre, le fond de cette excavation s'élevait de 0<sup>m</sup> 2006 par jour et l'on reconnaissait la nécessité de creuser en *a*, pour y placer la machine

nouvelle fosse, que l'on devait revêtir d'une maçonnerie au ciment. Enfin, à la surface, depuis quinze jours, les mouvements du sol se trahissaient par la rupture, en maints endroits, tant dans l'enceinte de la saline qu'au dehors, des tuyaux en fonte servant à conduire les eaux salées et les eaux douces; on suffisait à peine à les réparer.

Le 30, veille du jour de l'accident, des ouvriers ont aperçu une crevasse à un bâtiment situé à 50 mètres du puits n° 1, vers le puits n° 2. Le lendemain matin, dans la mine, des blocs commençaient à se détacher du toit des galeries et l'on y entendait des craquements incessants. On ordonna alors aux ouvriers de quitter les abords du puits n° 1 et on leur distribua des chandliers autour du puits n° 2, en leur prescrivant de ne pas dépasser la galerie Saint-Jean.

Trois ou quatre heures plus tard, la mine s'effondrait, en quelques secondes et sur presque toute son étendue. Un volume d'air énorme étant refoulé subitement, il se produisit un véritable *coup d'air* dans la direction du puits n° 2. Les ouvriers qui travaillaient dans le voisinage de ce puits (en petit nombre, fort heureusement, parce que c'était jour de paye) furent renversés par la violence du courant; ils furent presque tous des contusions, les uns en tombant, les autres atteints par les blocs de sel ou les débris de toute nature (planches, fragments de tuyaux en fonte, etc.) que l'air entraîna avec lui. Le boîtier, s'engouffrant dans le puits n° 2, enleva jusqu'au fond les cages d'extraction et arracha la couverture du puits. Tous les mineurs purent remonter par les échelles.

À la surface, de graves désordres se produisirent. Le sol s'affaissa de manière à former une espèce d'entonnoir, dont le puits n° 1 occupait le centre; l'ouverture de ce puits, la dénivellation était de 23 mètres environ. Une grande partie des anciens bâtiments de la saline fut détruite; plusieurs cheminées furent renversées, elles tombèrent toutes du côté du puits. La dépression du sol ne fut, du reste,

complète qu'au bout de quelques jours; le 5 novembre, la bouche du puits n° 1 s'était affaissée de 3<sup>m</sup>,30; du 5 au 9, elle descendit encore de 0<sup>m</sup>,12. Malgré cette chute considérable, les bâtiments et machines contigus à ce puits n'ont subi aucune avarie; si bien qu'on a pu depuis remettre les pompes en marche, sans y faire de réparations.

Des crevasses béantes A, A,.. (fig. 1) régnaient dans le sol, tout autour du puits n° 1, un peu en deçà de l'aplomb du contour général de l'excavation souterraine. Aux points de bifurcation de ces crevasses, les languettes de terrain s'étaient affaissées, parfois jusqu'à 1 mètre de profondeur. Suivant une autre série de lignes B, B,.., situées à une soixantaine de mètres du puits, le sol s'était exhaussé en dos d'âne; ces soulèvements n'ont été constatés que d'un côté du puits, dans la partie où s'élèvent les bâtiments; on n'en a pas observé dans les terres labourées qui se trouvent du côté opposé.

Plusieurs ouvriers furent brûlés par l'eau débordant des poêles d'évaporation. Il y eut en tout 17 ouvriers blessés, dont un très-petit nombre à l'intérieur de la mine. En outre, un mineur succomba à ses blessures et un ouvrier de la saline fut écrasé sous les débris d'une cheminée.

Le 1<sup>er</sup> novembre, on descendit dans la mine par le puits n° 2, qui était en parfait état. Jusqu'au pilier C, les galeries n'offraient aucune trace de dislocation. Au delà, le sol de la mine paraissait encombré, sur une hauteur de 1 à 4 mètres, de blocs tombés du toit. Le pilier D était déchiré, du haut en bas, par plusieurs fissures. Le terrain continuait encore à travailler, car, à chaque instant, des craquements se faisaient entendre et des fragments se détachaient du faite des galeries. On jugea à propos de remettre l'exploration à plus tard. Toutefois, avant de se retirer, on put s'avancer jusqu'en E; les plafonds y étaient intacts ou seulement fissurés, mais les galeries s'étaient rétrécies, dans le sens de la hauteur, de plus de 2<sup>m</sup>,50.

On descendit ensuite dans le puits n° 1, qui s'était abîmé tout d'une pièce, sans se disloquer sensiblement. Au niveau de 25 mètres, le débit de l'eau était devenu presque insignifiant; mais, au niveau de 40 mètres, l'eau affluait en abondance: elle débordait par-dessus la maçonnerie du cuvelage en voie de construction. On arriva sans encombre jusque près de la 9<sup>e</sup> couche; mais, des fragments de planches s'étant alors détachés des parois du puits, on jugea qu'il était dangereux d'aller plus loin. Le fond du puits était comblé, sur une hauteur de 18 mètres, par la marne du mur refoulée.

Le 2 novembre, on descendit de nouveau par le puits n° 2, pour tenter d'explorer le champ d'exploitation du puits n° 1. On n'hésita pas à s'y aventurer et l'on parvint à en faire le tour. Voici les faits qui furent alors constatés:

1<sup>o</sup> Le long du contour de l'exploitation, les parements latéraux des galeries étaient restés verticaux; mais des blocs énormes en forme de dalles étaient tombés du toit, de sorte qu'il existait, au faite de ces galeries, des cloches ayant jusqu'à 3 mètres de haut, terminées à la partie supérieure par un plafond lisse de 2 à 5 mètres de largeur (fig. 4. — la fig. 5 représente la section d'une galerie non effondrée); les parois de ces cloches présentaient des fissures béantes, dirigées suivant les veines horizontales de marne qui sont intercalées à ce niveau dans la masse de sel. On peut conclure de là que, sur tout le pourtour de la mine, le terrain a été soumis à une compression dans le sens horizontal, laquelle a déterminé, avant la rupture, des ballements suivant les lits de marne.

2<sup>o</sup> Les galeries qui séparent les massifs réservés sous le canal et le chemin de fer, ainsi que celles situées au delà étaient en parfait état de conservation.

3<sup>o</sup> Dans la partie centrale de la mine, tous les piliers, sans en excepter le massif de protection du puits, s'étaient enfoncés dans la marne, en la refoulant dans les vides des

galeries. Tout autour du puits et jusqu'à une distance de 60 à 80 mètres, l'affaissement était complet : le sol et le toit des galeries s'étaient rejoints. Au delà, la pénétration des piliers dans le mur de la couche était seulement partielle et de moins en moins sensible, à mesure qu'on s'approchait des limites de l'exploitation ; dans cette partie, le sol de la mine avait une pente ascendante vers le puits et le toit une pente descendante (fig. 5). En général, les angles des piliers avaient éclaté sur une partie de la hauteur de ceux-ci ; les noyaux qui restaient debout étaient recoupés, dans plusieurs sens, par des fentes verticales.

Le 5 novembre, on visita les travaux de la 4<sup>e</sup> couche. Ils avaient participé à l'affaissement en bloc du massif de 60 mètres de rayon ayant pour axe le puits n° 1. On les trouva en bon état, quelques fissures s'étaient seulement produites au faite des galeries, en *b*, *c*, *d*, *f* (fig. 4). Les trois premières donnaient respectivement 1 litre, 5 et 5 litres d'eau par minute ; en *f*, il n'y avait qu'un simple suintement. Le 9, on reconnut qu'il s'était déclaré au toit des travaux de la 4<sup>e</sup> couche, à l'ouest et au nord-ouest du puits, d'autres fissures donnant 17 litres d'eau par minute.

D'après les faits constatés dans la 11<sup>e</sup> couche et rapportés ci-dessus, il est évident que l'effondrement est dû à ce que les marnes formant le sol de la mine ont cédé, comme une matière plastique, sous la pression des piliers. L'eau injectée contre les fronts de taille, sur tout le pourtour de l'exploitation, pour pratiquer les entailles, retombait sur cette marne et s'y infiltrait en partie. Le reste retournait au bassin situé près du puits, par une longue série de chéneaux en bois de 0<sup>m</sup>,15 de profondeur, desquels elle débordait souvent, soit qu'ils ne fussent pas maintenus horizontaux, soit qu'ils fussent remplis de boue marneuse, faute d'être curés assez fréquemment. Cette eau, dont le degré de saturation ne dépassait pas 20°, a dû dissoudre plus ou moins complètement les lits et les filons de sel

intercalés dans la marne, imprégner et faire renfler les rognons d'anhydrite qui y sont disséminés, et enfin décomposer, par l'oxygène qu'elle tenait en dissolution, les sulfures et les matières organiques. Toutes ces actions concouraient à détruire la consistance du sol de la mine. L'amollissement de la marne était encore facilité par les nombreuses excavations qui y étaient pratiquées ; les principales étaient le puisard du puits, la fosse de la machine et les rigoles, ayant jusqu'à 2<sup>m</sup>,50 de profondeur, qu'on avait dû, en raison de l'inclinaison de la couche, creuser dans toute la partie nord du champ d'exploitation pour ramener au puits les eaux saturées. C'est dans le voisinage du puits que ces excavations étaient surtout nombreuses et profondes ; c'est là aussi que la marne était soumise, depuis le plus longtemps, à l'influence de l'air et de l'eau. C'est donc là que sa cohésion avait disparu le plus complètement et sur la plus grande profondeur. Dans un rayon de 60 à 80 mètres autour du puits, la masse était devenue suffisamment plastique pour que les piliers pussent s'y enfoncer de toute leur hauteur. Vers le contour de l'exploitation au contraire, le mur n'avait encore rien perdu de sa solidité. Dans la zone intermédiaire, le ramollissement de la marne était plus ou moins avancé suivant la distance du puits. On s'explique donc aisément pourquoi la pénétration des piliers dans les marnes, complète dans un rayon de 60 mètres, est de plus en plus faible, au delà de cette distance, à mesure qu'on s'approche des fronts de taille, où elle est nulle.

On conçoit, du reste, d'après la manière dont l'effondrement s'est produit (un massif central de 60 mètres de rayon s'abîmant tout d'une pièce), qu'il a dû y avoir au jour compression dans le sens horizontal, sur le contour de ce massif, et arrachement suivant une ligne située à peu près à l'aplomb du périmètre de l'excavation souterraine ; on se rend compte ainsi et des crevasses A, A', et

des bombements B, B,... A l'intérieur de la mine, il a dû y avoir, au contraire, compression sur le pourtour et arrachement suivant la ligne qui limite la région où l'affaissement est complet, ce qui explique également les faits observés.

Les choses étant dans l'état que l'on vient de faire connaître, on peut se demander si la reprise de l'exploitation est désormais possible.

Tout semble dépendre de la marche des eaux douces, rencontrées par le puits n° 1 vers 25 et 40 mètres de profondeur. On pouvait craindre que les fissures résultant de l'effondrement de la mine n'amenassent immédiatement ces eaux dans les travaux de la 11<sup>e</sup> couche. Si ce fait se fût produit, l'exploitation ultérieure eût été fort difficile; en effet, pour travailler au puits n° 2 dans ces conditions, il faudrait épuiser les eaux, qui aminciraient alors graduellement les piliers non encore enfouis dans la marne et causeraient finalement l'affaissement total de l'ancien champ d'exploitation, y compris la partie située sous le canal et le chemin de fer. On ne pourrait éviter la dissolution du sel que si l'on pratiquait, à une certaine profondeur au-dessous de la 11<sup>e</sup> couche, dans la marne encore solide, une galerie-réservoir d'assèchement en maçonnerie cimentée, pour recueillir les eaux qui se rassembleraient au point le plus bas des anciens travaux (au nord-nord-ouest) et les conduire au bas du puits n° 2; ce qui toutefois ne serait pas sans danger, attendu que l'on s'exposerait ainsi à provoquer le ramollissement de la marne du mur, dans les parties où elle est encore compacte, et, par suite, à voir se produire de nouveaux affaissements.

Heureusement que, jusqu'à présent du moins, des eaux n'ont pas paru dans la 11<sup>e</sup> couche. Même dans les parties les plus basses, les travaux anciens sont encore à sec. Les bancs de marne intercalés entre les couches de sel, de la 4<sup>e</sup> à la 11<sup>e</sup>, retiennent probablement les eaux. Des fissures ont

pu se produire, au premier moment, dans la marne sèche; mais l'eau, en y pénétrant, a dû imbiber, sur une certaine épaisseur, les parois de ces fissures, qui se sont alors refermées par l'effet du foisonnement de la marne, devenue plastique.

Un fait analogue a été observé à Rive-de-Gier. Dans plusieurs mines de ce district, les eaux sont retenues vers le haut des puits par un mince banc de schiste argileux. Au-dessus et au-dessous, les grès sont complètement disloqués, par suite des affaissements, tandis que l'argile forme toujours une masse continue et imperméable.

Si donc, à Varangéville, les eaux n'envahissent pas la 11<sup>e</sup> couche, on pourra, sans crainte, en poursuivre l'exploitation par le puits n° 2. Ce qui importe, c'est de les empêcher de gagner le fond des travaux par le puits lui-même. A cet effet, on a remis en marche la pompe d'épuisement, on a comblé le puits, jusqu'à une vingtaine de mètres au-dessous de la 4<sup>e</sup> couche, et l'on est disposé maintenant à établir, par-dessus le remblai, un serrement horizontal, sorte de *plate-cuve portante*, analogue à celles qui furent établies avec succès, il y a quarante ans, dans une mine des environs de Liège, et qui ont été décrites dans les *Annales des mines* (3<sup>e</sup> série, t. XII, p. 555).

Alais, Terrenoire, les forges de la Franche-Comté, les hauts-fourneaux de Marseille, Rive-de-Gier, Vienne, Toga, Givors, Bessèges, livrant ensemble à l'industrie 600.000 tonnes de fonte par an et employant 30.000 ouvriers.

BULLETIN.

Le Gouvernement italien a satisfait par les mesures suivantes les intérêts de ses nationaux, tout en facilitant la consommation étrangère des minerais de l'île d'Elbe.

Une convention a été passée entre M. Sella, au nom de l'État, et M. François Brioschi, l'assurant la cession et l'exploitation des deux mines de fer de Calamita et de Terranera, situées dans le voisinage du port de Rio, jusqu'au 30 juin 1881, moyennant la construction, dans un délai de trois ans, à dater du jour où cette convention aura été rendue exécutoire, d'un tronçon de chemin de fer, reliant les mines à un des ports de l'île, des gares et quais de chargement et de déchargement nécessaires, et d'un établissement sidérurgique pour la fonte des minerais et l'aciération du fer dans la proportion de 55.000 tonnes par an.

TRAITÉS CONCLUS PAR LE GOUVERNEMENT ITALIEN.

Les gisements de fer de l'île d'Elbe, longtemps exploités sur une vaste échelle par les Romains, ainsi que le témoignent les immenses amoncellements de débris, encore très-richés en minerai, abandonnés à proximité des points d'attaque actuels, étaient, sous le Gouvernement grand-duc de Toscane, la propriété de l'État. Ils furent, en 1851, donnés en garantie d'un emprunt de 50 millions, contracté par le Gouvernement, à une société dite cointéressée, en ce qu'elle était appelée à concourir, dans une certaine mesure, aux bénéfices résultant de cette exploitation.

Dependant les mines tombèrent peu à peu dans un tel abandon que, depuis 1867, leur rendement n'alimentait plus que les hauts-fourneaux de Bolonica et de Cecina (Maremmes).

Vers la fin de 1871, l'industrie métallurgique anglaise jeta les yeux sur les minerais de l'île d'Elbe, et, après divers pourparlers avec le Gouvernement italien, dans le but de s'assurer des quantités importantes de minerai pendant un certain nombre d'années, se rendit adjudicataire, au prix de 1.150 la tonne, de 50.000 tonnes de minerai, représentant la moitié environ du stock présumé disponible pour la campagne 1872-73.

A ce moment même, plusieurs directeurs de compagnies métallurgiques françaises se rendaient, au même prix à peu près, adjudicataires de 60.000 tonnes. Ces contrats d'adjudication, conclus pour une période d'un an, devaient expirer le 1<sup>er</sup> juin 1873.

Peu après, d'importants établissements métallurgiques français se groupèrent en un syndicat, en vue d'un traité à passer avec le Gouvernement italien.

Le groupe était formé des établissements suivants : le Creuzot,

Alais, Terrenoire, les forges de la Franche-Comté, les hauts-fourneaux de Marseille, Rive-de-Gier, Vienne, Toga, Givors, Bessèges, livrant ensemble à l'industrie 600.000 tonnes de fonte par an et employant 30.000 ouvriers.

Le Gouvernement italien a satisfait par les mesures suivantes les intérêts de ses nationaux, tout en facilitant la consommation étrangère des minerais de l'île d'Elbe.

Une convention a été passée entre M. Sella, au nom de l'État, et M. François Brioschi, l'assurant la cession et l'exploitation des deux mines de fer de Calamita et de Terranera, situées dans le voisinage du port de Rio, jusqu'au 30 juin 1881, moyennant la construction, dans un délai de trois ans, à dater du jour où cette convention aura été rendue exécutoire, d'un tronçon de chemin de fer, reliant les mines à un des ports de l'île, des gares et quais de chargement et de déchargement nécessaires, et d'un établissement sidérurgique pour la fonte des minerais et l'aciération du fer dans la proportion de 55.000 tonnes par an.

M. Brioschi a pris l'engagement de ne pas vendre de minerai aux industriels français, de même que la société cointéressée, entre les mains de laquelle restent les trois autres mines de Rio, ne doit point en céder à l'industrie anglaise, sauf accord à intervenir entre les deux exploitations. La faculté d'exporter du minerai pour l'Angleterre a été accordée au concessionnaire en vue de lui faciliter l'importation, comme fret de retour, des charbons nécessaires à la fonte de ces minerais.

A partir de 1881, époque à laquelle la société cointéressée doit être remboursée du capital de l'emprunt pour lequel les mines lui ont été données en garantie, cette convention sera étendue pour une période de trente ans à la totalité des mines de Rio.

Peu de jours après la conclusion de ce traité, le délégué et le représentant du syndicat métallurgique français ont signé une convention, par laquelle la société cointéressée assure à notre industrie 140.000 tonnes de minerai par an, pendant une période de huit années, à partir du 30 juin 1873.

En 1872, le minerai exporté de l'île d'Elbe s'est élevé :

	tonnes.
Pour la France, à...	57.625
Pour l'Angleterre, à...	29.045
Pour l'Italie, à...	32.868
<b>Total.</b>	<b>114.936</b>

Le fret, pendant cette même année, fut, des ports de Longone et de Rio, pour :

France..	Marseille, de .....	9,33
	Cette .....	11,00
	Port de Bouc .....	9,33
	Bastia .....	5,20
	Solenzara .....	6,00
	Gènes .....	5,00
	Livourne .....	4,50
Italie..	Cecina .....	5,50
	Naples .....	9,00
	Pollonica .....	4,50
	Savone .....	5,00

(Extrait de rapports, en date des 8 mars et 22 mai 1875, adressés à M. le Ministre des affaires étrangères, par M. A. DE VAUX, consul de France à Livourne.)

### Statistique minérale de l'Angleterre pour les années 1859 à 1871.

La valeur des minerais, du combustible et des autres substances minérales que l'Angleterre extrait de son sol (non compris la pierre à bâtir, la pierre à chaux, les ardoises, ni l'argile commune), a presque atteint, en 1871, le chiffre colossal de 1.200 millions de francs, dont 880 pour la houille et 192 pour les minerais de fer. En 1872, par suite de l'augmentation du prix de la houille, cette valeur s'est élevée à près de 1.500 millions, dont 1.160 pour le combustible.

Les chiffres qui donnent, pour le Royaume-Uni, le mouvement de l'importation et de l'exportation des substances minérales ne sont pas moins utiles à connaître que ceux relatifs à la production de ses mines. En effet, l'Angleterre, ayant à peu près le monopole de la fabrication de certains métaux, tels que le cuivre et le plomb, reçoit de presque toutes les contrées du globe, pour les élaborer dans ses usines, la plus grande partie de leurs minerais; le détail, par provenance, des quantités importées constitue donc, en réalité, pour certains minerais, une statistique universelle. De plus, en ce qui concerne la houille, comme l'Angleterre pourvoit presque à elle seule à l'alimentation des pays qui en manquent, particulièrement pour les besoins de la navigation, le tableau de l'exportation

du combustible minéral anglais à destination des différentes contrées (si l'on fait abstraction de l'Europe septentrionale et des États-Unis d'Amérique) donne une idée assez exacte de leur vitalité commerciale et industrielle.

Depuis longtemps on a compris, en Angleterre, l'utilité de la publication périodique de tous ces documents. C'est dans ce but qu'ont été créés les *Mineral statistics of the United Kingdom*, que M. Robert Hunt, *Keeper of mining records*, publie avec une très-grande régularité pour chaque année, avant la fin de l'année suivante. L'histoire de cette publication est rappelée dans l'introduction du volume de 1871, d'où sont extraites les lignes suivantes :

« Ce volume des *Mineral statistics of the United Kingdom* est probablement le dernier de ceux publiés sous le régime de la déclaration facultative, dont nous avons dû nous contenter depuis 1848, époque à laquelle nous avons commencé à rassembler les chiffres de notre production minérale.

« Par deux actes du parlement (\*), intitulés respectivement Acte de 1872 pour la réglementation des mines de charbon et Acte de 1872 pour la réglementation des mines métalliques, le compte rendu est déclaré obligatoire en ce qui concerne les mines de toute espèce. Nous devons donc espérer que, par suite de cette obligation légale, les *Mineral statistics*, qui ont déjà obtenu de ceux qui s'y intéressent des marques flatteuses d'approbation, offriront plus de garantie d'exactitude, et auront une plus grande valeur encore que par le passé pour les mineurs, pour les métallurgistes, pour ceux qui font le commerce des substances minérales et pour le public en général.

« Il n'est peut-être pas sans intérêt de faire connaître aujourd'hui les circonstances dans lesquelles le bureau de la statistique minérale a été établi par le gouvernement, et d'indiquer comment cette publication a été fondée et continuée jusqu'à présent.

« Le 25 août 1838, le conseil de l'association britannique adopta la résolution suivante: « Cette assemblée est d'avis que, pour empêcher la déperdition de richesse et d'activité qui résulte inévitablement de l'absence de comptes rendus exacts sur l'industrie minérale, l'intérêt national exige qu'il soit créé un bu-

(\*) Les *Annales des mines* ont reproduit *in extenso* les textes de ces deux lois (7<sup>e</sup> série, t. III, p. 11), que le traducteur, M. Amiot, a fait précéder d'un résumé instructif de la législation minérale de l'Angleterre.

— Voir les articles 38 du premier de ces actes et 10 du second. — M. Robert Hunt fait remarquer que, pour les mines métalliques, la loi est muette en ce qui concerne la publication des comptes rendus.

« eau d'archives, ou seront rassemblés et conservés les documents relatifs aux houillères et autres mines, »

« Une commission, qui fut choisie et désignée sous le nom de *Mining Records Committee*, appelée respectueusement et instamment », dans son rapport, l'attention des lords de la Trésorerie de Sa Majesté sur les moyens d'établir, aussi promptement que possible, un service public ayant mission de recueillir et de conserver les documents relatifs au développement de l'industrie minière dans le Royaume-Uni.

« Les lords de la Trésorerie accueillirent cette demande et, le 29 septembre 1846, le bureau de la statistique minière (*Mining Record Office*) fut établi au département des forêts; il fut placé sous la direction de M. de la Beche, directeur général du *Geological Survey*. M. Thomas Jordan, homme conservateur des archives des mines, remplit ces fonctions pendant près de cinq ans. Outre les plans et autres documents sur les mines qu'il rassembla, il fit construire une série de modèles très instructifs (ils font partie du musée de géologie pratique), qui facilitent grandement l'étude de l'exploitation des mines et contribuent au progrès de l'art pratique des mines en général.

« En avril 1845, M. Jordan résigna ses fonctions et M. Robert Hunt fut appelé à le remplacer.

« En 1847, celui-ci essaya, pour la première fois, de réunir et de publier les comptes rendus des mines, et inséra dans les *Mémoires du Geological Survey* (vol. 2, part. II) une série de tableaux donnant la production des mines de plomb et de cuivre pour plusieurs années. En 1853, dans les *Annales de l'école des mines*, apparut la statistique de la production de cuivre, de l'étain, du plomb et de l'argent dans les mines du Royaume-Uni, de 1848 à 1853, inclusivement.

« En 1853 également, une commission, chargée de faire une enquête sur les divers services que fournissent alors M. Henry de la Beche, fit un rapport très favorable sur le bureau des archives des mines et demanda qu'il fut mis en mesure de rendre encore plus ses services.

« La Trésorerie accomplit le vœu exprimé par cette commission et donna à M. Robert Hunt les moyens d'étendre ces études à la totalité du Royaume-Uni. Depuis lors, les *Mineral Statistics of the United Kingdom* ont été publiés régulièrement, chaque année, à la même époque.

« Je n'aurais pu remplir cette tâche, ajoute M. Robert Hunt, sans le concours empressé que m'ont toujours prêté les mineurs,

les métallurgistes et les directeurs de chemins de fer et plusieurs autres personnes; je dois leur en témoigner toute ma reconnaissance.

« Quoiqu'il en soit, les comptes rendus, désormais obligatoires pour les mines et les houillères, une foule de renseignements relatifs à l'industrie métallurgique anglaise et à la distribution de nos minerais et de nos métaux, devront encore, comme par le passé, être fournis par ces amis empressés, qui ont toujours été désireux d'assurer, à la statistique minière d'un pays aussi riche en mines et en métaux, la plus grande valeur possible pour ceux qui font le commerce des produits de ces mines et un intérêt réel pour le monde commercial en général.

« A différentes reprises, des extraits des *Mineral Statistics* ont été insérés dans les *Annales des mines* (\*) notamment par M. l'ingénieur en chef Lamé Fleury, à l'instigation duquel a été entrepris le travail qui va suivre.

« Ce travail a pour but de présenter au lecteur non seulement un extrait des volumes qui ont paru depuis celui de 1867, mais encore l'ensemble des chiffres se rapportant à la période des treize années 1859, ... 1871. On pourra ainsi se rendre compte facilement de la marche suivie par l'industrie minière anglaise durant cette période. On a laissé de côté les années antérieures à 1859, parce que les documents qui s'y rapportent sont trop peu complets. On a vu de voir qu'en 1872, les conditions dans lesquelles se publient les *Mineral Statistics* ont été changées.

« Pour les substances autres que la houille, le fer et ses minerais, on a seulement donné les chiffres relatifs à l'ensemble du Royaume-Uni. Mais, pour le fer et le charbon, une grande partie des comtés de l'Angleterre ayant chacun une production comparable à celle d'une nation du continent, on a jugé à propos de donner le détail

« par comté, »

« La conversion des mesures anglaises en mesures métriques a été effectuée sur les bases suivantes :

« La tonne anglaise a été comptée à 1.016 kilogrammes pour les métaux et à 1.066,8 pour les minerais et la houille. Dans la totalisation des chiffres relatifs aux différentes mines ou aux différents comtés, la conversion des quintaux en tonnes se fait, dans les *Mineral Statistics*, tantôt à raison de 20 quintaux, tantôt de 24 quin-

(\*) Pour les années 1854, 5<sup>e</sup> série, t. IX, p. 668; — 1855, t. XI, p. 700; — 1856, t. XVI, p. 449; — 1860, 6<sup>e</sup> série, t. III, p. 449; — 1863, t. IX, p. 365; — 1864, t. X, p. 623; — 1867, t. XV, p. 647.

taux par tonne. Par suite de l'impossibilité de tenir compte et même de concevoir la raison de ces variations, qui se remarquent pour une même sorte de minerais et dans un même volume (\*), on a cru devoir s'en tenir aux termes d'une lettre écrite, le 28 décembre 1869, par un Anglais compétent à M. Lamé Fleury, et dont voici un extrait : « Tous les métaux sont vendus à la tonne de 20 quintaux de 112 livres *avoirdupoids*, soit de 1.016 kilogrammes; mais les minerais de ces métaux sont vendus à la tonne de 21 quintaux de 112 livres, soit de 1.066<sup>8</sup>/<sub>8</sub>. »

L'once *troy* (pour les métaux précieux) a été comptée à 31<sup>5</sup>/<sub>16</sub>, 103 et la livre *sterling* à 25 francs.

H. VOISIN,  
Ingénieur des mines.

ÉTAIN.

Production du Royaume-Uni.

(d'après les documents fournis par les fondeurs — Smelters Returns —)

ANNÉES.	MINÉRAI D'ÉTAIN		ÉTAIN.		PLUS-VALUE		RENDEMENT moyen des minerais p. 100.
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	résultat du traitement métallurgique		
					totale.	rapportée à la tonne d'étain.	
tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	francs.	francs.		
1859	11.384	20.187.550	7.214	23.234.750	3.047.200	422	63,4
1860	11.163	18.720.675	6.802	21.784.550	3.063.875	450	60,9
1861	12.420	18.139.000	7.569	22.769.050	4.630.050	612	60,9
1862	15.072	21.084.550	8.612	24.580.400	3.495.850	406	57,2
1863	16.172	24.099.625	10.166	29.267.800	5.168.175	508	62,9
1864	16.229	23.149.225	10.270	27.051.525	3.902.300	380	63,3
1865	16.736	21.685.875	10.199	24.281.825	2.595.950	255	60,9
1866	16.091	18.298.650	10.150	22.134.200	3.835.550	378	63,1
1867	14.564	17.368.350	8.839	19.980.175	2.611.825	285	60,7
1868	14.888	19.255.125	9.449	22.535.000	3.279.875	347	63,5
1869	15.712	25.695.125	9.916	30.036.400	4.341.275	438	63,1
1870	16.255	25.058.925	10.363	32.487.625	7.428.700	717	63,8
1871	17.362	25.770.850	11.074	37.468.750	11.697.900	1.056	61,5

(\*) Le passage suivant, extrait du volume de 1863 (p. 54), met en évidence les inconvénients de cette double valeur attribuée à la tonne, ainsi que l'incertitude et les erreurs qui doivent en résulter dans les transactions : « Le prix de la pyrite de fer est tombé à 8 pence par unité de soufre et par tonne de 20 quintaux et quelquefois de 21 quintaux. Le prix d'un minéral contenant 45 p. 100 de soufre est conséquemment de 30 shillings par tonne de 20 ou 21 quintaux. »

Prix de la tonne d'étain (common block) depuis le commencement du siècle (1).

ANNÉES.	PRIX.	ANNÉES.	PRIX.	ANNÉES.	PRIX MOYEN.
	francs.		francs.		francs.
1800	2.264	1828	1.772	1858	2.932
1806	2.758	1830	1.829	1859	3.246
1810	3.568	1836	2.436 à 3.100	1860	3.350
1811	3.149	1837	2.165 — 2.338	1861	3.008
1813	3.198	1840	0.1.993	1862	2.864
1814	3.890	1842	1.649 à 1.797	1863	2.879
1815	3.198	1843	1.476 — 1.375	1864	2.634
1816	2.706	1845	1.019 — 2.116	1865	2.368
1817	2.264	1850	1.993 — 2.067	1866	2.181
1818	2.067	1851	2.190	1867	2.262
1819	1.829	1852	2.214 à 2.411	1868	2.411
1820	1.772	1853	3.026 — 3.125	1869	3.030
1822	2.214	1854	2.873 — 3.198	1870	3.137
1823	2.854 à 4.527	1856	3.174 — 3.494	1871	3.383
1826	1.919	1857	2.657 — 3.593	juin 1872	3.787

Pour l'importation de minéral d'étain, voir le tableau général de l'importation, p. 670.

Importation d'étain (lingots, barres et régule).

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
	ton.												
Détroits.	2.070	2.321	»	»	1.915	3.087	5.014	3.703	»	3.997	3.597	2.372	5.543
Hollande.	550	524	»	»	632	1.488	518	1.115	»	1.180	1.497	2.093	1.896
Autres contrées.	125	114	»	»	226	408	261	795	»	542	435	325	1.281
Totaux.	2.745	2.959	3.714	4.466	2.773	4.983	5.793	5.615	5.520	5.719	5.529	4.790	8.720

(1) Pour établir le prix moyen de chaque année, on a laissé de côté certains lots de minéral vendus à très-bas prix, tels que des lots de minéral en roche.

DESTINATIONS.	1859		1860		1861		1862		1863		1864		1865	
	Etain anglais.	Etain réexporté.												
Russie.	445	12	527						508	28	284	16		
Suède, Norvège et Danemark.														
Allemagne.	406	4	77						425	43	414	91	44	
Hollande.	144		85	11					199	7	251	69	192	
Belgique.	407		21						27	7	91	17	41	
France.	1,088	235	943	278					1,324	520	1,358	970	1,073	
Espagne et Portugal.	46		166	15					266	38	241	48	200	
Italie.	91	55	115	170					208	80	179	149	113	
Autriche.									58	37	23	21	16	
Grèce.			32											
Turquie d'Europe.	223		275						16	43	1	96		
Roumanie.			30											
Egypte.														
Australie.	235		25											
Amérique anglaise du Nord.	127		27											
Etats-Unis d'Amérique.	310		178											
Amérique du Sud.	35		161											
Autres contrées.	452		103											
To aux.	2,849	402	2,784	516	2,873	874	4,160	1,401	5,386	1,956	4,528	4,442	5,269	2,800

DESTINATIONS.	1866		1867		1868		1869		1870		1871	
	Etain anglais.	Etain réexporté.										
Russie.	425	0	409	34								
Suède, Norvège et Danemark.	27	2			25	3	38	4	62	6	97	1
Allemagne.	277	1	299	7	378	3	504	32	367	27	701	3
Hollande.	154	1	79	1	149	1	293	5	249	1	349	13
Belgique.	468				12		12	15	15	1	37	
France.	1,468	591	1,408	876	1,150	653	1,695	549	1,017	461	2,242	1,163
Espagne et Portugal.	46		150	33	150	34	149	37	183	45	217	93
Italie.	138	152	91	95	110	177	141	77	112	16	146	137
Autriche.												
Grèce.												
Turquie d'Europe.	223											
Roumanie.	324		209		323		264	5	207		256	
Egypte.												
Australie.	235											
Amérique anglaise du Nord.	127											
Etats-Unis d'Amérique.	310											
Amérique du Sud.	35											
Autres contrées.	452		430		410		250	13	139		94	
Totaux.	4,348	1,100	4,258	1,350	4,126	1,123	5,163	1,130	5,192	1,114	5,801	2,693

**CUIVRE.**  
Productions de l'Angleterre.  
(Minerais vendus aux Publics Ticketings.)

Années.	1861		1862		1863		1864		1865		1866		1867		1868		1869		1870		1871			
	Quantité.	Valeur.																						
1861	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1862	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1863	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1864	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1865	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1866	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1867	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1868	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1869	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1870	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000
1871	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000	10,000	1,000,000

Prix de la tonne de cuivre sur le marché de Londres (1).

Années.	BEST SELECTED.		TROUGH CASK.	
	Prix moyennes.	Prix extrêmes.	Prix moyennes.	Prix extrêmes.
1861	100	100	100	100
1862	100	100	100	100
1863	100	100	100	100
1864	100	100	100	100
1865	100	100	100	100
1866	100	100	100	100
1867	100	100	100	100
1868	100	100	100	100
1869	100	100	100	100
1870	100	100	100	100
1871	100	100	100	100

(1) On n'a pas tenu compte ici de certains lots de minerais exceptionnels, vendus à des prix supérieurs par trop de la moyenne, soit dans un sens, soit dans l'autre.

Importation de minerais.

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Chili . . . . .	23.305	32.626	24.709	23.812	27.705	22.048	23.202	26.455	12.781	7.982	9.762	6.096	3.420
Cuba . . . . .	17.504	17.719	17.956	19.056	16.612	12.744	16.675	12.007	7.474	11.068	3.900	947	»
Australie du Sud . . . . .	1.038	699	»	»	3.543	2.891	6.966	0.980	4.334	4.896	9.084	6.751	2.832
Victoria . . . . .	5.925	5.568	8.225	7.756	358	95	2.413	4.833	5.843	9.030	6.998	7.611	3.757
Nouvelle-Galles du Sud . . . . .	364	1.720	»	»	755	120	2.045	3.207	3.062	1.461	1.120	9	277
Bolivie . . . . .	3.766	5.589	»	»	7.112	5.907	4.041	8.009	2.052	4.739	5.738	3.164	2.717
Etats-Unis . . . . .	1.729	1.510	»	»	2.344	6.329	9.211	9.250	7.207	5.533	1.591	1.226	2.221
Pérou . . . . .	3.500	789	»	»	1.965	286	3.747	3.219	1.878	725	748	738	9
Amérique anglaise du Nord . . . . .	27	134	»	»	1.893	606	452	3.710	5.528	13.557	9.996	7.405	4.189
Cap de Bonne-Espérance . . . . .	4.262	3.747	»	»	3.366	4.687	4.359	4.414	6.044	2.831	4.834	7.378	6.046
Italie . . . . .	2.065	2.256	»	»	2.607	3.494	4.559	4.480	4.821	6.434	4.894	6.203	5.210
Suède . . . . .	20	2	»	»	»	303	1.049	2.235	1.173	2.144	2.117	1.337	90
Norwège . . . . .	97	640	»	»	1.207	786	1.566	1.764	6.408	7.381	7.055	2.038	4.587
France . . . . .	495	306	»	»	1.542	2.490	1.651	2.004	3.219	2.536	625	1.098	886
Portugal et Açores . . . . .	1.894	1.460	»	»	2.553	2.790	2.021	1.739	1.789	1.891	4.495	2.764	3.087
Espagne . . . . .	6.213	4.970	3.687	5.273	9.266	4.034	2.928	1.744	3.077	3.583	3.666	9.695	9.174
Divers . . . . .	8.823	1.644	24.554	26.656	1.198	1.769	1.050	1.946	3.215	3.203	2.313	1.780	879
<b>Totaux . . . . .</b>	<b>76.021</b>	<b>84.379</b>	<b>79.131</b>	<b>87.553</b>	<b>80.036</b>	<b>71.789</b>	<b>87.995</b>	<b>100.986</b>	<b>73.905</b>	<b>88.974</b>	<b>76.983</b>	<b>66.240</b>	<b>49.441</b>

BULLETIN.

Importation de mattes.

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Chili . . . . .	10.827	17.703	18.397	31.740	19.007	23.021	37.097	31.322	26.327	26.053	34.538	38.238	27.304
Cuba . . . . .	»	»	»	»	871	601	1.116	650	256	494	217	»	»
Bolivie . . . . .	1.305	4.945	»	»	1.659	1.493	1.195	4.315	1.713	1.957	1.891	1.506	1.962
Pérou . . . . .	493	693	2.245	4.214	»	472	8	1.167	245	284	1.163	2.341	»
Cap de Bonne-Espérance . . . . .	»	»	»	»	»	2	71	25	277	145	52	10	758
Divers . . . . .	764	1.027	»	»	211	845	534	895	468	2.260	1.528	3.045	558
<b>Totaux . . . . .</b>	<b>13.389</b>	<b>24.369</b>	<b>20.642</b>	<b>35.954</b>	<b>21.748</b>	<b>26.434</b>	<b>40.321</b>	<b>35.384</b>	<b>29.286</b>	<b>31.193</b>	<b>39.389</b>	<b>45.240</b>	<b>30.582</b>

Importation de cuivre (lingots, barres, feuilles, vieux cuivre).

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Chili . . . . .	6.816	7.357	5.801	5.067	6.580	13.468	16.783	11.798	20.844	25.245	23.059	22.403	21.104
Divers . . . . .	4.361	4.634	10.239	8.981	6.406	10.376	6.490	9.538	9.318	11.171	9.527	8.672	12.297
<b>Totaux . . . . .</b>	<b>11.077</b>	<b>12.041</b>	<b>16.040</b>	<b>14.648</b>	<b>12.992</b>	<b>25.844</b>	<b>23.223</b>	<b>21.336</b>	<b>30.162</b>	<b>36.416</b>	<b>32.616</b>	<b>31.075</b>	<b>33.401</b>

BULLETIN.

Exportation de cuivre de production anglaise (métal brut, feuilles, clous, fils, laiton, métal ouvré).

DESTINATIONS.	1859	1860	1861	1862 (a)	1865	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870 (b)	1871 (c)
Inde anglaise. . . . .	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
France. . . . .	3,920			10,175	15,437	16,472	10,260	10,260	10,260	10,260	10,260	11,432	3,610
Hollande. . . . .	1,001			3,920	5,521	3,767	3,794	2,398	2,320	4,457	4,095	3,603	3,716
Belgique. . . . .				1,001	2,115	1,667	708	952	860	3,432	3,571	2,253	3,417
Allemagne. . . . .					1,432	1,823	1,176	1,009	925	1,005	2,515	4,811	
Italie. . . . .					2,251	1,340	1,962	1,430	1,109	2,727	3,120	3,179	
Turquie d'Europe. . . . .					24,596	4,325	4,804	2,462	1,409	2,987	3,120	2,891	
Egypte. . . . .					2,080	4,388	3,206	582	610	1,430	1,438	2,305	
Divers. . . . .					1,935	3,204	3,322	533	392	523	1,479	2,336	
Totaux. . . . .	23,087	26,534	23,087	26,440	43,772	37,432	32,115	28,581	38,299	38,810	43,250	39,013	27,403

(a) Non compris, en 1862, le métal ouvré et 1,324 tonnes.  
 (b) Non compris, en 1870, le cuivre pour monnaie et le lait de cuivre et 266 tonnes.  
 (c) Non compris, en 1871, 13,183 tonnes de laiton.

Réexportation de cuivre importé

1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
tonnes.												
2,435	3,735	3,986	?	7,430	9,168	9,723	14,501	14,867	?	12,334	14,746	17,867

PLOMB ET ARGENT.

DESTINATIONS.	1820		1860		1861		1865		1869		1870		1871	
	tonnes.													
DIABLE. . . . .	3,432	3,432	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286	3,286
FRANCE. . . . .	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
ALLEMAGNE. . . . .	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
ITALIE. . . . .	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
TURQUIE D'EUROPE. . . . .	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
EYPT. . . . .	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
DIVERS. . . . .	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001	1,001
Totaux. . . . .	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861	13,861

Production du Royaume-Uni.

ANNÉES.	MINÉRAI de plomb.		PLOMB.		ARGENT.		RENDIMENT moyen des minerais en plomb.		RENDIMENT moyen du plomb en argent.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	kilo.	p. 100.	gr. aux 100 kil.	gr. aux 100 kil.	gr. aux 100 kil.	
1820	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248
1860	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248
1861	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248
1865	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248
1869	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248
1870	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248
1871	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248	100,248

(a) Non compris en 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788, 2789, 2790, 2791, 2792, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2798, 2799, 2800, 2801, 2802, 2803, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2809, 2810, 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2816, 2817, 2818, 2819, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2826, 2827, 2828, 2829, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840, 2841, 2842, 2843, 2844, 2845, 2846, 2847, 2848, 2849, 2850, 2851, 2852, 2853, 2854, 2855, 2856, 2857, 2858, 2859, 2860, 2861, 2862, 2863, 2864, 2865, 2866, 2867, 2868, 2869, 2870, 2871, 2872, 2873, 2874, 2875, 2876, 2877, 2878, 2879, 2880, 2881, 2882, 2883, 2884, 2885, 2886, 2887, 2888, 2889, 2890, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898, 2899, 2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905, 2906, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2914, 2915, 2916, 2917, 2918, 2919, 2920, 2921, 2922, 2923, 2924, 2925, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2931, 2932, 2933, 2934, 2935, 2936, 2937, 2938, 2939, 2940, 2941, 2942, 2943, 2944, 2945, 2946, 2947, 2948, 2949, 2950, 2951, 2952, 2953, 2954, 2955, 2956, 2957, 2958

## Valeur des minerais et des métaux produits.

ANNÉES.	MINERAIS.	PLOMB.	ARGENT.	PLUS-VALUE résultant du traitement métallurgique	
				totale.	rapportée à la tonne de minerai.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
1859	31.416.025	35.148.125	3.960.175	7.692.275	78,69
1860	30.918.729	35.435.384	3.804.325	8.320.980	87,84
1861	28.406.225	36.131.375	3.004.046	11.329.196	117,12.
1862	29.860.000	35.908.025	4.726.025	10.774.650	105,98
1863	29.838.270	35.474.634	4.356.277	9.992.641	102,61
1864	33.740.140	36.223.980	4.407.480	6.893.320	68,40
1865	28.828.350	35.929.025	4.983.375	11.984.050	124,47
1866	29.030.700	34.537.725	4.373.775	9.880.800	101,72
1867	28.951.650	33.437.500	5.385.000	9.870.850	99,03
1868	28.769.200	34.460.100	5.784.125	11.475.025	103,40
1869	29.725.754	34.935.385	5.109.817	10.409.448	100,73
1870	30.705.237	36.317.887	4.903.512	11.216.162	107,09
1871	28.894.250	31.295.381	4.759.312	7.160.443	71,43

## Prix de la tonne de plomb sur le marché de Londres.

ANNÉES.	SAUMON.		FEUILLE.		SAUMON W. B.		
	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.	
	francs.	francs. à francs.	francs.	francs. à francs.	francs.	francs. à francs.	francs.
1859	549,12	510,73 à 565,94	523,70	504,42 à 535,18	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1860	549,02	535,18 à 562,87	523,70	504,42 à 535,18	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1861	512,11	489,05 à 532,11	560,29	547,48 à 578,24	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1862	517,14	492,12 à 541,33	501,35	527,80 à 553,63	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1863	541,30	498,27 à 541,33	522,88	510,57 à 538,27	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1864	531,49	495,20 à 541,33	537,33	519,81 à 550,56	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1865	494,58	473,66 à 529,03	493,97	492,12 à 538,27	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1866	504,42	479,81 à 529,03	529,03	516,73 à 538,27	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1867	481,04	469,05 à 492,12	506,88	495,20 à 516,73	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1868	475,51	452,14 à 481,35	495,84	485,96 à 518,27	524,11	501,35 à 554,25	554,25
1869	469,36	452,14 à 479,81	488,50	479,81 à 498,27	507,80	479,81 à 516,73	516,73
1870	458,90	442,91 à 495,20	477,97	455,21 à 525,96	482,89	467,51 à 510,57	510,57
1871	447,83	442,91 à 467,51	462,59	452,13 à 470,74	489,04	473,66 à 510,73	510,73

## Importation de minerai.

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Italie (Saraigne).	tonnes. 313	tonnes. 342	tonnes. 342	tonnes. 342	tonnes. 401	tonnes. 7.067	tonnes. 6.421	tonnes. 10.119	tonnes. 9.936	tonnes. 8.468	tonnes. 8.287
Portugal.	443	414	410	410	157	733	157	1.242	1.077	1.234	1.338
Espagne.	167	103	64	64	951	1.282	480	470	237	483	500
France.	144	"	"	"	208	111	"	225	1	895	1.028
Etats-Unis.	167	"	"	"	72	"	"	"	"	619	8.096
Australie.	506	287	331	331	628	1.139	1.318	770	460	746	1.102
Chili.	"	"	"	"	51	3	53	161	382	107	882
Divers.	800	19	89	89	206	499	1.484	642	575	677	1.079
Totaux.	2.240	885	2.434	3.286	5.956	10.834	9.756	12.676	12.668	13.139	22.255

## Importation de plomb (saumons et feuilles).

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Espagne.	tonnes. 19.985	tonnes. 18.021	tonnes. 23.479	tonnes. 24.072	tonnes. 24.867	tonnes. 33.380	tonnes. 37.284	tonnes. 38.881	tonnes. 39.327	tonnes. 43.438	tonnes. 50.246
Grèce.	899	1.224	1.398	1.398	1.536	1.472	6.650	7.846	8.619	9.720	8.941
Hollande.	1.322	1.265	1.710	1.710	2.485	1.472	732	1.052	1.544	3.252	2.952
Belgique.	1.702	2.016	1.061	1.061	2.276	685	685	305	68	240	96
Divers.	23.398	22.326	23.479	24.072	29.062	37.537	45.860	50.232	53.526	59.572	65.946
Totaux.	23.398	22.326	23.479	24.072	29.062	37.537	45.860	50.232	53.526	59.572	65.946

Exportation de plomb de production anglaise (saumons, feuilles, tuyaux et plomb de chasse).

DESTINATIONS.	1859	1860	1861	1862	1865	1866	1865(a)	1866(b)	1867(c)	1868	1869	1870	1871
	tonnes.												
Russie.....	3.560	4.859	3.937	3.081	2.791	1.613	1.897	3.687	3.875	4.994	5.273	7.310	5.069
Allemagne.....	686	672	"	"	532	512	366	830	378(d)	5.433	6.435	3.348	3.159
France.....	839	1.134	675	556	819	3.388	4.625	2.124	2.985	3.298	3.100	3.331	2.463
Inde anglaise.....	1.231	1.338	1.849	2.384	5.479	2.923	832	1.331	1.650	3.606	4.679	3.363	2.980
Chine et Hong-Kong.....	3.010	5.254	5.734	9.884	4.813	7.047	2.956	4.791	4.037	10.306	16.608	12.362	9.680
Australie.....	2.857	1.644	1.517	1.618	2.491	9.070	1.488	1.463	1.673	1.972	3.116	2.379	1.939
Amérique anglaise du Nord.....	1.080	710	"	"	1.187	1.108	348	443	813	7.015	9.441	1.026	1.182
Etats-Unis.....	3.084	4.223	779	12.890	2.447	12.070	8.359	3.308	7.038	7.095	5.553	11.193	10.933
Bresil.....	1.514	1.211	"	"	1.005	1.155	673	862	1.148	1.759	1.547	1.237	1.085
Divers.....	3.039	4.106	5.113	6.546	5.142	4.253	2.677	1.927	1.862	5.409	5.260	6.318	6.721
Totaux.....	20.900	24.473	19.604	36.929	36.629	36.339	23.501	23.696	23.079	44.587	52.515	51.907	45.201

(a) Non compris, en 1865, les tuyaux et la grenaille, en tout 4.213 tonnes.

(b) 1866, " 4.826 "

(c) 1867, " 4.506 "

(d) Ce chiffre ne se rapporte qu'au port de Hambourg.

Reexportation de plomb provenant de l'étranger.

	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
tonnes.							
744	409	872	453	507	"	2.299	659

ZINC.

Production du Royaume-Uni (se composant presque uniquement de blende).

ANNEES.	MINERAI DE ZINC.		ZINC.		PLUS-VALUE résultant du traitement métallurgique	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	totale.	rapportée à la tonne de zinc.
1859	tonnes. 13.910	francs. 977.925	tonnes. 3.756	francs. 1.894.550	francs. 2916.625	francs. 244
1860	16.592	990.782	4.427	2.238.400	1.247.618	282
1861	16.824	777.822	4.486	2.977.540	1.199.718	268
1862	17.998	401.267	2.186	1.263.712	862.445	395
1863	14.515	805.497	3.896	2.272.250	1.466.753	377
1864	16.053	1.114.065	4.052	2.474.575	1.360.510	335
1865	19.035	1.311.950	4.532	2.620.250	1.308.300	289
1866	13.623	1.066.630	3.243	1.47.880	684.250	210
1867	14.391	1.033.513	3.810	1.902.337	958.824	252
1868	13.636	979.790	3.776	1.885.892	906.102	240
1869	16.571	1.234.170	4.572	2.310.000	1.075.830	235
1870	14.494	1.026.467	3.999	1.352.400	825.933	206
1871	18.922	1.408.256	5.045	2.348.586	1.039	186

Prix de la tonne de zinc sur le marché de Londres.

ANNEES.	LINGOTS.		FEUILLE.	
	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.
1859	francs. 517,05	francs. 464,45 à 565,94	francs. " " "	francs. 615,15 à 676,66
1860	505,65	454,42 à 539,80	" " "	541,33 à 627,45
1861	440,86	384,47 à 473,66	646,11	575,17 à 590,54
1862	450,91	430,60 à 467,51	578,24	565,94 à 615,15
1863	445,37	424,45 à 469,36	589,16	627,45 à 707,42
1864	544,41	467,51 à 627,45	671,74	602,84 à 688,97
1865	506,88	449,06 à 553,63	650,83	664,36 à 738,18
1866	538,88	475,20 à 615,15	708,05	633,60 à 688,97
1867	524,11	498,27 à 547,48	673,59	608,99 à 652,06
1868	499,91	484,42 à 507,50	631,55	590,54 à 664,36
1869	505,24	482,89 à 519,81	634,83	501,35 à 602,84
1870	463,21	421,38 à 498,27	575,50	559,78 à 713,57
1871	461,06	433,68 à 569,02	600,58	" " "

## Importation de minerai.

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
	tonnes.												
France. . . . .	858	849			857	1.857	1.620	1.777	2.970	1.407	1.252	2.396	1.129
Espagne. . . . .	4.273	3.663			806	543	3.781	12.642	4.013	14.339	11.554	9.763	6.492
Italie (Sardaigne). . . . .	"	"			"	"	"	"	5.795	26.129	30.115	33.517	22.149
Norwége. . . . .	"	"			"	"	"	"	171	171	1.095	1.471	900
Divers. . . . .	291	147			293	396	102	169	49	593	310	385	714
Totaux. . . . .	5.422	4.659	?	1.579	1.956	2.796	5.503	14.588	12.998	42.639	44.526	47.532	31.384

## Importation de zinc.

PROVENANCES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
	tonnes.												
Allemagne. . . . .	22.003	19.245			25.370	22.437	18.584	15.591	17.312	14.655	14.349	8.269	5.973
Hollande. . . . .	2.320	1.546			3.586	3.330	3.731	4.916	5.382	6.375	3.947	4.412	6.123
Belgique. . . . .	5.149	3.486			5.813	3.606	7.701	8.184	9.608	9.957	15.326	15.898	17.450
France. . . . .	226	31			597	1.026	408	833	1.279	610	586	370	395
Divers. . . . .	999	158			360	1.382	752	183	278	125	225	235	228
Totaux. . . . .	30.697	24.466	25.249	24.088	35.726	31.781	31.176	29.707	34.359	31.722	31.433	29.234	30.169

## Exportation de zinc de production anglaise.

DÉSTINATIONS.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
	tonnes.												
Indes anglaises. . . . .	3.155	2.900			3.049	3.091	2.362	2.858	5.586	4.293	4.425	4.434	4.815
France. . . . .	192	1.399			47	303	182	568	396	1.675	3.977	1.619	451
Russie. . . . .	"	"			16	21	46	80	112	49	45	108	71
Italie. . . . .	35	49			42	86	103	112	"	105	88	166	149
Turquie. . . . .	248	65			42	31	219	63	106	86	59	45	41
Australie. . . . .	486	223			635	597	461	573	312	491	596	261	186
Etats-Unis. . . . .	152	"			99	322	483	661	"	1.146	334	119	105
Divers. . . . .	685	719			1.436	680	676	626	962	745	783	711	687
Totaux. . . . .	4.953	5.355	4.457	5.133	5.392	5.271	4.532	5.541	7.454	8.590	10.307	7.463	6.505

## Réexportation de zinc de provenance étrangère.

1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
tonnes.												
8.823	4.286	4.442	"	4.353	3.480	3.331	3.504	6.890	3.770	3.050	3.034	2.337

## FER.

Production des minerais (\*).

CONTÉS.	NATURE des minerais.	1859	1860	1861	1862	1863
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Cornwall. . . . .	Hématite brune. . .	37.566	25.553	28.017	26.272	26.211
	Hématite rouge. . .					
Devonshire. . . . .	Hématite brune. . .	3.849	4.092	5.759	3.787	7.436
	Oxyde magnétique. .					
	Mine jaune. . . . .					
Somersetshire. . . .	Fer spathique. . . .	24.732	19.280	25.376	31.279	34.309
	Hématite brune. . .	2.485	606	9.575		3.407
Gloucestershire. . . .	Carbonate argileux. .	3.808	5.824		2.231	
	Hématite brune. . .	113.394	96.509	107.127	169.522	136.601
Herefordshire. . . . .	Idem. . . . .					
	Oxyde hydraté. . . .	30.930	81.291	59.505	51.100	77.462
Hampshire. . . . .	Minerai argileux et siliceux. . . . .	10.375	6.528	4.276	3.709	1.459
	Oxyde hydraté. . . .	6.432	6.222	5.974	2.394	5.028
Oxfordshire. . . . .	Hématite brune. . .					
	Oxyde hydraté. . . .	138.746	102.055	120.697	124.515	135.668
Northamptonshire. .	Idem. . . . .	2.134	18.020	35.801	55.671	74.281
	Hématite brune. . .					
Lincolnshire. . . . .	Carbonate argileux. .	210.787	176.558	238.323	240.456	266.728
	Idem. . . . .	32.537	20.803	16.269	15.735	13.131
Warwickshire. . . . .	Idem. . . . .	293.370	267.233	160.020	155.219	131.622
	Oxyde hydraté. . . .	372.313	514.976	372.521	534.289	576.783
Staffordshire nord. .	Carbonate argileux. .	880.110	838.185	776.097	747.293	576.783
	Idem. . . . .	347.243	413.385	493.007	368.526	272.911
Staffordshire sud. . .	Hématite rouge. . . .	474.775	555.621	553.861	596.753	702.228
	Idem. . . . .	427.047	498.027	503.629	568.732	736.189
Cumberland. . . . .	Hématite brune. . .	1.996	2.059	408	875	511
	Carbonate argileux. .	1.621.901	1.569.603	1.206.296	1.802.996	1.972.788
Yorkshire. (North Riding ou Cleveland. . . . .	Oxyde magnétique. .					
	Carbonate argileux. .	186.690	272.781	251.231	373.943	508.370
West Riding. . . . .	Idem. . . . .					
	Hématite brune. . .	14.210	13.335	11.468	13.309	131.230
Northumberland et Durham. . . . .	Fer spathique. . . . .					
	Carbonate argileux. .	92.887	90.784	88.011	55.153	22.299
Galles du Nord. . . . .	Hématite brune. . .					
	Carbonate argileux. .	648.143	630.360	536.244	339.123	338.918
Galles du Sud et Monmouthshire. . . .	Hématite brune. . .	45.019	42.477	48.604	114.464	58.200
	Carbonate argileux et blackband. . .	2.373.630	2.293.620	2.106.930	1.600.200	1.600.200
Écosse. . . . .	Hématite brune. . .		65	175	11.128	16.548
	Blackband et minerai argileux. . . . .	3.200	49			17.210
Irlande. . . . .	Minerai alumineux. .					
	Fer spathique et hématite brune ou rouge. . . . .	1.368	1.783	1.032	690	385
Production totale du Royaume-Uni. . . .		8.401.674	8.567.678	7.700.200	8.061.960	9.159.525

(\*) Pour une partie de la production, il a été impossible de savoir si, dans les documents fournis par les exploitants, il s'agissait de minerai brut ou de minerai grillé. Les seuls nombres relatifs à l'année 1870 s'appliquent exclusivement à des minerais bruts. Les autres sont tous trop faibles. Pour se rendre compte de la

## FER.

Production des minerais (\*).

1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
tonnes.							
36.485	33.524	19.931	6.855	8.865	4.928	5.195	13.753
11.807	40.341	43.335	10.361	11.847	7.146	5.768	9.766
38.732	29.465	31.437	34.697	29.791	530	10.181	13.788
17.857	661	677			693	2.251	1.067
151.319	162.911	172.959	166.601	178.463	183.514	195.761	221.466
85.257	102.454	80.698	88.102	80.099	111.796	108.203	170.575
5.441	3.756						
7.112	2.728	1.654					
358.218	388.688	508.843	444.606	479.117	576.348	812.091	831.372
79.604	133.306	187.459	205.052	218.704	269.928	264.918	270.719
271.596	292.101	305.005	266.700	297.148	339.758	360.180	443.759
16.802	17.602	20.002	16.537	15.784	16.002	18.669	36.351
304.838	293.370		266.700	757.306	640.080	903.848	1.520.457
316.840	587.263	653.141	580.882	82.133	733.691	67.082	93.697
1.011.860	703.554	637.963	560.070	363.328	373.380	480.060	752.803
347.350	368.088	351.511	373.380	392.212	375.590	410.574	525.904
737.606	648.016	731.533	714.936	818.902	836.912	930.183	993.222
921.465	956.984	894.035	950.080	988.527	1.117.814	1.302.886	1.387.928
2.244.879	2.680.185	2.750.934	2.731.873	2.747.250	3.013.797	4.006.717	4.552.575
317.453	266.700	245.771	190.133	224.115	287.604	338.240	335.396
592.074	613.410	381.058	617.677	838.118	246.329	323.272	435.251
187.223	128.016	111.014	123.429	133.350	138.151	133.350	209.993
25.336	104.013	59.410	46.598	38.205	32.004	107.034	94.358
5.736	800	1.058	533	533	35.664	63.197	55.353
424.156	343.852	321.432	819.963	670.851	674.146	502.819	691.608
75.436	69.069	71.952	78.542	89.540	92.407	94.647	342.675
2.080.260	1.568.196	1.693.001	1.349.289	1.333.500	2.080.260	3.733.800	3.200.400
47.971			5.867			45.693	73.340
17.093	31.062	27.230	38.955	44.239	52.064	37.090	15.371
	128			234	1.377		30
10.737.761	10.585.951	10.308.787	10.690.619	10.847.061	12.281.192	15.324.605	17.426.005

manière dont a progressé la production des minerais de fer, le mieux est de considérer la production de la fonte, en admettant que l'on consomme 2 3/4 tonnes de minerai par tonne de fonte et déduisant les minerais importés.

FER (suite).

Valeur des mi-

COMTÉS.	NATURE des minerais.	1859	1860	1861	1862	1865
Cornwall. . . . .	Hématite brune. . .	francs. 270.968	francs. 166.595	francs. 209.301	francs. 271.735	francs. 277.631
	Hématite rouge. . .	"	"	"	"	"
Devonshire. . . . .	Hématite brune. . .	42.800	38.360	53.990	51.000	46.091
	Oxyde magnétique. .	"	"	"	"	"
Somersetshire. . . . .	Mine jaune. . . . .	"	"	"	"	"
	Fer spathique. . . .	289.787	225.908	297.347	366.501	469.611
	Hématite brune. . . .	31.625	7.112	"	"	"
Gloucestershire. . . . .	Carbonate argileux. .	41.125	68.250	112.192	13.069	31.530
	Hématite brune. . . .	1.195.775	1.017.755	1.129.736	1.787.715	1.434.311
Herefordshire. . . . .	Idem. . . . .	"	"	"	"	"
Wiltshire. . . . .	Oxyde hydraté. . . .	344.306	906.125	662.342	568.806	726.121
Hampshire. . . . .	Minéral argileux et siliceux. . . . .	96.325	65.042	42.674	38.736	46.660
	Oxyde hydraté. . . .	60.300	55.700	52.500	30.875	18.300
Northamptonshire. . . . .	Hématite brune. . . .	"	"	"	"	"
	Oxyde hydraté. . . .	827.867	580.400	713.372	798.505	1.041.112
Lincolnshire. . . . .	Idem. . . . .	20.000	168.695	335.090	520.625	606.119
	Hématite brune. . . .	"	"	"	"	"
Shropshire. . . . .	Carbonate argileux. .	1.247.430	893.750	1.210.082	1.220.916	1.545.000
Warwickshire. . . . .	Idem. . . . .	264.000	125.625	100.000	92.187	78.291
	Idem. . . . .	2.312.500	1.625.000	1.312.500	1.273.125	1.402.500
Staffordshire nord. . . . .	Oxyde hydraté. . . .	3.487.500	4.242.992	3.055.299	4.379.797	4.734.292
Staffordshire sud. . . . .	Carbonate argileux. .	7.312.500	6.625.000	5.688.562	6.348.269	7.437.500
Derbyshire. . . . .	Idem. . . . .	2.012.500	2.431.875	2.478.250	2.159.062	2.160.625
Lancashire. . . . .	Hématite rouge. . . .	5.841.271	6.510.361	6.489.750	6.992.375	8.233.601
	Idem. . . . .	5.504.207	6.419.200	6.494.250	7.663.590	10.332.075
Cumberland. . . . .	Hématite brune. . . .	14.032	14.475	757	1.179	11.119
	Carbonate argileux. .	5.706.391	5.447.150	4.234.217	6.335.331	15.591.641
Yorkshire. . . . .	Oxyde magnétique. .	"	"	"	"	"
	West Riding. . . . .	1.125.000	1.598.125	1.471.875	2.190.625	2.966.750
Northumberland et Durham. . . . .	Idem. . . . .	112.500	78.125	75.000	85.750	967.500
Galles du nord. . . . .	Fer spathique. . . . .	"	"	"	"	"
	Carbonate argileux. .	337.484	532.292	515.625	356.875	241.016
Galles du sud et Monmouthshire. . . . .	Hématite brune. . . .	"	"	"	"	"
	Carbonate argileux. .	4.485.212	3.463.779	3.642.522	2.522.724	3.698.910
Ecosse. . . . .	Hématite brune. . . .	633.000	597.000	683.410	1.209.247	488.425
	Carbonate argileux et blackband. . . . .	18.375.000	17.750.000	16.458.325	12.500.000	13.125.000
Irlande. . . . .	Hématite brune. . . .	"	625	"	"	"
	Blackband et mine- ral argileux. . . . .	27.500	450	1.550	150.950	277.137
Ile de Man. . . . .	Minéral alumineux. .	"	"	"	"	"
	Fer spathique et hé- matite brune ou rouge. . . . .	27.613	49.984	20.417	6.470	4.768
Production totale du Royaume-Uni. . . . .		62.246.518	61.665.717	57.577.935	59.969.789	78.050.975

FER (suite).

nerais produits.

1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
francs. 321.588	francs. 265.246	francs. 169.666	francs. 50.089	francs. 61.514	francs. 45.263	francs. 39.862	francs. 219.080
"	"	"	"	"	"	"	"
131.788	325.986	312.205	74.465	90.787	49.483	82.300	129.895
"	"	406	5.000	912	3.788	"	3.750
"	"	"	"	"	"	"	18.750
473.713	344.270	368.350	406.562	"	166.452	197.775	688.900
197.990	7.750	7.937	"	304.200	5.478	18.456	66.366
122.787	65.250	42.250	"	"	27.553	26.469	66.825
1.595.760	1.724.562	1.824.547	1.756.775	1.833.347	1.936.509	2.064.414	3.876.500
"	2.312	1.344	"	"	"	"	"
799.177	772.900	756.450	825.850	750.825	1.047.950	633.894	699.725
58.375	43.109	"	"	"	"	"	"
66.660	22.025	13.585	"	"	"	"	"
2.119.031	2.403.425	2.973.548	2.604.783	2.806.972	3.376.621	4.757.800	3.328.897
447.250	741.938	1.043.337	1.201.325	1.285.621	1.571.246	1.474.506	1.106.125
"	"	"	"	"	"	"	161.500
1.580.225	1.711.312	1.786.918	1.562.500	1.740.875	1.990.519	2.954.249	3.927.075
98.437	103.125	117.187	96.875	92.407	93.750	153.125	389.250
2.134.462	2.062.500	"	1.562.500	4.880.450	3.750.000	7.413.455	21.373.750
2.227.500	4.862.827	5.163.250	3.743.437	481.200	4.298.437	550.218	1.646.800
7.011.250	4.740.150	4.118.166	3.411.250	2.172.700	2.406.450	3.937.500	11.337.800
2.035.000	2.187.500	2.059.375	2.187.500	2.296.500	2.200.450	3.367.819	7.394.550
8.642.757	7.592.987	8.571.581	8.341.950	9.595.300	9.806.337	16.348.825	29.095.250
13.244.505	12.804.404	13.453.831	14.233.800	15.259.250	18.336.482	22.559.905	36.171.775
"	"	"	250	"	"	"	52.850
15.782.325	17.481.380	16.192.695	18.726.595	16.101.400	17.656.750	25.559.380	26.659.395
1.673.750	1.562.750	2.337.250	1.225.313	1.444.425	1.684.969	1.981.625	1.989.967
2.843.750	3.593.750	2.231.250	3.618.750	4.910.175	1.443.156	1.923.237	2.549.962
1.316.250	750.000	681.250	794.250	781.250	187.500	627.075	1.230.925
182.039	731.250	417.675	303.064	263.401	260.262	518.250	583.719
63.851	5.625	7.450	"	465	"	"	"
3.997.316	2.684.325	2.668.896	4.891.237	4.088.873	6.850.987	4.124.165	7.701.247
636.705	531.375	615.000	540.525	733.556	726.696	776.307	5.884.322
16.266.250	9.187.500	9.918.750	7.780.000	7.625.000	12.187.500	21.875.000	20.625.000
390.066	"	"	37.812	"	"	"	267.825
118.082	205.054	132.844	228.225	262.306	305.025	217.300	216.100
"	"	"	"	"	"	"	310.750
"	1.500	"	"	1.665	25.338	"	938
86.455.852	79.575.724	78.009.958	80.252.932	79.914.973	93.314.210	125.762.432	191.774.600

## Répartition de la production par nature de minerais.

ANNÉES.	HÉMATITE ROUGE.			OXYDE MAGNÉTIQUE.		
	Produc- tion.	Valeur		Produc- tion.	Valeur	
		totale.	moyenne par tonne.		totale.	moyenne par tonne.
	tonnes.	francs.	francs.	tonnes.	francs.	francs.
1859	904.822	11.345.478	12,58	"	"	"
1860	1.053.648	12.929.561	12,27	"	"	"
1861	1.057.480	12.984.000	12,28	"	"	"
1862	1.165.491	14.655.965	12,58	"	"	"
1863	1.438.714	18.585.108	12,91	239.914	1.142.435	4,76
1864	1.659.071	21.887.262	13,19	317.458	1.673.750	5,27
1865	1.605.100	20.397.391	12,71	266.700	1.562.750	5,86
1866	1.625.568	22.025.412	13,55	245.825	1.537.656	6,25
1867	1.661.965	22.575.750	13,58	190.666	1.230.313	6,45
1868	1.807.429	24.854.550	13,75	224.193	1.445.337	6,45
1869	1.954.726	28.142.819	14,40	288.143	1.688.757	5,86
1870	2.237.737	38.949.282	17,41	338.240	1.984.625	5,86
1871	2.390.852	65.335.681	27,33	330.609	1.993.747	6,03

ANNÉES.	HÉMATITE BRUNE.			MINÉRAIS OXYDÉS HYDRATÉS.		
	Produc- tion.	Valeur		Produc- tion.	Valeur	
		totale.	moyenne par tonne.		totale.	moyenne par tonne.
	tonnes.	francs.	francs.	tonnes.	francs.	francs.
1859	204.306	2.184.200	10,69	550.553	4.739.973	8,61
1860	171.360	1.841.922	10,74	720.464	5.931.912	8,23
1861	193.863	2.122.194	10,94	594.498	4.848.603	8,11
1862	317.541	3.354.626	10,56	767.970	6.258.608	8,15
1863	240.309	2.266.173	9,43	869.091	7.245.711	8,34
1864	328.704	3.139.758	9,55	847.030	5.659.618	6,68
1865	312.525	2.860.756	9,15	1.104.440	8.803.105	7,97
1866	310.036	2.938.149	9,47	1.431.793	9.950.135	6,95
1867	268.782	2.464.717	9,16	1.348.642	8.375.395	6,23
1868	289.249	2.774.204	9,58	860.059	5.324.618	6,19
1869	299.577	2.827.313	9,44	1.604.762	10.294.254	6,39
1870	596.123	3.401.683	5,70	1.252.983	7.421.293	5,92
1871	736.642	42.645.913	16,35	1.367.430	6.800.297	4,97

## Répartition de la production par nature de minerais. (Suite).

ANNÉES.	FER SPATHIQUE.			CARBONATE ARGILEUX ET BLACKBAND.		
	Produc- tion.	Valeur		Produc- tion.	Valeur	
		totale.	moyenne par tonne.		totale.	moyenne par tonne.
	tonnes.	francs.	francs.	tonnes.	francs.	francs.
1859	24.732	289.787	11,72	6.601.419	43.109.158	6,53
1860	19.280	225.908	11,72	6.488.398	39.619.004	6,16
1861	25.376	297.347	11,72	5.802.428	37.106.958	6,39
1862	31.279	366.501	11,72	5.750.845	35.032.183	6,09
1863	34.360	402.612	11,72	6.229.000	47.231.658	7,58
1864	38.732	473.713	12,23	7.336.228	52.049.136	7,09
1865	29.465	344.270	11,68	7.025.922	44.810.633	6,38
1866	31.437	368.350	11,72	6.553.114	39.709.006	6,06
1867	34.697	406.562	11,72	7.092.383	44.404.682	6,26
1868	29.791	260.000	8,69	7.502.818	44.427.748	5,92
1869	57.029	393.952	6,86	7.988.577	49.981.777	6,26
1870	124.613	754.850	6,24	10.993.608	72.645.449	6,66
1871	123.755	1.241.706	10,64	12.387.329	103.471.879	8,35

ANNÉES.	MINÉRAIS NON DÉNOMMÉS.			ENSEMBLE.		
	Produc- tion.	Valeur		Produc- tion.	Valeur	
		totale.	moyenne par tonne.		totale.	moyenne par tonne.
	tonnes.	francs.	francs.	tonnes.	francs.	francs.
1859	118.840	572.922	4,87	8.401.674	62.246.548	7,41
1860	114.528	4.117.440	9,76	8.567.678	61.665.717	7,20
1861	26.555	254.833	9,48	7.700.200	57.577.935	7,48
1862	28.834	304.906	10,47	8.061.960	59.969.789	7,44
1863	137.882	1.177.278	8,54	9.189.267	75.050.975	8,19
1864	210.538	1.572.645	7,47	10.737.761	86.455.852	8,05
1865	151.799	796.819	5,25	10.585.951	79.575.724	7,52
1866	111.044	684.559	6,14	10.308.737	78.009.958	7,57
1867	123.484	795.513	6,44	10.690.619	80.252.932	7,51
1868	132.522	828.566	6,25	10.847.061	79.914.973	7,37
1869	1.377	25.338	18,36	12.281.192	93.314.210	7,60
1870	64.254	513.250	8,07	15.324.605	125.762.432	8,21
1871	89.388	885.407	9,90	17.426.005	194.774.600	11,00

Pour l'importation des minerais, voir le tableau général de l'importation, p. 670.

Part proportionnelle de chaque espèce de minéral dans la production de la fonte. (Extrait du volume de 1866.)

Minéral carbonaté des houillères. . . . .	42 p. 100
Minéral carbonaté de Cleveland. . . . .	28 —
Hématite rouge du Lancashire et du Cumberland. . . . .	15 —
Minéral oxydé hydraté. . . . .	13 —
Minéral carbonaté spathique. . . . .	2 —

Outre les minerais proprement dits, produits dans le Royaume-Uni ou importés de l'étranger, l'industrie du fer utilise les résidus qui fournissent les pyrites légèrement cuivreuses, après grillage et extraction du cuivre, et qui sont désignés sous le nom de *purple Ore*. Dans chacune des deux années 1870 et 1871, il en a été consommé 200.000 tonnes environ, dont 20.000 à 30.000 dans les

Production de la fonte.

	1859	1860	1861	1862	1863
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
<b>ANGLETERRE.</b>					
Northumberland. . . . .	32.004	70.198	74.432	47.285	41.571
Durham. . . . .	376.264	346.376	317.022	342.276	475.811
Yorkshire (North Riding). . . . .	219.585	252.644	238.410	287.649	330.240
Yorkshire (West Riding). . . . .	86.309	99.670	145.161	113.803	106.517
Derbyshire. . . . .	141.478	127.864	131.790	132.970	172.749
Lancashire. . . . .	26.915	32.550	111.127	149.641	166.739
Cumberland. . . . .	50.898	89.357	86.047	105.007	107.785
Shropshire. . . . .	151.872	147.523	143.044	127.871	137.726
North Staffordshire. . . . .	145.796	149.301	190.703	187.222	173.323
South Staffordshire. . . . .	482.905	477.012	401.980	416.373	702.213
Northamptonshire. . . . .	13.005	7.716	7.854	13.673	14.323
Lincolnshire. . . . .	"	"	"	"	"
Gloucestershire. . . . .	32.258	26.851	23.533	"	40.053
Wiltshire. . . . .	5.588	22.225	"	52.747	24.967
Somersetshire. . . . .	5.080	4.991	17.607	"	"
Totaux partiels. . . . .	1.769.957	1.901.318	1.858.710	1.967.517	2.490.434
<b>PAYS DE GALLES.</b>					
<i>Galles du Nord.</i>					
Denbighshire. . . . .	27.412	50.154	47.404	32.195	51.893
<i>Galles du Sud.</i>					
Fourneaux à anthracite. . . . .	59.863	53.096	51.552	30.831	23.311
Fourneaux à Brecknockshire. . . . .	548.101	525.805	461.082	448.497	446.753
houille grasse. (Monmouthshire. . . . .)	60.554	50.363	43.993	39.585	36.271
	332.537	355.265	343.654	387.796	354.977
Totaux partiels. . . . .	1.028.467	1.034.683	947.885	938.904	913.210
<b>ÉCOSSE.</b>					
	975.919	951.992	965.200	1.096.200	1.178.560
Totaux généraux. . . . .	3.774.343	3.887.993	3.771.795	4.002.621	4.582.194

hauts fourneaux, le reste dans les fours à puddler, où le *purple Ore* remplace avantageusement l'hématite, attendu qu'il n'exige aucuns frais de broyage. En 1867, ces résidus valaient 17 francs la tonne. Leur teneur en fer varie de 62 à 67 p. 100, suivant la nature des pyrites dont ils proviennent.

Voici l'analyse du *purple Ore* obtenu avec les pyrites de Mason.

Sesquioxyle de fer. . . . .	96,00, soit 67 p. 100 de fer.
Plomb (à l'état de sulfate). . . . .	0,75
Cuivre. . . . .	0,20
Soufre. . . . .	0,36
Chaux. . . . .	0,40
Résidu insoluble. . . . .	2,11
Soude. . . . .	0,10
Total. . . . .	99,92

de la fonte.

1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
tonnes.							
56.354	50.079	51.263	31.523	17.775	16.197	34.161	34.712
474.452	484.395	303.649	485.480	507.585	669.042	687.795	771.392
415.652	494.204	554.828	651.146	710.686	778.673	931.641	1.046.363
113.886	125.205	121.663	110.746	101.651	107.457	78.960	116.392
177.539	192.394	203.065	162.588	161.861	191.367	182.648	274.813
198.587	208.204	273.979	323.902	330.573	443.649	429.492	528.685
143.289	109.149	138.524	111.596	118.734	131.173	259.261	341.954
132.757	119.220	123.099	125.582	147.476	200.602	114.097	131.538
221.484	209.568	213.700	205.569	233.592	235.624	308.292	272.593
638.854	703.709	541.147	533.888	540.750	578.675	597.957	737.330
23.188	26.139	19.481	25.586	36.153	42.164	43.857	61.480
		13.985	25.988	34.543	34.326	32.197	30.604
66.357	66.518	60.764	72.325	77.060	82.607	95.099	101.597
2.662.399	2.788.784	2.618.147	2.855.919	3.018.439	3.511.556	3.795.397	4.449.443
51.926	52.704	25.923	33.368	37.639	39.143	43.378	42.563
26.787	29.680	35.068	36.074	38.753	28.355	28.956	35.317
469.211	414.951	462.471	409.499	405.680	354.051	485.895	518.248
34.808	50.546	28.194	29.914	29.464	32.716	30.567	30.567
421.317	363.378	416.560	424.927	434.666	398.665	480.009	478.518
1.004.549	911.259	968.216	933.782	946.202	852.934	1.038.238	1.105.213
1.177.290	1.181.593	1.009.904	1.047.496	1.085.088	1.168.400	1.225.296	1.178.560
4.844.238	4.881.636	4.596.267	4.837.197	5.049.729	5.532.890	6.058.931	6.733.216

Nombre de hauts-fourneaux.

	1859		1860		1861		1862		1865	
	existants.	en feu.								
ANGLETERRE.										
Northumberland. . . . .	18	6	18	7	18	7	19	6	19	7
Durham. . . . .	62	46	61	37	60	32 1/4	61	33 1/4	71	47
Yorkshire (North Riding). . . . .	30	23	33	25	33	26	33	28	42	33
Yorkshire (West Riding). . . . .	35	25	34	23	34	27	35	26	35	24
Derbyshire. . . . .	36	27	37	23	37	24	44	32	42	31
Lancashire. . . . .	9	7	10	8	12	10	14	11	17	11 1/2
Cumberland. . . . .	13	7	13	8	13	8	13	7	15	10
Shropshire. . . . .	37	30	32	26	31	22 1/2	31	23	31	24
North Staffordshire. . . . .	29	23 1/2	31	25	32	23 1/2	33	23	33	25 1/2
South Staffordshire. . . . .	184	123 1/2	181	108 1/2	182	114	192	107	200	110
Northamptonshire. . . . .	4	3	4	3	4	3	4	3	5	3
Lincolnshire. . . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Gloucestershire. . . . .	10	6	9	4	9	3	9	5	9	6
Wiltshire. . . . .	4	2	4	4	4	2	5	2	5	3
Somersetshire. . . . .	1	1	2	1	2	1	2	0	2	1
Totaux partiels. . . . .	471	329	469	304 1/2	471	303 1/4	495	306 1/4	529	333 1/2
PAYS DE GALLES.										
Galles du Nord.										
Denbighshire. . . . .	13	6	14	8	12	5	13	5	13	7
Galles du Sud.										
Fourneaux à anthracite. . . . .	36	18	36	16	31	14	32	9	31	9
Fourneaux à Brecknockshire. . . . .	89	73	89	64	78	59	82	61	82	60
à Monmouthshire. . . . .	19	14	19	10	17	10	17	8	17	8
houille grasse. . . . .	59	42	70	49	74	54	66	47	67	46
Totaux partiels. . . . .	216	153	228	147	212	142	210	130	210	130
ÉCOSSE.										
Ayrshire. . . . .	45	34	46	36	43	35	43	33	43	36
Lanarkshire. . . . .	100	76	99	78	98	75	100	76	98	79
Fifeshire. . . . .	12	6	12	7	12	4	12	6	12	8
Linlithgowshire. . . . .	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Stirlingshire. . . . .	7	5	7	5	7	6	7	6	7	6
Haddingtonshire. . . . .	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
Argyleshire. . . . .	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Totaux partiels. . . . .	170	125	170	131	169	124	171	125	166	134
Totaux généraux. . . . .	857	607	867	582 1/2	852	569 1/4	876	561 1/4	905	597 3/4

	1864		1865		1866		1867		1868		1869		1870		1871		
	existants.	en feu.															
17	7	18	7	18	6	18	3	18	1	18	1	18	1	12	3	10	3
62	42	65	47	70	47	71	39	72	35 1/2	73	40	76	50 1/4	61	47 1/2	75	70
47	41	65	53 1/2	67	55 1/2	67	50 1/2	69	50	69	34	74	67	75	70	39	25
35	25	38	29	36	29	36	25	38	22	38	23	38	22	39	25	43	30
43	31	41	34	42	33	43	30	42	28	43	31	43	30	46	38	41	34
15	13 1/2	24	16 1/2	25	19	25	19	28	22 1/2	30	27	33	27	41	34	34	28 3/4
16	11	16	9	18	12	18	8 3/5	18	8	18	9	33	24	34	28	25	19
30	22 3/4	29	23	29	23	29	22	29	24	29	23	29	22	32	25	19	14
35	25	35	27	35	28 1/3	35	23	36	25	37	27	36	26 1/2	35	30	163	108
172	104 1/2	172	114	167	112	177	91 1/2	172	89	164	95	171	114	163	108	12	9
4	3	5	4	9	6	9	5	6	6	6	5	6	5	6	4	7	4
4	6	5	3	6	3	6	5	6	5	6	5	6	5	6	4	7	4
9	6	9	6	10	6	10	6	10	6	10	5	10	5	10	5	10	5
3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
502	340 3/4	527	376	537	383	550	331 3/5	552	325	550	350	578	421 3/4	566	429 1/4	566	429 1/4
14	8	14	7	10	5	9	5	9	4	8	6	8	6	8	5	8	5
29	9	29	9	24	11	25	11	23	11	23	9	23	9	19	8	19	8
82	64	81	64	83	63	76	49	75	48	79	53	75	54	72	53	72	53
17	10	17	10	15	9	15	5	14	5	17	6	17	6	14	4	14	4
69	50	68	45	71	49	71	50	72	44	59	44	59	45	62	47	62	47
211	141	212	140	203	137	196	120	193	112	186	118	182	120	175	117	175	117
43	34	45	41	45	28	45	34	50	34	48	38	46	34	43	35	43	35
101	81	101	84	95	58	96	67	91	77	92	77	92	78	92	79	92	79
12	6	13	6	12	4	13	3	13	3	13	5	6	3	6	3	6	3
4	3	4	3	4	3	4	2	4	2	4	4	4	3	4	3	4	3
7	6	7	6	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
169	131	179	141	165	98	167	142	167	123	165	132	156	123	156	127	156	127
883	612 3/4	918	657	905	618	913	563 3/5	912	560	911	600	916	564 3/4	897	673 1/4	897	673 1/4

Prix de la tonne de fonte sur le marché de Londres.

658

ANNÉES.	FONTE DU PAYS DE GALLES.			FONTE D'ÉCOSSE.			FONTE DE CLEVELAND.		
	Prix moyen.	Prix maximum.	Prix minimum.	Prix moyen.	Prix maximum.	Prix minimum.	Prix moyen.	Prix maximum.	Prix minimum.
1859	francs. 92,27	francs. 92,27	francs. 92,27	francs. 63,97	francs. 70,13	francs. 59,05	francs. 65,51	francs. 73,22	francs. 61,51
1860	93,50	104,57	86,12	66,43	75,67	60,90	67,56	70,13	61,51
1861	86,12	86,12	86,12	61,00	65,20	60,28	70,13	70,13	70,13
1862	86,12	86,12	86,12	66,43	70,12	65,20	60,28	60,28	60,28
1863	94,94	110,72	86,12	71,93	82,12	69,81	60,28	63,05	60,08
1864	110,72	110,72	110,72	68,89	83,20	65,20	70,13	78,74	60,90
1865	117,49	123,03	110,72	72,60	78,74	65,20	60,90	60,90	60,90
1866	108,88	123,03	104,57	78,74	102,11	65,82	60,90	60,90	60,90
1867	103,03	107,65	98,42	72,91	75,67	69,51	60,90	60,90	60,90
1868	98,42	98,42	98,42	67,97	69,51	66,12	60,90	60,90	60,90
1869	98,42	98,42	98,42	70,75	76,28	67,66	60,90	60,90	60,90
1870	98,42	98,42	98,42	72,91	78,74	68,89	60,90	60,90	60,90
1871	106,52	123,03	98,42	76,48	84,58	68,89	60,90	60,90	60,90

BULLETIN.

Forges. — Nombre des fours à puddler.

COMTÉS.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
<i>Angleterre :</i>													
Northumberland. . . . .	»	52	»	58	45	101	80	74	78	78	66	44	54
Cumberland. . . . .	»	»	»	»	»	»	36	50	50	52	64	89	95
Durham. . . . .	»	236	289	363	423	752	688	700	719	726	925	1.053	951
Yorkshire (district de Cleveland). . . . .	»	116	209	181	198	362	328	394	400	405	476	529	542
» (district de Leeds et Bradford). . . . .	»	189	256	279	270	248	254	280	280	231	244	326	247
» (district de Sheffield et Rotherham). . . . .	»	190	162	202	210	340	340	263	357	347	378	342	353
Derbyshire. . . . .	»	99	60	53	67	80	92	»	14	91	91	91	94
Somersetshire. . . . .	»	»	»	»	»	»	»	12	12	»	10	19	10
South Staffordshire. . . . .	1.687	1.574	1.588	1.783	1.821	1.939	2.116	1.829	1.801	1.695	1.700	1.934	2.037
North Staffordshire. . . . .	»	42	139	216	240	403	401	544	400	389	414	406	429
Shropshire. . . . .	»	93	134	133	150	176	185	213	201	214	208	206	218
Lancashire. . . . .	»	»	»	»	»	109	109	158	152	141	170	192	154
<i>Galles du Nord :</i>													
Glamorganshire. . . . .	»	627	626	670	653	791	762	583	560	563	555	568	613
Brecknockshire. . . . .	»	63	96	96	96	85	85	83	66	66	66	62	86
Monmouthshire. . . . .	»	282	309	412	455	559	485	611	459	540	482	535	553
<i>Écosse. . . . .</i>	»	50	339	350	350	415	383	303	307	309	338	339	339
Totaux. . . . .	»	8.613	4.147	4.832	5.013	6.338	6.407	6.239	6.009	5.900	6.243	6.789	6.838

BULLETIN.

659

Forges. — Nombre des laminoirs.

CONTES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
<b>Angleterre:</b>													
Northumberland	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Cumberland	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Durham	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Yorkshire (district de Cleveland)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
(district de Leeds et Bradford)	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312
(district de Sheffield et Rotherham)	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312	312
Derbyshire	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Somersetshire	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
South Staffordshire	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
North Staffordshire	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Shropshire	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Lancashire	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
<b>Galles du nord:</b>													
Galles du sud	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Glamorganshire	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Breconshire	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monmouthshire	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Ecosse:</b>													
Totaux	289	439	647	654	705	730	826	831	831	859	851	864	

**Fabrication de l'acier Bessemer.**

ANNÉES.	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
NOMBRE DES USINES.	17	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19
NOMBRE DES CONVERTISSEURS.	57	59	71	89	71	89	71	89	71	89	71	89
CAPACITÉ TOTALE DES CONVERTISSEURS.	251	269,5	331,5	453	251	269,5	331,5	453	251	269,5	331,5	453

Exportation.

NATURE.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Fonte et fer brut.	321.438	348.047	394.212	451.823	473.886	473.411	556.403	508.508	574.662	561.847	729.026	765.392	1.077.980
Fer en barres, fer à T, etc.	305.598	316.444	262.202	312.989	335.933	284.238	258.325	273.730	306.251	307.466	364.607	326.598	354.712
Rails	537.390	460.700	383.606	407.177	453.583	414.746	441.249	503.989	589.860	592.824	902.218	1.076.342	994.631
Fils de fer (autres que fils télégraphiques)	12.589	14.180	11.990	14.984	20.630	19.749	24.523	22.893	19.716	22.128	25.047	23.822	26.474
Fer-blanc	38.065.450	37.520.300	32.689.750	50.873	56.689	50.981	63.722	72.115	80.248	89.816	98.249	101.440	121.671
Fer à cercles, tôles de chaudières et autres	110.230	85.227	118.561	144.888	123.256	117.888	137.827	148.527	152.634	201.725	184.388	204.540	
Fonte moulée	82.603	76.171	76.256	67.618	84.888	69.979	92.783	77.623	82.835	86.872	243.234	237.461	248.236
Fers façonnés divers	203.875	106.651	108.194	99.931	108.114	108.823	124.899	131.977	109.671	123.494	121.940	108.457	141.052
Vieux fers	25.119	32.687	22.150	26.199	2.501	3.550	3.008	16.812	48.041	96.787	34.007	35.524	39.797
Acier brut	25.119	32.687	22.150	26.199	29.146	27.263	24.259	34.964	33.208	31.864	34.007	35.524	39.797
Articles façonnés en acier et en fer	10.470	11.353	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183	13.183
Totaux	1.576.346	1.710.258	1.577.996	1.707.059	1.732.439	1.903.019	1.975.847	2.723.613	2.870.783	3.222.326	3.222.326	3.222.326	

Importation.

NATURE.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
Fer en barres	43.396	54.926	36.057	50.456	47.381	54.782	52.287	65.205	72.850	65.724	69.558	75.335	75.730
Acier brut	3.277	3.848	3.765	5.131	4.080	7.741	6.885	4.522	8.774	7.776	10.940	8.199	7.690
Fer et acier façonnés ou manufacturés	140.656	123.017	245.964	448.019	644.522	453.177	210.383	204.644	319.464	528.517	728.056	536.597	
Totaux	197.329	263.681	385.787	505.667	558.844	615.694	615.555	779.532	848.674	848.674	848.674	848.674	

TOME IV, 1873.

BULLETIN.

BULLETIN.

Exportation de fonte d'Écosse.

DESTINATIONS	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
	tonnes.												
France	32,167	31,756	62,618	78,429	51,756	51,756	51,756	51,756	51,756	51,756	51,756	51,756	51,756
Allemagne	35,271	38,057	54,535	52,716	38,057	38,057	38,057	38,057	38,057	38,057	38,057	38,057	38,057
Hollande	38,935	32,523	40,891	7,702	32,523	32,523	32,523	32,523	32,523	32,523	32,523	32,523	32,523
Danemark	6,004	4,974	7,688	2,286	4,974	4,974	4,974	4,974	4,974	4,974	4,974	4,974	4,974
Suède et Norvège	1,916	1,286	2,635	2,847	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286
Russie	5,759	3,988	890	970	3,988	3,988	3,988	3,988	3,988	3,988	3,988	3,988	3,988
Belgique	1,158	198	287	75	198	198	198	198	198	198	198	198	198
Jersey et Guernesey	230	284	303	303	284	284	284	284	284	284	284	284	284
Alger	2	102	66	30	102	102	102	102	102	102	102	102	102
Gibraltar	3	40	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Italie	10,637	45,499	19,875	11,378	45,499	45,499	45,499	45,499	45,499	45,499	45,499	45,499	45,499
Espagne et Portugal	8,765	9,849	13,609	20,785	9,849	9,849	9,849	9,849	9,849	9,849	9,849	9,849	9,849
Turquie et Égypte	628	173	437	273	173	173	173	173	173	173	173	173	173
États-Unis	86,550	78,508	33,034	20,785	78,508	78,508	78,508	78,508	78,508	78,508	78,508	78,508	78,508
Amérique anglaise	10,949	45,407	17,366	15,153	45,407	45,407	45,407	45,407	45,407	45,407	45,407	45,407	45,407
Amérique du Sud	2,983	1,777	2,357	1,554	1,777	1,777	1,777	1,777	1,777	1,777	1,777	1,777	1,777
Indes occidentales	440	247	482	315	247	247	247	247	247	247	247	247	247
Indes orientales	3,539	1,767	3,856	2,792	1,767	1,767	1,767	1,767	1,767	1,767	1,767	1,767	1,767
Chine	30	142	142	146	142	142	142	142	142	142	142	142	142
Australie	3,616	3,351	1,525	3,585	3,351	3,351	3,351	3,351	3,351	3,351	3,351	3,351	3,351
<b>Totaux</b>	<b>258,308</b>	<b>259,472</b>	<b>271,152</b>	<b>274,014</b>	<b>259,472</b>								

CHARBON.

Production.

COMTÉS	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865
	tonnes.						
Durham et Northumberland	17,070,000	19,463,454	20,423,848	20,653,628	23,634,043	24,839,763	26,704,875
Cumberland	1,114,488	1,249,278	1,339,521	1,419,150	1,416,036	1,473,032	1,526,641
Yorkshire	8,915,355	9,904,171	10,011,324	9,873,767	10,030,587	9,398,082	9,980,021
Derbyshire	4,652,340	5,269,992	5,498,089	4,837,725	4,854,740	4,769,396	4,902,746
Nottinghamshire	379,514	581,406	690,220	781,607	800,100	849,919	1,168,679
Warwickshire	735,000	778,764	789,432	723,290	731,291	804,367	916,381
Leicestershire	6,534,150	8,459,207	7,538,300	8,025,270	8,396,057	12,225,369	13,016,015
Staffordshire et Worcestershire	11,361,420	12,108,180	13,010,160	11,305,413	11,601,983	12,300,204	12,761,062
Lancashire	747,293	800,633	855,115	840,372	877,710	877,710	906,780
Cheshire	816,902	907,313	885,117	1,098,537	1,226,820	1,226,820	1,210,818
Gloucestershire	1,333,500	5,871,027	6,945,961	1,866,900	2,080,260	2,080,260	2,000,250
Somersetshire	4,000,900	4,347,210	4,297,604	4,400,900	4,347,210	4,297,604	4,400,900
Monmouthshire	10,241,654	6,679,634	7,137,714	7,200,318	7,379,142	7,412,126	8,439,996
Galles du sud	1,773,922	1,867,433	1,984,683	1,770,888	1,843,430	2,119,796	2,115,464
Galles du nord	10,988,040	14,628,653	11,824,214	11,815,877	11,842,013	13,228,320	13,495,020
Ecosse	128,336	127,403	131,291	136,017	135,537	133,350	131,750
Irlande							
<b>Totaux</b>	<b>76,788,014</b>	<b>85,389,548</b>	<b>89,222,046</b>	<b>87,091,777</b>	<b>92,056,533</b>	<b>98,986,103</b>	<b>104,707,043</b>

COMTÉS	1866	1867	1868	1869	1870	1871
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Durham et Northumberland	26,877,546	26,526,589	26,023,697	27,486,561	29,458,123	31,140,855
Cumberland	1,590,045	1,613,550	1,470,078	1,505,050	1,502,305	1,518,761
Yorkshire	10,363,642	10,501,126	10,391,176	11,553,259	11,315,125	13,056,388
Derbyshire	5,067,554	4,854,526	5,289,065	5,824,822	5,443,096	5,718,048
Nottinghamshire	1,707,477	1,680,210	1,609,203	1,680,690	2,256,679	2,634,355
Warwickshire	826,770	939,690	669,600	624,757	690,796	771,937
Leicestershire	924,446	1,226,820	648,708	694,167	639,493	746,653
Staffordshire et Worcestershire	13,120,125	13,363,328	13,116,071	13,515,404	14,113,530	15,235,238
Lancashire	13,143,509	13,699,312	13,655,573	14,930,399	14,733,148	14,776,247
Cheshire	955,319	997,453	1,000,125	1,031,587	991,217	1,040,130
Shropshire	1,302,243	1,662,608	1,595,329	1,485,905	1,433,033	1,440,180
Gloucestershire	1,974,327	2,106,930	2,400,529	2,112,210	2,086,565	1,506,958
Somersetshire	4,741,926	4,874,743	4,534,433	4,560,730	4,655,880	5,243,882
Monmouthshire	10,002,789	9,699,666	9,557,995	9,792,850	9,920,994	9,729,216
Galles du sud	2,221,078	2,529,650	2,544,318	2,484,146	2,484,609	2,667,000
Galles du nord	13,468,350	15,069,556	15,692,584	15,380,215	15,932,181	16,469,569
Ecosse	132,017	133,350	135,430	136,468	150,921	176,822
Irlande						
<b>Totaux</b>	<b>108,419,463</b>	<b>111,481,112</b>	<b>110,030,984</b>	<b>114,614,220</b>	<b>117,807,995</b>	<b>125,191,432</b>

Pris de la tonne de houille sur le marché de Londres.

ANNÉES.	NEWCASTLE.						SUNDERLAND.			HARTLEPOOL.		
	WALLS END.		TANFIELD.		HARTLEY.		EDÉN MAIN.			W. E. KELLOE.		
	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix extrêmes.	
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
1860	"	18,44 à 27,93	"	14,64 à 21,10	"	16,89 à 24,31	"	18,84 à 26,95	"	"	"	
1861	21,49	19,33 — 30,17	16,01	14,64 — 23,73	17,57	18,93 — 21,10	18,84	20,30 — 28,71	"	"	"	
1862	18,26	15,82 — 22,28	16,80	14,06 — 17,87	18,06	17,03 — 20,80	19,23	17,03 — 21,63	"	"	"	
1863	18,64	14,94 — 21,97	16,10	14,06 — 18,16	18,84	16,40 — 20,22	18,83	17,03 — 22,57	19,72	17,87 à 22,87	"	
1864	21,91	17,28 — 25,83	17,57	15,23 — 21,09	20,51	17,28 — 23,75	21,78	17,87 — 27,25	21,97	18,40 — 26,95	"	
1865	21,10	17,87 — 26,66	16,40	15,23 — 19,03	20,22	17,28 — 25,20	21,88	18,44 — 26,37	21,97	18,40 — 26,66	"	
1866	20,80	17,87 — 24,03	17,57	17,03 — 18,16	19,92	18,16 — 24,90	21,30	18,44 — 24,53	21,69	19,03 — 25,49	"	
1867	21,39	19,03 — 29,30	"	"	20,70	19,03 — 22,87	21,88	19,03 — 26,95	21,97	19,03 — 24,61	"	
1868	18,45	16,40 — 21,39	HOLYWELL MAIN.			18,35	16,70 — 19,33	19,13	17,57 — 21,63	19,33	17,27 — 22,28	
1869	18,45	15,82 — 25,49	18,45	16,84 — 21,10	17,87	16,70 — 19,92	19,62	17,03 — 25,20	19,62	17,27 — 24,91		
1870	19,03	16,10 — 24,03	19,33	17,28 — 20,80	18,74	17,57 — 20,22	19,43	17,28 — 22,87	19,92	17,87 — 24,61		
1871	20,02	17,87 — 26,95	20,02	17,57 — 25,21	20,02	17,28 — 23,44	19,73	17,77 — 26,66	22,08	18,40 — 27,54		

BULLETIN

	ANNÉES.	NATURE.	1859		1860		1861		1862		1863		1864		1865	
			Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.
Houille.			7.237.530	7.532.021	8.065.317	8.346.917	8.827.996	9.398.410	9.804.064							
Coke.			227.846	264.311	305.264	295.704	270.671	277.969	314.201							
Anthracite.			9.636	14.597	8.735	14.536	13.955	13.425	15.506							
Agglomérés.			80.010	96.705	85.042	84.086	66.401	103.176	130.873							
			1.131.050	1.383.750	1.184.350	1.196.500	"	"	"							
			1866	1867	1868	1869	1870	1871								
Houille.			10.278.816	10.724.283	11.198.015	10.933.508	11.907.175	13.065.504								
Coke.			325.903	366.260	346.780	365.992	348.093	364.702								
Anthracite.			13.238	20.008	15.166	12.410	16.656	"								
Agglomérés.			195.809	160.075	137.892	166.973	211.821	201.285								
			2.892.325	3.112.325	3.434.925	3.446.950	3.093.550	3.125.850								

BULLETIN

Années.	Répartition de la houille exportée.												
	France.	Îles de la Manche.	Belgique.	Hollande.	Allemagne.	Danemark et Islande.	Norvège.	Suède.	Russie.	Portugal.	Espagne.	Italie.	Méditerranée.
1856	1.212.204	40.270	209.327	209.327	1.074.188	918.384	429.787	106.959	144.934	227.318	91.310	194.319	153.356
1857	1.369.503	75.623	248.590	248.590	1.074.188	446.846	429.787	147.129	183.533	319.427	78.273	229.005	239.375
1858	1.434.144	70.396	261.955	261.955	1.112.419	367.694	367.694	94.253	151.584	326.767	76.848	222.342	276.803
1859	1.494.985	69.767	249.677	249.677	1.078.565	449.785	449.785	119.667	176.287	344.351	97.172	302.703	381.464
1860	1.461.760	69.406	250.979	250.979	1.158.428	388.232	388.232	135.050	207.097	349.145	110.110	370.031	313.338
1861	1.370.973	73.212	244.892	244.892	1.229.320	539.734	539.734	133.180	224.643	403.364	141.424	400.645	314.966
1862	1.477.164	74.985	248.805	248.805	1.249.367	539.293	539.293	132.516	231.856	419.907	130.207	442.168	467.327
1863	1.380.376	70.784	271.393	271.393	1.173.100	532.829	532.829	112.354	219.168	447.064	145.979	474.649	492.677
1864	1.470.979	66.429	231.936	231.936	1.244.761	557.939	557.939	153.368	267.698	497.117	146.011	414.983	433.809
1865	1.667.010	69.174	250.995	250.995	1.339.153	551.331	551.331	153.368	267.698	497.117	146.011	414.983	433.809
1866	2.024.922	69.174	250.995	250.995	1.231.232	639.466	639.466	178.032	269.928	553.751	156.976	452.796	556.529
1867	2.102.836	70.922	287.738	287.738	1.560.049	80.970	80.970	230.947	372.551	617.930	774.265	436.416	560.389
1868	2.033.098	72.675	274.436	274.436	1.762.617	676.246	676.246	245.703	336.346	653.080	173.850	464.337	540.043
1869	2.413.166	69.093	104.680	104.680	2.614.368	581.916	581.916	197.095	281.304	663.168	181.472	429.430	724.983
1870	2.195.293	79.700	140.143	140.143	2.665.244	744.348	744.348	264.726	394.410	839.613	218.876	512.874	819.399
1871	2.009.715	76.266	124.498	124.498	2.3487.035	691.492	691.492	236.461	394.360	930.876	480.962	507.639	814.795

Années.	COMTES.		NATURE.		1860	1861	1862	1863	1864	1865
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.						
1860	1.060.472	9.814.375	67.473	662.659	67.473	662.659	65.662	64.936	102.125	104.281
1861	1.308.265	11.926.525	64.808	736.736	64.808	736.736	65.662	64.936	102.125	104.281
1862	1.419.198	12.814.975	65.662	960.838	65.662	960.838	65.662	64.936	102.125	104.281
1863	1.303.088	11.926.525	64.808	736.736	64.808	736.736	65.662	64.936	102.125	104.281
1864	1.434.144	12.814.975	65.662	960.838	65.662	960.838	65.662	64.936	102.125	104.281
1865	1.303.088	11.926.525	64.808	736.736	64.808	736.736	65.662	64.936	102.125	104.281

Argile et kaolin (Suite).

Années.	COMTES.		NATURE.		1866	1867	1868	1869	1870	1871
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.						
1866	1.226.528	9.814.375	112.702	1.226.528	112.702	1.226.528	106.680	112.761	117.902	133.350
1867	1.197.780	9.814.375	135.484	1.197.780	135.484	1.197.780	106.680	112.761	117.902	133.350
1868	1.080.113	7.944.250	140.678	1.080.113	140.678	1.080.113	106.680	112.761	117.902	133.350
1869	1.284.000	11.926.525	106.680	1.284.000	106.680	1.284.000	106.680	112.761	117.902	133.350
1870	1.284.000	11.926.525	106.680	1.284.000	106.680	1.284.000	106.680	112.761	117.902	133.350
1871	1.284.000	11.926.525	106.680	1.284.000	106.680	1.284.000	106.680	112.761	117.902	133.350

MINÉRAIS DIVERS.

ANNÉES.	SEL.				CARBONATE et sulfate de baryte.		COPROLITES.	
	Production.		Exportation.		Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.				
1859	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
1860	1.674.563	"	603.429	6.348.050	"	"	32.004	1.500.000
1861	992.886	"	743.267	8.954.050	14.245	243.750	40.065	1.875.000
1862	919.515	"	749.823	9.254.200	12.216	"	"	"
1863	986.653	"	714.533	8.025.150	10.632	"	"	"
1864	938.574	"	666.520	7.164.925	"	"	"	"
1865	910.009	"	636.389	6.913.975	520	9.175	"	"
1866	1.085.154	"	616.482	6.807.250	"	"	"	"
1867	1.488.121	20.924.075	644.566	9.111.375	"	43.792	"	"
1868	1.614.964	23.180.675	772.729	11.148.525	11.849	195.175	39.472	1.757.500
1869	1.333.500	17.187.500	850.775	12.138.425	15.186	218.200	40.005	1.787.500
1870	1.588.945	18.618.125	888.344	10.764.800	6.387	85.375	"	"
1871	1.606.308	18.821.550	952.001	11.691.425	6.950	94.275	37.338	1.250.000
					5.881	88.475	38.938	1.275.000

Minerais divers (suite).

ANNÉES.	SPATH FLUOR.		OXYDE DE MANGANÈSE.		ARSENIC BRUT (*).	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
1859	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
1860	86	2.138	1.314	92.325	497	21.222
1861	"	"	995	77.400	580	24.960
1862	"	"	937	73.125	1.293	38.185
			"	"	960	20.525
1863	"	"	La production s'arrête, par suite de l'importation des manganèses d'Espagne.			
1864	22	315	525	34.750	1.982	84.750
1865	58	1.152	"	"	382	15.111
1866	4.65	46.00	"	"	1.191	32.525
1867	"	"	862	80.800	2.306	102.800
1868	64	1.050	1.867	196.875	3.520	242.750
1869	"	"	1.662	197.425	2.732	286.600
1870	"	"	5.161	487.475	4.321 (a)	443.475
1871	54.940	650	5.919	573.950	4.424	387.975

(\* Les fondeurs de métaux produisent de grandes quantités d'arsenic, mais elles ne sont pas comptées ici. — Ainsi, en 1868, 1.560 tonnes d'arsenic ont été produites à Swansea (a) Près de 2.000 tonnes de cet arsenic proviennent du grillage de minerais d'étain.

Minerais divers (suite).

ANNÉES.	TERRE foulon.		GOSSANS, OCRES, terre d'ombre, etc.		PYRITE DE FER.				WOLFRAM.	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Production.		Importation (*).		Quantité.	Valeur.
					Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.		
1859	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
1860	"	"	189	6.725	145.149	2.092.600	"	"	27.737	7.300
1861	"	"	636	21.725	144.731	2.203.475	"	"	20.212	"
1862	"	"	8.534	3.247	75.405	133.404	1.992.875	00.782	6.401	725
1863	"	"	8.534	3.117	65.450	405.008	1.455.325	110.146	"	12.802
1864	"	"	"	"	4.790	114.400	101.479	1.530.875	191.209	13.868
1865	"	"	"	"	3.252	68.975	400.767	1.452.425	182.423	2.507
1866	"	"	"	"	1.423	20.978	121.823	1.779.350	"	2.241
1867	"	"	"	"	5.364	76.226	145.496	1.948.300	"	"
1868	"	"	"	"	5.849	145.200	124.697	1.686.325	200.942	11.201
1869	"	"	"	"	7.139	130.300	81.593	1.340.900	245.066 (a)	9.811
1870	"	"	"	"	6.090	123.575	81.021	1.025.575	341.330	21.424.050
1871	"	"	"	"	5.167	106.525	62.331	900.650	439.001	27.378.775
					743	34.900	66.113	1.624.693	484.935 (b)	29.106.175
									15.0	3.478

(\* Les pyrites importées, qui proviennent presque toutes d'Espagne, sont en général assez cuivreuses pour que l'on traite le résidu du grillage (*Burnt Ore*) par voie humide, afin d'en retirer le cuivre, soit à l'état métallique, soit à l'état de sulfate. On a traité ainsi 215.000 tonnes de *Burnt Ore* en 1870 et 240.000 en 1871.

Le résidu de cette opération est de l'oxyde de fer désigné dans le commerce sous le nom de *Purple Ore*. On l'utilise principalement dans les fours à puddler, au lieu d'hématite, ce qui évite les frais de broyage du minerai; les hauts-fourneaux en consomment aussi une certaine quantité.

(a) La quantité de cuivre extraite de ces pyrites après grillage est évaluée à 4.300 tonnes.  
(b) Ce chiffre comprend des pyrites ne contenant pas de cuivre (100.000 tonnes environ) et des pyrites légèrement cuivreuses, dont on extrait le cuivre après grillage.

Minerais divers (suite).

ANNÉES.	TUNGSTATE de soude.		MINÉRAI d'uranium.		MINÉRAI de nickel.		MINÉRAI de cobalt.		MINÉRAI de bismuth.		MINÉRAI d'argent.		QUARTZ aurifère.	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
1859	ton.	fr.	ton.	fr.	ton.	fr.	ton.	fr.	ton.	fr.	ton.	fr.	ton.	fr.
1860	"	"	"	250	2.134	3.025	"	"	"	"	"	"	"	"
1861	"	"	"	"	6.405	6.350	"	"	"	"	195.990	9.056	"	"
1862	"	"	"	"	0.854	500	"	"	"	"	12.961	32.511	"	"
1863	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	213.360	"	"	"
1864	"	"	"	0.159	575	"	"	"	"	"	"	"	862	375.000
1865	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.492	249.775
1866	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.565	145.600
1867	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.123	66.400
1868	"	"	"	"	2.134	350	"	"	"	"	"	"	3.458	133.000
1869	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.270	25.000
1870	15.055	5.297	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1871	26.937	9.469	"	"	0.639	675	"	"	"	"	"	"	"	17.069
	6.268	2.222	"	"	2.134	2.450	3.200	3.000	0.107	350	5.456	10.541	"	"

Tableau général de l'importation

1851	NATURE.	1859	1860	1861	1862	1865
Minerai et régule d'étain.	Quantité. . tonnes.	601	719	589	389	594
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerai de cuivre.	Quantité. . tonnes.	76.021	81.379	79.131	87.553	86.036
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Mattes de cuivre.	Quantité. . tonnes.	13.389	21.368	20.642	35.954	21.748
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerai de plomb.	Quantité. . tonnes.	2.240	865	2.454	3.286	937
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerai d'argent.	Quantité. . tonnes.	6.881	6.330	5.054	7.003	5.874
	Valeur. . . francs.	8.565.925	9.570.150	"	"	"
Minerai de zinc.	Quantité. . tonnes.	5.422	4.659	"	1.579	1.956
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerai d'antimoine.	Quantité. . tonnes.	1.271	2.136	2.433	1.191	2.078
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Régule d'antimoine.	Quantité. . tonnes.	19,04	20	31	28	15
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerai de cobalt.	Quantité. . tonnes.	518,4	364	750	8.987	449
	Valeur. . . francs.	504.875	347.375	"	"	"
Minerai de nickel.	Quantité. . tonnes.	14.963	97	1.243	422	"
	Valeur. . . francs.	27.025	"	"	"	"
Minerai d'or.	Quantité. . tonnes.	19,4	43,1	6	6,9	8,7
	Valeur. . . francs.	84.875	44.625	"	"	"
Minerai de platine.	Quantité. . tonnes.	"	"	0,356	7,5	"
	Valeur. . . francs.	467.575	494.475	"	"	"
Minerai de fer.	Quantité. . tonnes.	31.283	24.656	24.987	40.630	59.068
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Pyrite et minerai de soufre.	Quantité. . tonnes.	28.417(a)	45.082(a)	99.782	110.146	191.209
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerai de manganèse.	Quantité. . tonnes.	37.811	25.926	22.014	22.462	36.897
	Valeur. . . francs.	"	"	"	"	"
Minerais divers.	Quantité. . tonnes.	"	"	7.083	852	1.567
	Valeur. . . francs.	3.769.850	4.053.925	"	"	"

(a) Ce nombre donne la quantité de pyrite entrée dans le seul port de Liverpool, soit l'importation totale.

des minerais de toute espèce

1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871
563	683	416	330	453	569	388	599
"	"	"	"	"	727.025	539.100	794.425
71.789	87.995	100.986	78.995	88.974	76.983	66.240	49.440
"	"	"	"	"	70.149.700	48.463.325	43.814.600
26.434	40.321	35.381	20.286	31.193	39.389	45.240	30.582
"	"	"	"	"	29.332.425	31.914.875	26.949.875
3.216	5.956	10.834	9.756	12.676	12.668	13.139	22.255
"	"	"	"	"	3.332.975	3.664.050	7.053.525
5.092	7.029	5.861	3.619	3.368	3.379	4.867	15.979
5.512.725	9.559.775	6.889.975	3.619.975	3.642.000	4.459.950	7.493.150	23.848.900
2.796	5.503	14.588	12.098	42.639	44.526	47.532	31.394
218.575	"	1.387.050	"	3.333.150	9.502.625	4.700.900	3.267.025
1.776	919	1.015	994	2.297	2.076	3.233	"
"	"	"	"	"	699.975	1.391.525	"
98	1.679	511	"	481	511	444	"
"	"	"	"	"	135.425	733.700	"
1.001	820	457.5	44	318	318	10	"
f.043.600	675.750	399.750	"	25.300	5.500	11.000	"
3.290	2.683	1.863	1.640	1.195	617	953	"
f.310.725	494.350	626.100	"	227.625	265.400	858.900	"
20.19	55	93	26	91	31	2	140
20.100	41.125	90.725	"	825	"	3.475	640.700
0,250	"	0,152	"	"	"	"	"
12.300	"	375	"	"	"	10.000	"
30.196	82.109	60.469	92.352	122.689	140.092	222.225	345.679
1.434.275	1.812.275	1.227.025	"	2.365.500	2.541.100	4.154.750	8.579.375
182.423	206.535	260.910	290.942	245.069	341.339	439.900	484.935
14.196.375	12.757.375	16.177.475	"	14.514.956	21.424.030	27.378.775	29.106.175
54.729	49.672	51.947	55.889	59.387	54.961	34.889	31.987
"	"	"	"	"	5.922.300	3.851.475	3.228.950
1.567	463	996	729	299	325	1.504	10.249
481.825	254.625	314.000	"	49.400	138.675	446.325	3.713.550

(Extrait des 15 derniers volumes des Mineral Statistics of the United Kingdom, par M. H. VOISIN, ingénieur des mines.)

Statistique de l'industrie minière de la Belgique pour l'année 1872.

Houille.

	1871	1872
Nombre de mines.	167	128
Production . . . . .	tonnes. 13.733.176	15.058.948
{ Quantité . . . . .	tonnes.	
{ Valeur . . . . .	francs. 153.803.244	208.559.408
Prix de vente moyen par tonne . . . . .	francs. 11,20	13,32
Dépenses . . . . .	francs. 81.377.533	104.037.044
{ en salaires . . . . .	francs. "	"
{ pour travaux préparatoires . . . . .	francs. "	"
{ totales . . . . .	francs. 139.513.261	173.030.544
Prix-moyen de la main-d'œuvre par tonne . . . . .	francs. 5,20	6,64
Prix de revient moyen par tonne . . . . .	francs. 10,16	11,05
Mines en gain . . . . .	francs. 2.382.818	17.633.208
{ Nombre . . . . .	tonnes. 23	39
{ Gain . . . . .	francs. "	"
Mines en perte . . . . .	francs. 2.104.344	2.104.344
{ Nombre . . . . .	tonnes. 10	10
{ Déficit . . . . .	francs. "	"
Bénéfice net . . . . .	francs. 14.289.950	35.528.864
{ par tonne . . . . .	francs. 4,04	2,27
Nombre d'ouvriers . . . . .	76.232	98.363
{ à l'intérieur . . . . .	"	"
{ au jour . . . . .	"	"
{ total . . . . .	94.286	98.363
Production annuelle moyenne par ouvrier . . . . .	tonnes. 146	159
Salaire annuel moyen . . . . .	francs. 863	1.052
Stock au 31 décembre . . . . .	tonnes. 515.967	94.584

Voici, pour la province du Hainaut, qui, en 1872, a produit à elle seule 11.616.166 tonnes de houille, soit à peu près les trois quarts de la production totale du royaume, des données sur le nombre et la profondeur des puits et des étages d'exploitation, et sur le nombre et la force des machines :

	PROFONDEUR	
	Nombre	Profondeur
Puits ou sièges d'exploitation en activité . . . . .	209	863
en réserve . . . . .	42	635
en avancement . . . . .	294	588
d'exhaure . . . . .	101	640
spéciaux d'aérage . . . . .	137	369
Étages d'exploitation . . . . .	331	795

Statistique de l'industrie minière de la Belgique pour l'année 1872.

	NOMBRE.	FORCE COLLECTIVE.
Machines d'extraction . . . . .	293	chevaux-vapeur. 28.577
d'épuisement . . . . .	109	19.306
d'aérage . . . . .	245	7.605
pour usages divers . . . . .	417	4.530
Totaux . . . . .	1.064	60.018

Exportation de houille et de coke.

	DESTINATIONS.				
	France	Zollverein et grand-duché de Luxembourg.	Pays-Bas.	Divers.	totale.
<b>Houille.</b>	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1871 1 <sup>er</sup> semestre . . . . .	1.143.645	44.838	165.253	210	1.353.946
2 <sup>e</sup> semestre . . . . .	2.402.949	22.175	188.369	1.788	2.315.281
1872 1 <sup>er</sup> semestre . . . . .	2.139.150	23.575	155.306	2.129	2.320.160
2 <sup>e</sup> semestre . . . . .	2.040.674	32.018	153.382	14.793	2.240.867
<b>Coke.</b>	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1871 1 <sup>er</sup> semestre . . . . .	90.899	105.177	629	151	196.856
2 <sup>e</sup> semestre . . . . .	167.164	120.595	3.866	861	294.286
1872 1 <sup>er</sup> semestre . . . . .	197.801	187.941	758	481	386.981
2 <sup>e</sup> semestre . . . . .	175.092	182.294	2.483	1.569	361.438

Importation.

ANNÉES.	HOUILLE.	COKE.
1871 . . . . .	tonnes. 200.789	tonnes. 3.193
1872 . . . . .	210.317	8.101

En 1872, la Belgique n'a importé que 95.804 tonnes de houille anglaise, tandis qu'elle en avait importé 126.202 tonnes en 1871, et 132.111 tonnes en 1870.

En vue de déterminer, pour 1872, la quantité de houille consommée en Belgique, calculons les quantités de houille crue que représente le coke importé et exporté. En adoptant un rendement de 70 0/0, on trouve que ces quantités sont respectivement de 11.573 et de 1.069.170 tonnes. Le chiffre de la consommation s'établit de la manière suivante :

	tonnes.
Production. . . . .	75.658,04
Importation. Houille crue. . . . .	2.033,00
Houille employée à la fabrication du coke importée. . . . .	11,373
Diminution du stock. . . . .	1491,383
Total. . . . .	16.302,21
Exportation. Houille crue. . . . .	1.561,027
Houille employée à la fabrication du coke exportée. . . . .	1.069,170
Total. . . . .	2.630,197
Consommation. . . . .	10.672,024

La Belgique a consommé, en 1872, près de 800,000 tonnes de houille de plus qu'en 1871.

En ce qui concerne le prix de la houille; il faut remarquer que le prix de vente moyen donné plus haut, pour l'année 1872, est de beaucoup inférieur à la moyenne des cours de l'année; cela tient à ce qu'une forte partie de la production était engagée par des contrats conclus antérieurement à la hausse, & des prix relativement peu élevés.

M. Berchem, ingénieur principal des mines pour la province de Namur, expose dans son rapport, au sujet de la crise houillère, les considérations suivantes :

« Le haut prix des charbons est généralement attribué à la reprise presque subite et extraordinaire de la grande industrie, après la guerre de 1870-1871; la crise à dû s'étendre non-seulement à la France, qui était directement atteinte par cette guerre, mais encore aux pays voisins producteurs et exportateurs vers la France, c'est-à-dire à la Belgique, à l'Allemagne, à l'Angleterre; elle devait donc être à peu près générale...

« .... Depuis la hausse exceptionnelle des prix de vente, deux des mines de houille les plus importantes de la province de Namur ont été cédées à des sociétés qui y consacreront des capitaux considérables en vue d'une extension de production; cinq charbonnages de moindre importance, qui étaient abandonnés depuis un grand nombre d'années, viennent d'être remis en activité ou vont l'être incessamment, soit par les anciens propriétaires, soit, pour la plupart, par de nouveaux acquéreurs.

« Le haut prix du charbon a donc généralement pour effet de provoquer l'ouverture de nouvelles mines ou la reprise de mines abandonnées; mais en augmentant de mesurement la production, il arrive un moment où l'offre dépasse la demande et qu'en conséquence, une baisse dans les prix de vente devient inévitable.

ce résultat ne sera toutefois obtenu qu'après l'achèvement des travaux préparatoires nécessaires à la mise à fruit des nouveaux sièges d'extraction, et pourra se faire attendre un ou deux ans et peut être plus longtemps..

« On a dit que la cherté du charbon doit être attribuée à l'élévation des salaires; je pense que généralement c'est l'inverse qui est vrai; c'est-à-dire que, depuis que les grèves sont devenues un moyen de régler les relations entre le patron et l'ouvrier, ce dernier exige toujours un salaire directement en rapport avec la valeur de la marchandise qu'il produit.

« L'industrie houillère n'a pas, dans mon arrondissement, l'importance qu'elle présente dans les provinces du Hainaut et de Liège; d'un autre côté, notre ouvrier mineur, qui possède généralement peu et bien, est encore trop attaché à l'exploitation de sa localité pour l'abandonner ou pour devenir exigeant à la moindre hausse de salaire dans un établissement voisin; par ces deux motifs, la thèse générale énoncée ci-dessus ne trouve pas ici une application directe; il m'a toutefois paru intéressant de rechercher dans quel rapport se trouvait, pendant la période de dix années qui a précédé 1872, le taux moyen des salaires avec le prix moyen de la tonne de houille; j'ai formé, à cet effet, le tableau ci-après :

ANNÉES.	PRIX MOYEN de la tonne de houille.	DIFFÉRENCE de chaque année à la précédente		TAUX MOYEN du salaire journalier.	DIFFÉRENCE de chaque année à la précédente	
		en plus.	en moins.		en plus.	en moins.
	francs.	p. 100.	p. 100.	francs.	p. 100.	p. 100.
1863	6,63			2,17		
1863	6,41		3	2,15		1
1864	6,93	8		2,39	6	
1865	7,53	9		2,54	11	
1866	7,92	5		3,01	18	
1867	8,33	5		2,87		
1868	8,39	2		2,49		
1869	7,50	11		2,49		
1870	7,70	2		2,73	9	
1871	8,32	8		2,73		
Différences de 1862 à 1871.		25			25	
1872	10,26	23		3,26	19	

On voit par les quelques oscillations qu'on remarque dans ce tableau, le prix du charbonnet et de taux des salaires ont suivi une progression généralement constante, laquelle se résume, au bout de la période, en une augmentation de 25 p. 100, exactement égale pour les deux prix. Mais le pas que cette progression a fait de 1871

à 1872 est presque aussi grand que la distance parcourue pendant toute la période de dix ans, puisque l'augmentation a été de 23 p. 100 pour le prix du charbon et de 19 p. 100 pour les salaires. Je dois faire observer que les chiffres ci-dessus de 10',26 et de 52',26 représentent les moyennes de l'année 1872, et que si l'on n'établissait la comparaison qu'entre les derniers mois de cette année et l'époque qui a précédé la crise, l'augmentation serait beaucoup plus considérable, surtout en ce qui concerne le prix du charbon, puisque, pour certaines qualités, ce prix a subi une augmentation de 100 p. 100.

« Pour terminer ces considérations, je dirai que je suis un peu de l'avis de l'un des membres de la commission de l'enquête ouverte en Angleterre, M. Dickinson, qui pense que la panique a été l'une des causes principales de la cherté du charbon, et qui n'admet pas que le taux des salaires ait exercé une influence quelconque à l'origine de la crise actuelle. »

Voici, touchant la partie technique, un extrait du rapport de M. E. Laguesse, ingénieur en chef, directeur des mines pour la province du Hainaut :

« Il a été monté un grand nombre de machines d'extraction dont plusieurs avec détente facultative. Quant au choix entre les cylindres horizontaux et verticaux, on ne voit pas qu'il y ait eu de système bien arrêté. Sur un puits, on a combiné les deux types en faisant l'un des cylindres horizontal et l'autre vertical.

« On a installé au puits n° 3 du charbonnage de l'*Agrappe* diverses machines à air comprimé, notamment pour le service d'une ravale et pour l'extraction par un puits intérieur.

« Tous les ventilateurs mis en activité en 1872, au nombre d'une douzaine, sont à force centrifuge. Il en sera autrement pendant l'exercice courant, attendu que plusieurs ventilateurs du système Lemielle sont en construction pour le moment.

« En ce qui concerne les *Fahrkunst*, il y a plutôt tendance à les supprimer qu'à en installer de nouvelles.

« La transmission de la force motrice à l'intérieur des travaux par l'envoi de vapeur prise à la surface n'a pas rencontré grande faveur.

« L'usage des chaudières Belleville, dans les mines, ne s'est pas non plus généralisé; on semble même y avoir renoncé dans les établissements où l'essai a été tenté.

« Le charbonnage de *Crachet-Picquery* continue avec succès à se servir de l'électricité pour l'inflammation des mines à son avaleresse n° 12. »

## Minerais de fer.

		OBSERVATIONS.
Nombre d'ouvriers.	3.049	Non compris les ouvriers des mines concédées de la province de Liège, lesquelles ont produit 41,050 tonnes de minerai.
Quantité.	625.329 tonnes.	Pour les minerais qu'on soumet au lavage, c'est le poids du minerai lavé qu'on a fait entrer dans cette somme.
Production.	625.329 tonnes.	
Valeur sur place.	6.668.615 francs.	

La production de l'année 1872 surpasse celle de l'année 1871 de 26 p. 100 dans la province de Luxembourg (60.970 tonnes au lieu de 48.575 tonnes) et de 5,3 p. 100 dans la province de Namur (401.567 tonnes au lieu de 380.300).

Voici des données plus détaillées pour la province de Namur, qui a fourni à elle seule près des deux tiers de la production totale :

Nombre des exploitations à ciel ouvert.	34	
Profondeur maxima idem.	18 mètres.	
Nombre des exploitations souterraines.	320	
Profondeur idem.	92,717 mètres.	
Production brute.	502.702 tonnes.	
Valeur.	4.601.604 francs.	
Quantité.	401.567, dont 283.610 de minerai oligiste.	
Valeur.	4.873.698, dont 3.540.473 pour le minerai oligiste.	
Valeur moyenne de la tonne de minerai lavé.	12,48 francs.	
Hydrate.	11,30	
Moyenne générale.	12,33	
Prime d'ouvrier.	2.158.378 francs.	
Frais d'extraction divers.	1.174.212	
Total.	3.332.590	
Valeur du minerai brut étant estimée à.	4.604.604	
Le bénéfice est de.	1.272.014	
Nombre d'ouvriers (non compris les lavages).	2.681	
Salaires journalier moyen.	2,85 francs.	

La production de 1872 n'a dépassé celle de l'année précédente que d'un peu plus de 200.000 tonnes, portant presque exclusivement sur les minerais oligistes; mais je crois pouvoir annoncer que, pour l'année courante, l'extraction des hydratés subira également une inajuration malgré la crainte que j'ai souvent entendu exprimer de voir approcher l'épuisement de nos gîtes ferrifères du nord de la province, aussi bien que ceux de l'Entre-Sambre-et-Meuse. Dans cette dernière partie de mon arrondissement découverte en core, en effet, des gisements inconnus jusqu'ici et l'on reprendra

avec épuisement à l'aide de machines à vapeur, l'exploitation d'anciennes minières, dans lesquelles les travaux n'ont pas dépassé le niveau naturel des eaux.

« .... A mesure que les *minettes* luxembourgeoises seront traitées sur place, elles arriveront plus rares et plus chères en Belgique et nos maîtres de forges, ne pouvant plus les obtenir aux prix relativement peu élevés qui ont existé naguère, trouveront plus avantageux de rechercher et d'exploiter nos minerais oligistes et hydratés, dont le coût ne sera pas grevé de frais de transport excessifs. Si l'on continue à construire encore quelques hauts fourneaux dans le genre de ceux qui existent déjà ou qui sont en projet à Eich, à Esch, à Athus, toutes les minettes du grand-duché, à part celles qui sont cédées à des sociétés métallurgiques belges, seront payées, sur les lieux d'extraction, à des prix qui ne supporteraient plus un transport de trente lieues au moins. Ces minettes seraient donc forcément consommées sur place et le gouvernement grand-ducal, en accordant de nouvelles concessions, peut se dispenser d'imposer la condition étrange, contraire aux principes d'une bonne économie politique, qui a jeté il y a quelque temps un certain émoi dans le bassin de Charleroi: je veux parler de l'obligation, de la part du concessionnaire, de consommer le minerai à l'intérieur du grand-duché. Cette condition deviendra en effet inutile (\*). »

*Importation de minerais et limailles de fer (\*\*).*

PROVENANCES.	QUANTITÉ.
	tonnes.
Grand-duché de Luxembourg.	425.896
France.	180.421
Prusse.	464.440
Divers.	33.302
Total.	863.759

*Exportation de minerais et limailles de fer.*

DESTINATIONS.	QUANTITÉ.
	tonnes.
France.	107.642
Pays-Bas.	50.295
Prusse.	21.789
Divers.	12.437
Total.	192.163

(\*) Rapport de M. Berchem.

(\*\*) Les chiffres qui suivent s'appliquent à tout le royaume.

*Mines métalliques.*

NATURE.	QUANTITÉ.	VALEUR.
Minerais de plomb.	11 187 tonnes.	?
— de zinc.	55.537 —	3.766.088 francs.
— de manganèse.	500 mètres cubes.	3.000 —
Pyrite.	40.931 tonnes.	?
Ensemble.		6.693.205 francs.

Pour calculer le bénéfice réalisé par les mines métalliques, il faut comprendre avec elles les mines de fer concédées de la province de Liège, les documents relatifs à cette province donnant seulement le chiffre des dépenses pour l'ensemble des mines concédées, sans en faire connaître la répartition entre les mines de différentes natures :

Valeur des produits des mines de fer concédées de la province de Liège. . . . . 295.390 francs.

Total. . . . . 6.988.595 —

Dépenses totales. . . . . 3.824.766 —

Bénéfice. . . . . 1.163.829 —

Nombre d'ouvriers (y compris ceux des mines de fer concédées de la province de Liège). . . . . 3.930

*Carrières.*

Nombre d'ouvriers. . . . . 20.633

Valeur des produits. . . . . 33.974.479 francs.

*Usines sidérurgiques.*

NATURE des usines.	NOMBRE d'usines en activité en 1872.	NOMBRE d'ouvriers.		PRODUCTION.			
		Quantité.		Valeur.			
		1871.	1872.	1871.	1872.	1871.	1872.
Hauts-fourneaux.	22	4.910	5.285	tonnes.	tonnés.	francs.	francs.
Fonderies. . . .	166	3.667	4.065	606.237	652.565	44.863.820	65.420.580
Forges. . . . .	"	13.376	15.351	67.689	76.563	13.004.047	20.278.129
Usines à ouvrir le fer. . . . .	"	1.198	1.329	442.739	477.377	79.934.683	117.489.304
Acérieries. . . .	3	528	600	30.604	25.779	10.055.841	10.674.164
				8.900	15.284	3.170.000	5.781.000

Voici des renseignements plus détaillés pour la province du Hainaut, qui contient la majeure partie des usines sidérurgiques du royaume.

*Hauts-fourneaux.*

Nombre de hauts-fourneaux en activité. . . . .	33
Nombre d'ouvriers. . . . .	3.042
Machines à vapeur. {	
Nombre. . . . .	117
Force collective. . . . .	4.561 chevaux-vapeur.
Consommation. . . . . {	
de houille. . . . .	56.530 tonnes.
de coke. . . . .	572.700 —
Production. . . . . {	
Fonte de moulage. . . . .	42.350 —
Fonte d'affinage. . . . .	393.140 —
Total. . . . .	435.490 —
Valeur des produits. {	
Fonte de moulage. . . . .	5.327.500 francs.
Fonte d'affinage. . . . .	36.327.540 —
Total. . . . .	41.655.040 —

*Fonderies.*

Nombre de fonderies en activité. . . . .	80
Nombre de fours à réverbère en activité. . . . .	4
Nombre de cubilots en activité. . . . .	95
Machines à vapeur. {	
Nombre. . . . .	56
Force. . . . .	412 chevaux-vapeur.
Nombre d'ouvriers. . . . .	1.793
Consommation de coke. . . . .	14.034 tonnes.
Production de fonte moulée. . . . .	40.334 —
Valeur des produits. . . . .	9.495.327 francs.

*Forges.*

Fours à puddler en activité. . . . .	414
Fours à réchauffer en activité. . . . .	146
Gros marteaux et squeezeurs. . . . .	23
Marteaux ordinaires. . . . .	48
Cisailles et scies circulaires. . . . .	121
Ebaucheurs. . . . .	33
Trains de laminoirs. {	
Gros fer marchand. . . . .	29
Petit fer marchand. . . . .	29
Rails. . . . .	8
Tôles. . . . .	10
Fonderies. . . . .	11
Machines à vapeur. {	
Nombre. . . . .	282
Force. . . . .	8.625 chevaux-vapeur
Roues hydrauliques. {	
Nombre. . . . .	3
Force. . . . .	9.607 chevaux-vapeur.
Nombre d'ouvriers. . . . .	115
Consommation de houille. . . . .	635.760 tonnes.
Production de fer. . . . .	291.099 —
Valeur des produits. . . . .	71.396.333 francs.

*Usines à ouvrir le fer.*

Fours à réverbère en activité. . . . .	28
Foyers découverts en activité. . . . .	49
Marteaux. . . . .	48

Machines à vapeur. {	
Nombre. . . . .	17
Force. . . . .	267 chevaux-vapeur.
Roues hydrauliques. {	
Nombre. . . . .	39
Force. . . . .	464 chevaux-vapeur.
Nombre d'ouvriers. . . . .	628
Consommation de houille. . . . .	17.680 tonnes.
Production de fer ouvré. . . . .	5.515 —
Valeur des produits. . . . .	2.678.900 francs.

*Usines à zinc.*

	ANNÉE 1871.	ANNÉE 1872.
Production de zinc brut. {		
Quantité. . . . . tonnes.	45.693	41.838
Valeur. . . . . francs.	—	22.599.985
Une partie de cette production, traitée dans les usines d'élaboration, a donné :		
Zinc ouvré. . . . . {		
Quantité. . . . . tonnes.	23.190	15.806.000
Valeur. . . . . francs.	—	20
Nombre d'usines (fonderies et usines d'élaboration). . . . .	—	3.020
Nombre d'ouvriers. . . . .	—	—
Valeur totale des produits des usines des deux catégories. . . . . francs.	22.135.515	38.405.985

Un grand nombre de fours ont été mis hors feu pendant une grande partie de l'année, parce que beaucoup d'ouvriers ont déserté les fonderies pour se rendre à l'étranger, où des salaires plus élevés leur étaient offerts pour la fabrication des briques.

*Usines à plomb.*

	ANNÉE 1871.	ANNÉE 1872.
Production de plomb. {		
Quantité. . . . . tonnes.	9.274	6.535
Valeur. . . . . francs.	4.058.260	3.093.881

*Usines à cuivre.*

Production de cuivre et de laiton. {	
Quantité. . . . .	2.456 tonnes.
Valeur. . . . .	6.157.000 francs.
Nombre d'ouvriers. . . . .	310

*Verreries, cristalleries et fabriques de glaces.*

Valeur des produits. . . . .	41.652.240 francs.
------------------------------	--------------------

*Machines à vapeur.*

Nombre. . . . .	6.251
Force. . . . .	191.660 chevaux-vapeur.

*Accidents survenus dans les établissements (mines et usines)  
placés sous la surveillance des officiers des mines.*

NATURE DES ACCIDENTS.	NOMBRE d'accidents.	NOMBRE DE VICTIMES.	
		Tués.	Blessés.
Dans les puits. { Circulation par les cordes. . . . .	20	43	3
{ — par les échelles. . . . .	2	2	2
{ Causes diverses. . . . .	35	36	5
Éboulements, chutes de pierres, etc. . . . .	89	86	11
Coups de feu. . . . .	10	33	7
Coups d'eau. . . . .	3	29	1
Emploi de la poudre. . . . .	7	6	3
Causes diverses. . . . .	86	79	18
Totaux. . . . .	252	314	48

*(Extrait, par M. H. VOISIN, ingénieur des mines, des rapports  
de MM. E. LAGUESSE, BERCHEM et J. van SCHERPENZEEL-THIM,  
ingénieurs au corps des mines de Belgique).*

### Statistique de l'industrie sidérurgique du grand-duché de Luxembourg.

La superficie des terrains à minerai de fer du Luxembourg, non compris le bassin encore inexploré de Dudelange, est	hect.
évaluée à . . . . .	2.750
La partie exploitable à ciel ouvert est de . . . . .	1.030
La partie exploitable par galeries est de . . . . .	1.720

Les 1.030 hectares exploitables à ciel ouvert sont répartis comme  
il suit :

Aux maîtres de forges belges. . . . .	hectares.	219
— allemands de la Sarre et de la Moselle. . . . .		224
— luxembourgeois. . . . .		230
Aux mains de spéculateurs. . . . .		227
Terrains encore disponibles. . . . .		130
Total. . . . .		1.030

Voici la répartition des 1.720 hectares exploitables par galeries :

A la société du Prince Henri. . . . .	hectares.	750
Aux maîtres de forges luxembourgeois. . . . .		333
Terrains encore disponibles. . . . .		637
Total. . . . .		1.720

La quantité de minerai qu'on peut extraire de ces gisements a  
été évaluée à un demi-milliard de tonnes. Ils pourraient donc  
fournir 4 à 5 millions de tonnes par an pendant plus d'un siècle.  
La production de fonte, dans le grand-duché, a été :

En 1865, de. . . . .	tonnes.	55.000
En 1868, de. . . . .		115.000
En 1870, de. . . . .		150.000
En 1872, de. . . . .		300.000

*(Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires  
étrangères par M. E. ROULLAT, consul général de  
France à Anvers.)*

## TABLE DES MATIÈRES

## DU TOME QUATRIÈME.

## MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Sur la faune du quadersandstein inférieur du bassin de l'Elbe, d'après MM. Geinitz, Reuss et Bölsche; par M. <i>Bayan</i> . . . . .	50
Note sur la carte géologique détaillée de la France. . . . .	255
Légende technique générale de la carte géologique détaillée de la France. . . . .	575
Extraits de géologie pour les années 1871 et 1872; par MM. <i>Delesse</i> et de <i>Lapparent</i> . . . . .	424

## CHIMIE.

Extraits des travaux exécutés au laboratoire de Clermont-Ferrand, de 1867 à 1872; par M. <i>Castel</i> . . . . .	208
--	-----

## MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Recherches sur les fontes riches en silicium; par MM. <i>L. Troost</i> et <i>P. Hautefeuille</i> . . . . .	1
Pouvoir calorifique et classification des houilles; par M. <i>L. Gruner</i> . . . . .	169
Chaleur absorbée aux températures élevées, par la fonte, les laitiers et les aciers; par M. <i>L. Gruner</i> . . . . .	224

## MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Sur la note de M. Leseure relative au mémoire de M. <i>Bochkoltz</i> ; par M. <i>Aug. Bochkoltz</i> . . . . .	8
Réplique de M. <i>Leseure</i> . . . . .	18
Mémoire sur les méthodes d'exploitation des couches puissantes de houille en France; par M. <i>Amiot</i> . . . . .	47
L'aérage dans les mines de houille de la Westphalie, d'après	

	Pages.
les résultats d'une enquête administrative, traduction par extrait; par M. H. Voisin. . . . .	265
Sur la ténacité de l'acier; par M. Pestlin. . . . .	545

## CHEMINS DE FER.

Locomotive articulée de M. Rarchaert; note par M. Ed. Col- lignon. . . . .	20
---	----

## OBJETS DIVERS.

Obturation automatique du tube en verre indicateur du ni- veau de l'eau dans les chaudières quand le verre se brise; rapport par M. Hanet Cléry. . . . .	25
Explosion d'un bouilleur - réchauffeur à Rambervilliers (Vosges); rapport par M. Hanet Cléry. . . . .	28
Rapport du comité parlementaire d'enquête sur la question des houilles en Angleterre; traduit par M. de Rübiz. . . . .	299
M. de Verneuil et sa collection paléontologique : Discours sur M. Édouard de Verneuil; par M. Daubrée. . . . .	318
Notice sur la collection léguée par M. Ed. de Verneuil à l'École des mines; par M. J. Barrande. . . . .	327
Note sur un accident survenu dans le moulage en fosse d'une grosse pièce. . . . .	359
Notice nécrologique sur M. Descos, ingénieur des mines; par M. E. Jacquot. . . . .	359
Paroles prononcées sur la tombe de M. Le Châtelier, inspec- teur général des mines; par M. L. Gruner. . . . .	595
Notice nécrologique sur M. Le Châtelier; par M. J. Callon. . . . .	599
Note sur l'effondrement de la mine de sel gemme de Varan- géville-Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle). . . . .	615

## BULLETIN.

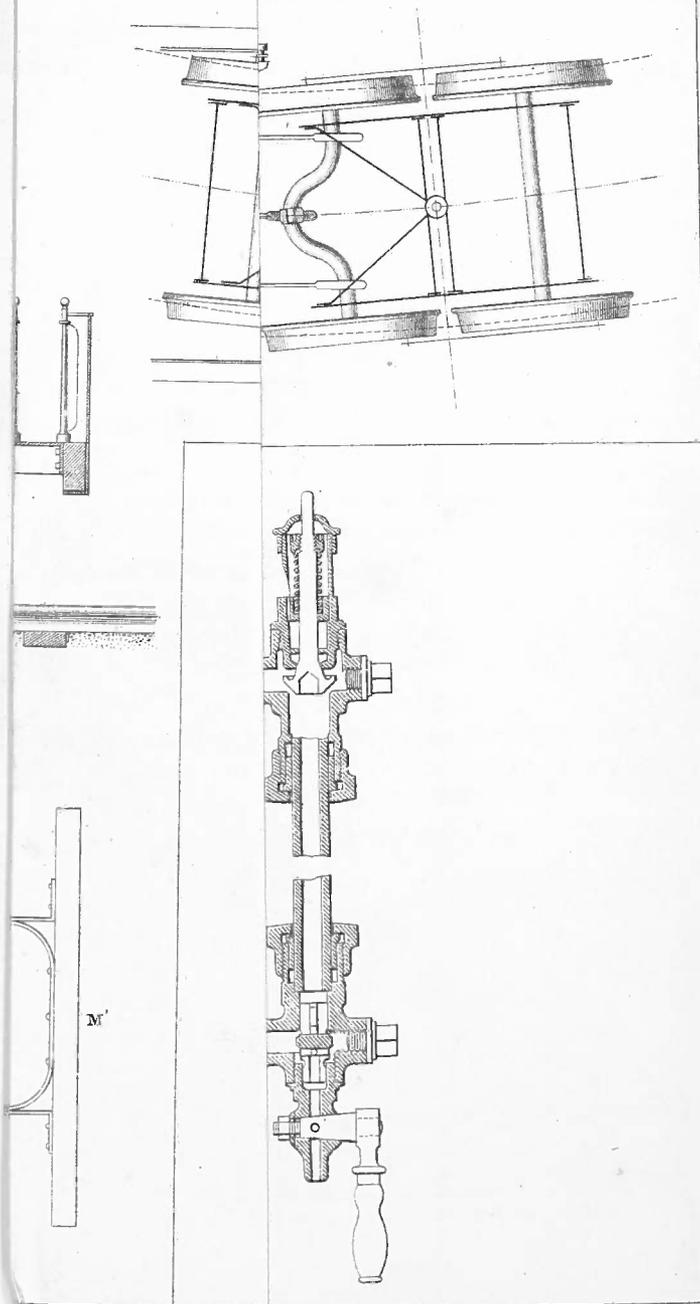
Développement de l'exploitation des minerais de fer de l'île d'Elbe. . . . .	628
Statistique minérale de l'Angleterre pour les années 1859 à 1871. . . . .	630
Statistique de l'industrie minérale de la Belgique pour l'année 1872. . . . .	672
Statistique de l'industrie sidérurgique du grand-duché de Luxembourg. . . . .	682

## EXPLICATION DES PLANCHES

## DU TOME QUATRIÈME.

	Pages.
Pl. I. Fig. 1, 2 et 3. Locomotive de M. Rarchaert. . . . .	20
Fig. 4. Obturateur automatique de M. Dupuch. . . . .	25
Pl. II à V. Exploitation des couches puissantes de houille, en France. . . . .	77
Pl. VI. Carte géologique détaillée de la France; Tableau d'assemblage géographique des feuilles des cartes géologiques à l'échelle de 80.000 <sup>e</sup> et à l'échelle de 320.000 <sup>e</sup> . . . . .	255
Pl. VII. Fig. 1. Représentation graphique des principales données sur les ventilateurs Guibal employés dans le bassin de la Ruhr. . . . .	265
Fig. 2 à 5. Accident survenu, à Saint-Chamond, dans le mou- lage, en fosse; d'un cylindre à vent pour machine soufflante. . . . .	339
Fig. 6. Ténacité de l'acier. . . . .	345
Pl. VIII. Effondrement de la mine de sel gemme de Varangéville-Saint- Nicolas. . . . .	613
Fig. 1. Plan des travaux de la 1 <sup>re</sup> couche. . . . .	
Fig. 2. Plan des travaux de la 4 <sup>e</sup> couche. . . . .	
Fig. 3, 4 et 5. Coupes. . . . .	

*M. Parcha*



*Locomotive articulée de M. Rarchaert.*

Fig. 1. *Coupe*

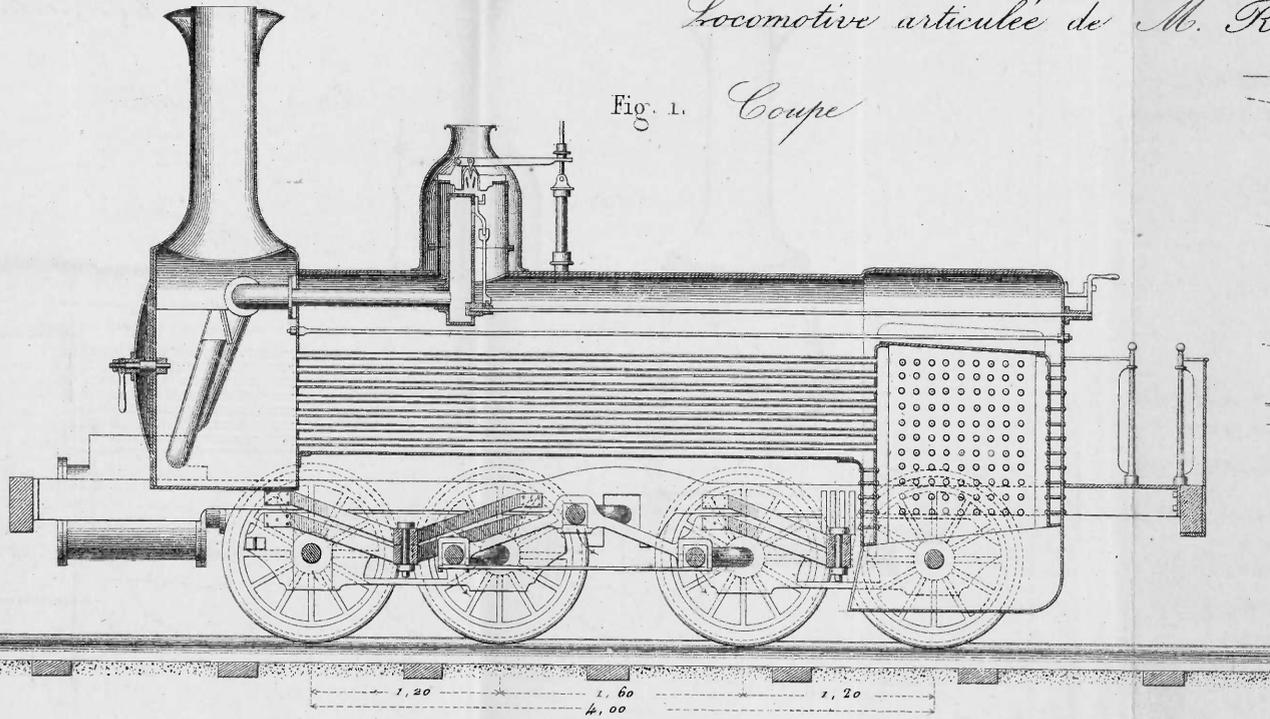


Fig. 2

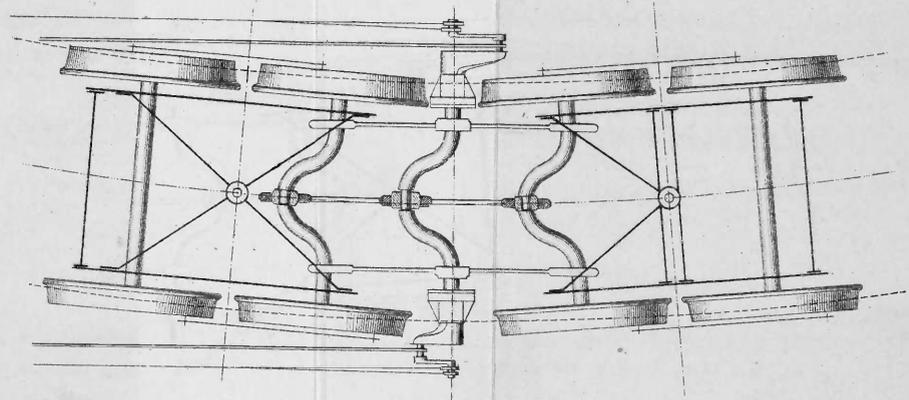


Fig. 3. *Plan*

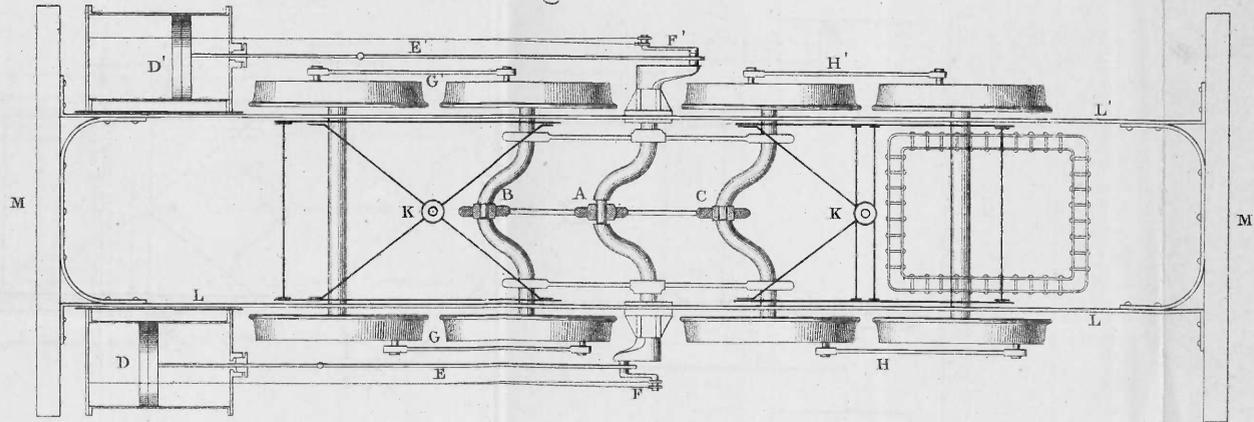
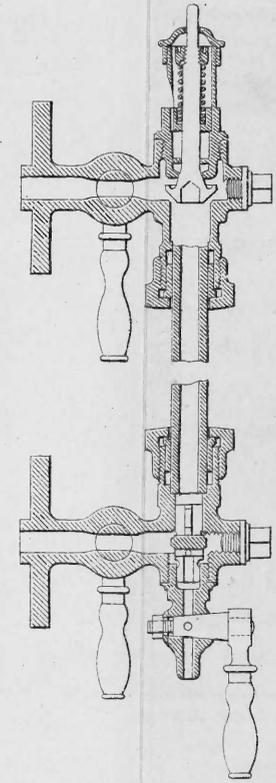


Fig. 4.



*La Mure. (La Motte d'Arveillans.) Couche des Trois Bancs. (Fig. 1 à 4.)*

Fig. 1. Coupe.

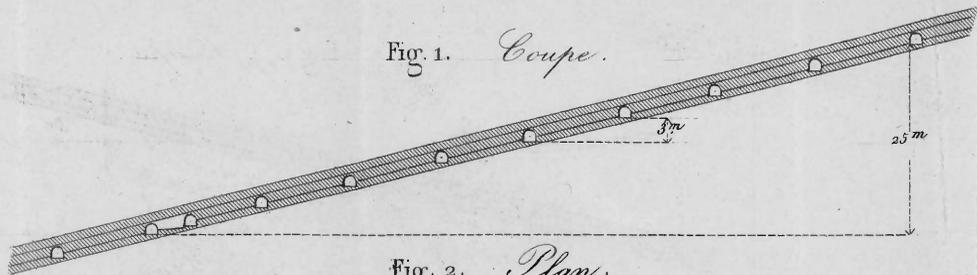


Fig. 2. Plan.

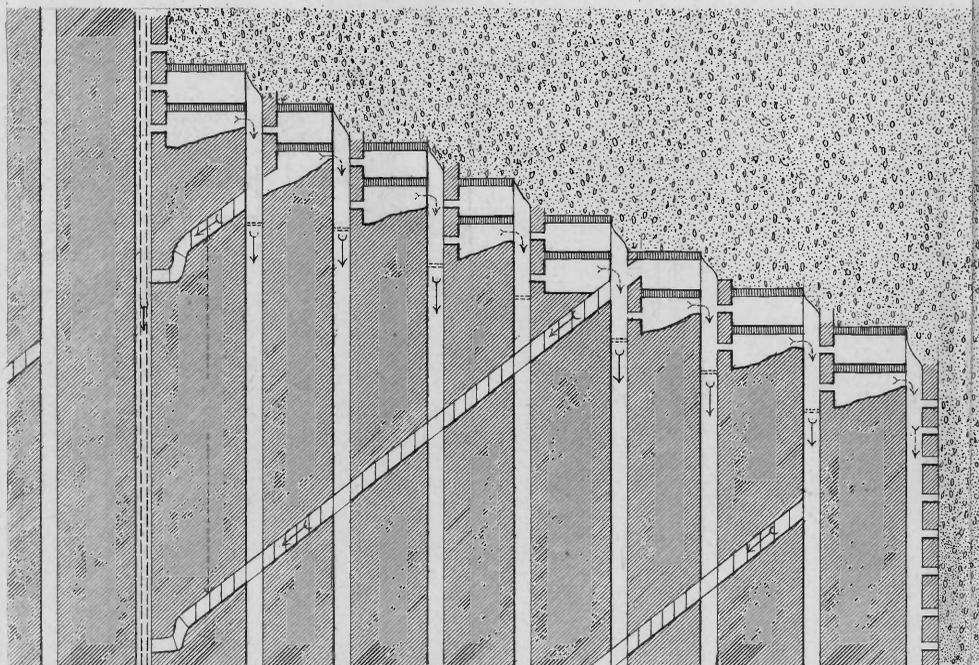


Fig. 3. Coupe AB.

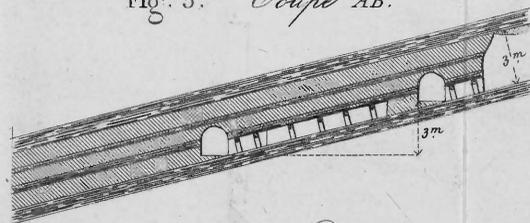


Fig. 4. Plan.

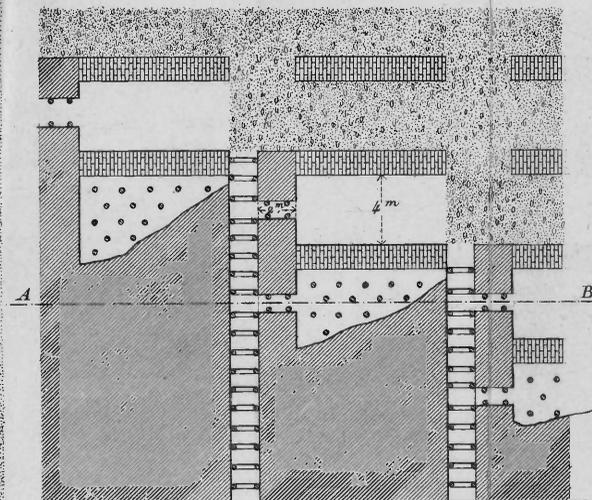
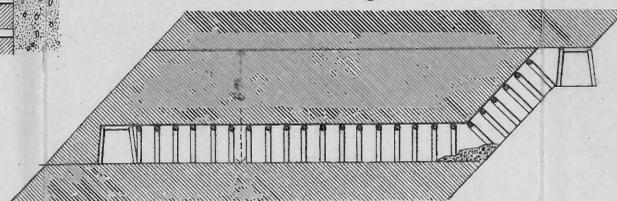


Fig. 7.



*Bixenet. (Fig. 5 à 8)*

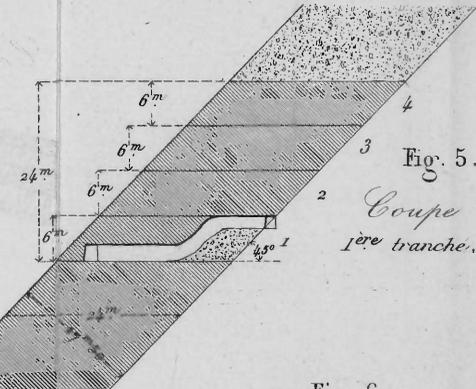


Fig. 5.

Fig. 6.

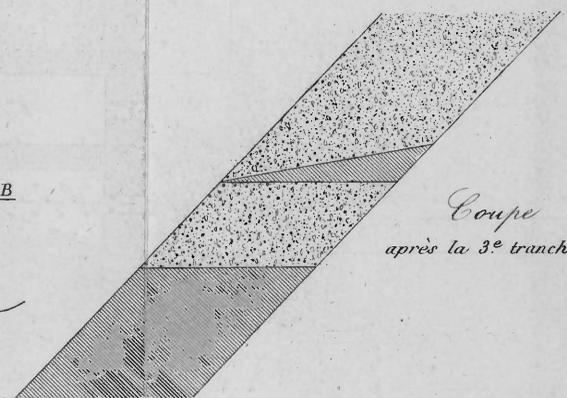
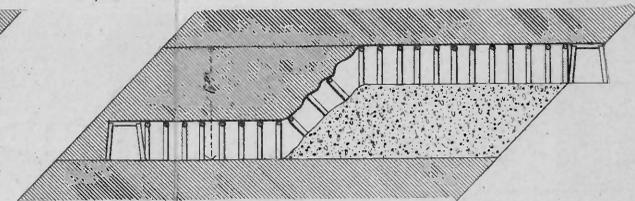
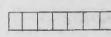
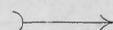


Fig. 8.

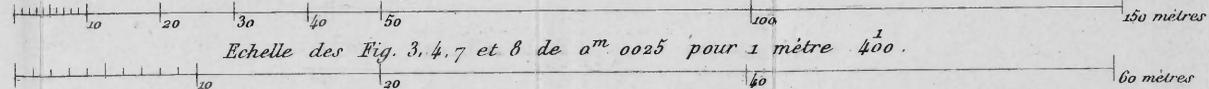
Coupes.



Légende pour les planches II à V.

-  Charbon
-  Remblai
-  Montage ou plan incliné
-  Marche du courant d'air
-  Marche du charbon
-  Marche du remblai

Echelle des Fig. 1 et 2 de 0<sup>m</sup> 001 pour 1 mètre <sup>1</sup>/<sub>1000</sub>.



Echelle des Fig. 3, 4, 7 et 8 de 0<sup>m</sup> 0025 pour 1 mètre <sup>1</sup>/<sub>400</sub>.

Fig. 1. Plan. — Bèzenet. (Fig. 1 et 2.)

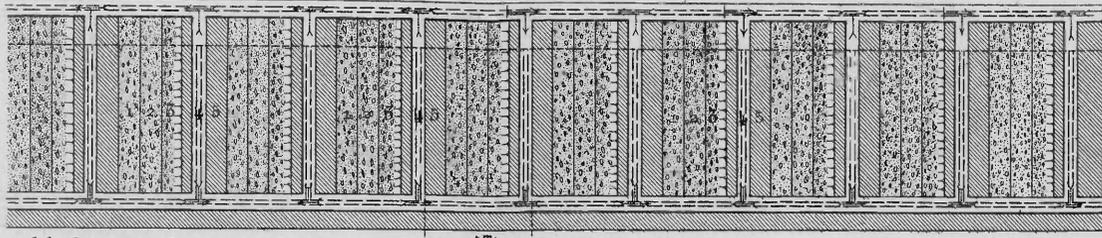


Fig. 3. La Grand'Combe. (Mine du Ravin.) (Fig. 3 à 6.)

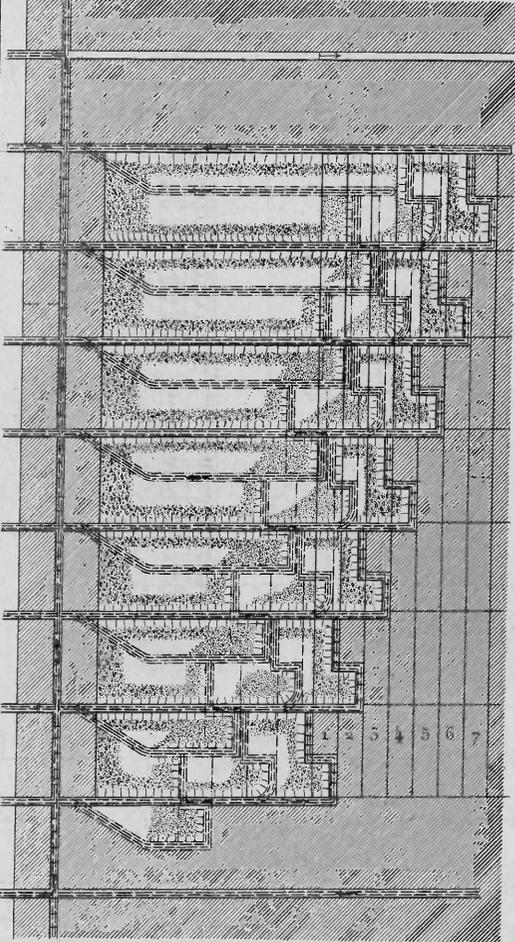


Fig. 2. Plan.

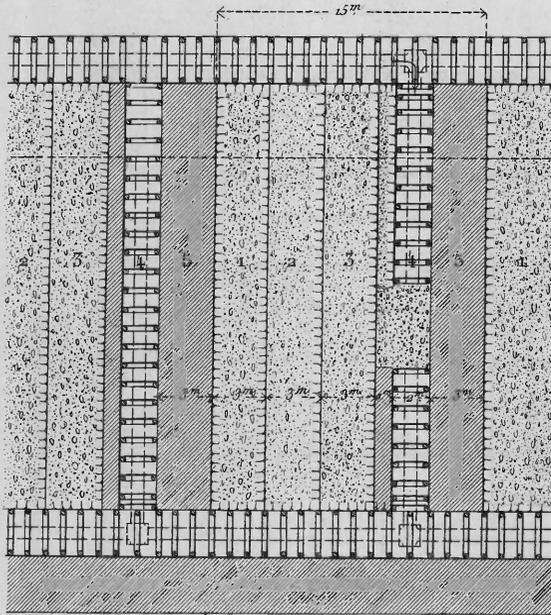


Fig. 4. Coupe.

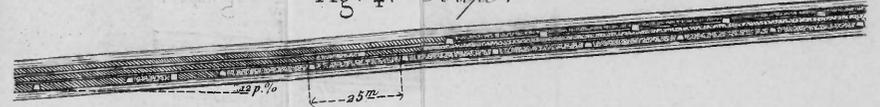


Fig. 5. Coupe.

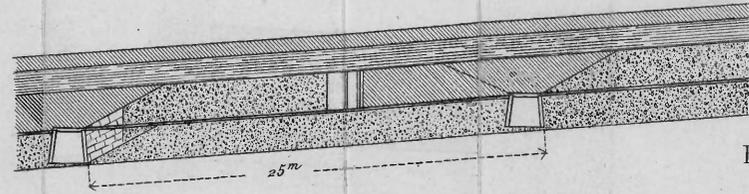
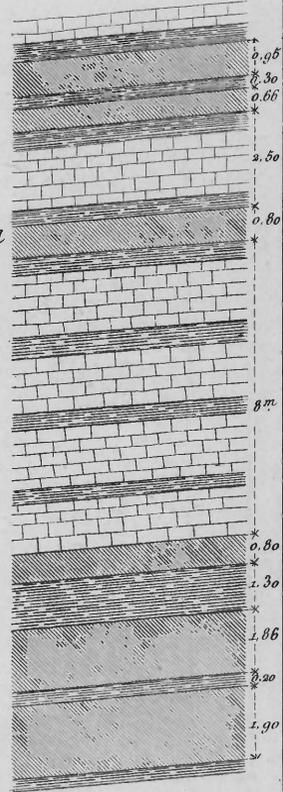
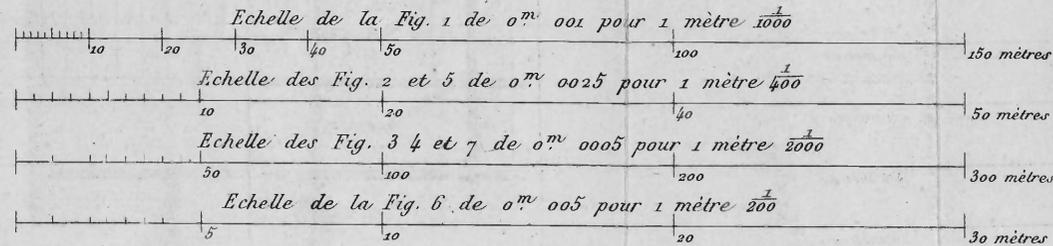
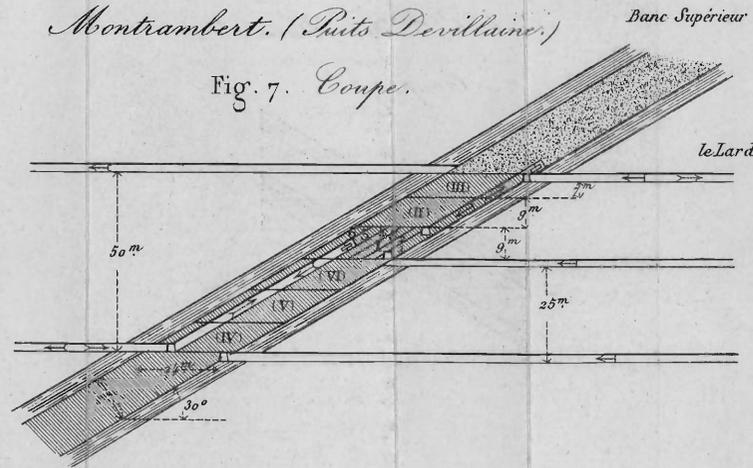


Fig. 6. Coupe.

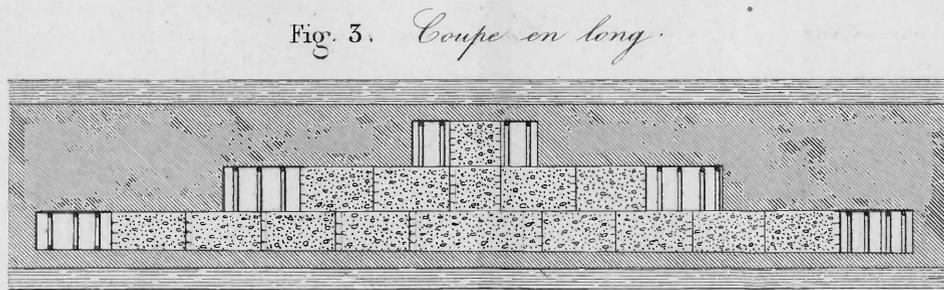
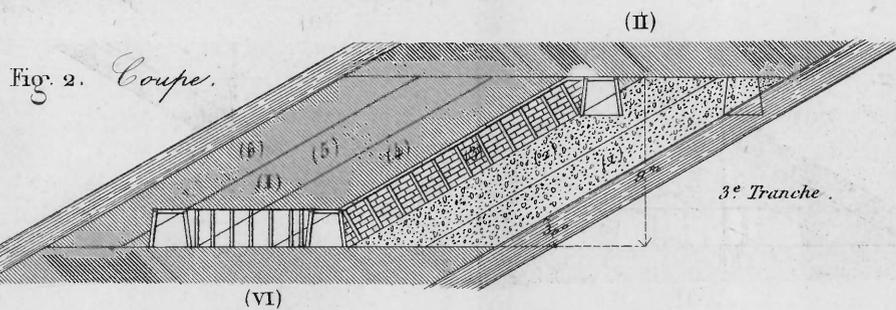
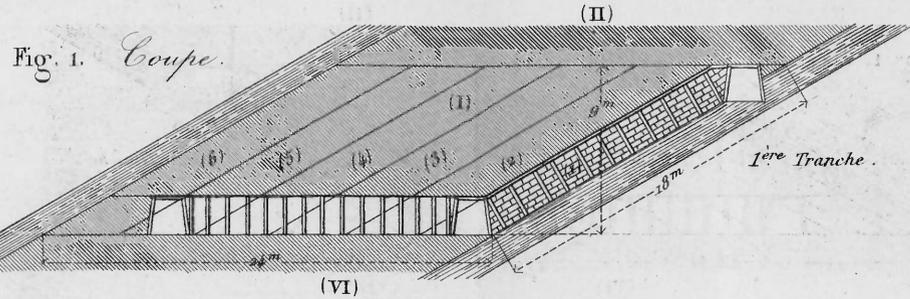


Montrambert. (Puits Devillaine.)

Fig. 7. Coupe.



Montrambert. (Puits Devillainne.) (Fig. 1 à 3.)



Commentry. (Fig. 4 à 6.)

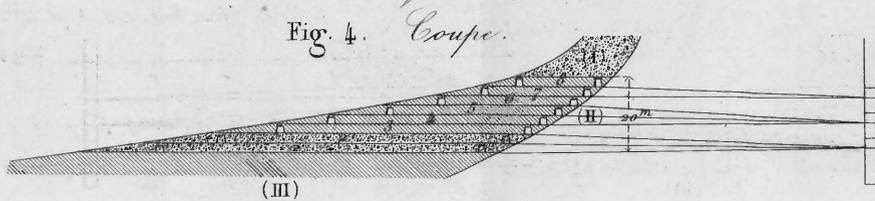


Fig. 5. Plan.  
(2° Tranche).

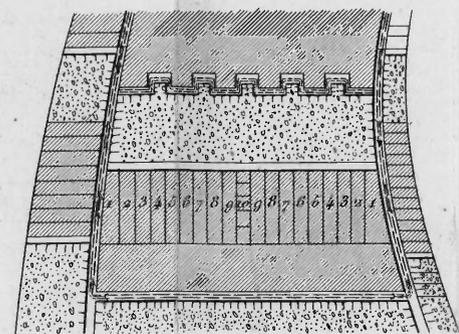
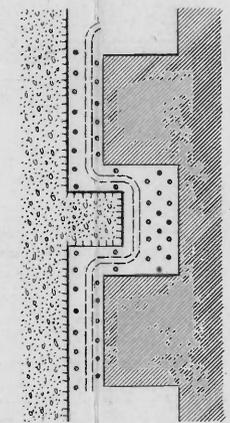


Fig. 6. Plan.



Montceau-les-Mines. (Puits S. Elisabeth.) (Fig. 7 à 9.)

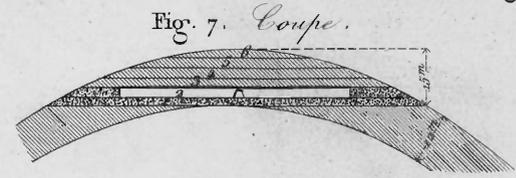


Fig. 8. Plan.

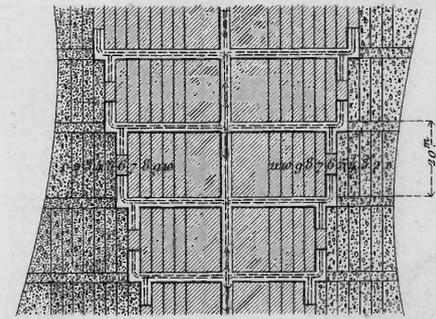
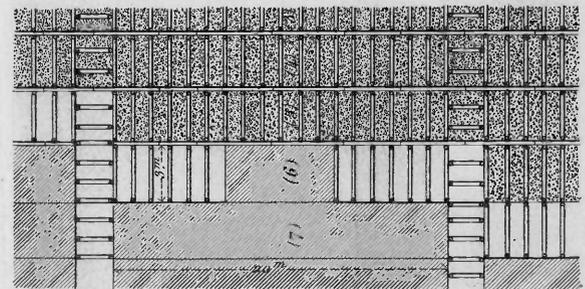


Fig. 9. Plan.



Echelle des Fig. 1, 2, 3, 6 et 9 de 0<sup>m</sup> 0025 pour 1 mètre  $\frac{1}{400}$ .



Echelle des Fig. 4, 5, 7 et 8 de 0<sup>m</sup> 0005 pour 1 mètre  $\frac{1}{2000}$ .



Le Creuset.

(Fig. 1 à 3.)

Fig. 1. Coupe.

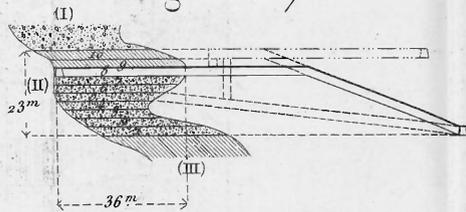


Fig. 2. Plan.

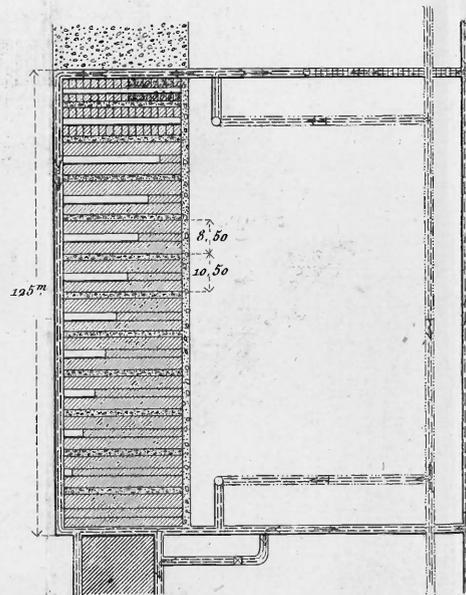


Fig. 3. Plan.

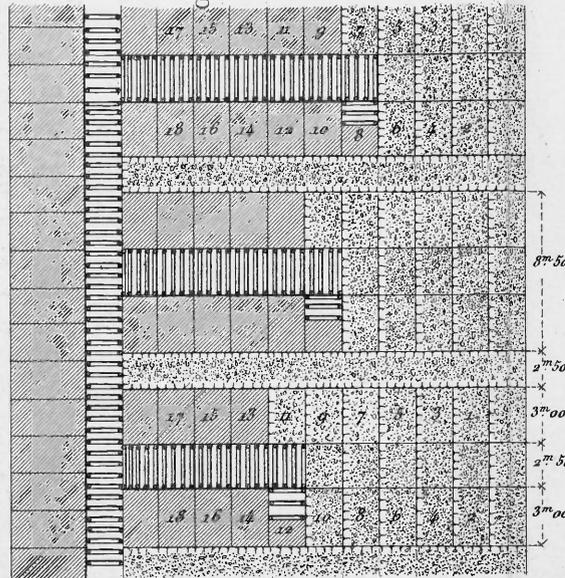


Fig. 4. Coupe.

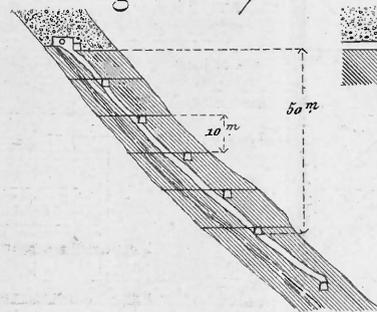


Fig. 5. Elevation.

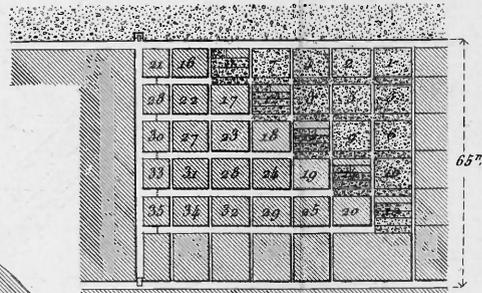
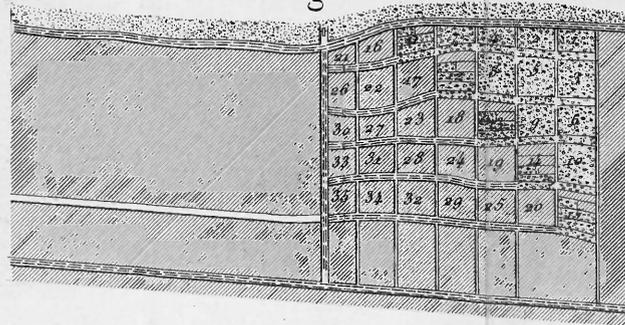


Fig. 6. Plan.



La Grand'Combe. (Dressant de Fournier.)

(Fig. 4 à 8.)

Fig. 7. Coupe ABCD.

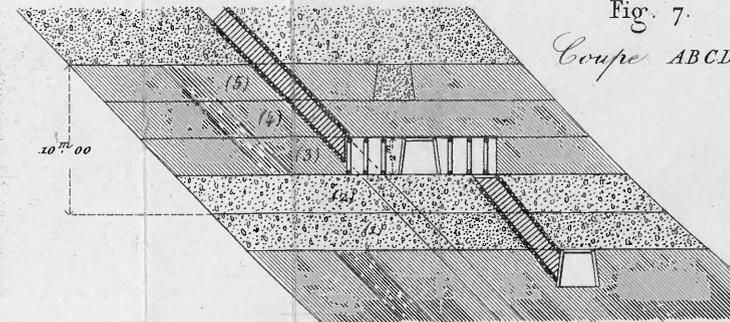
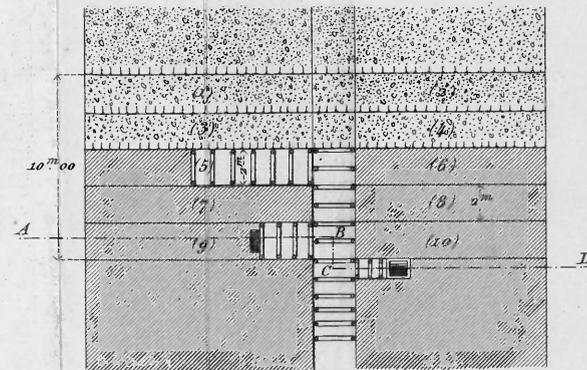


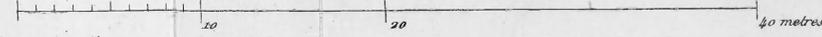
Fig. 8. Plan. (3<sup>e</sup> Tranche)



Echelle des Fig. 1, 2, 4, 5 et 6 de 0<sup>m</sup> 0005 pour 1 mètre  $\frac{1}{2000}$

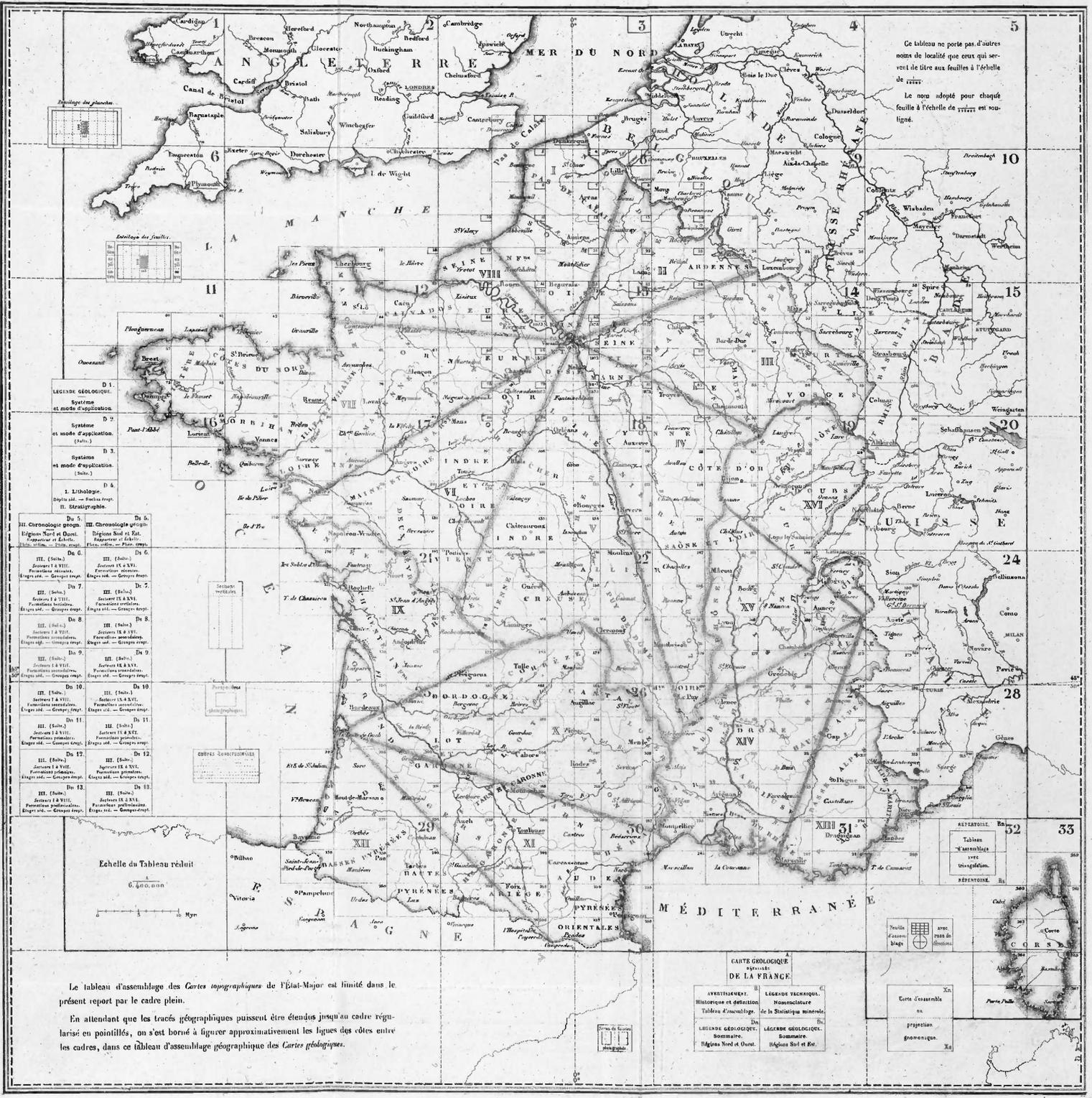


Echelle des Fig. 3, 7 et 8 de 0<sup>m</sup> 0025 pour 1 mètre  $\frac{1}{400}$ .



CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE. — AVERTISSEMENT.

TABEAU D'ASSEMBLAGE GÉOGRAPHIQUE DES FEUILLES DES CARTES GÉOLOGIQUES À L'ÉCHELLE DU 80000<sup>m</sup> ET À L'ÉCHELLE DU 320000<sup>m</sup>



Ce tableau ne porte pas d'autres noms de localité que ceux qui servent de titre aux feuilles à l'échelle de 1:80,000. Le nom adopté pour chaque feuille à l'échelle de 1:320,000 est souligné.

- LEGENDE GÉOLOGIQUE.**  
 Système et mode d'appication.
- D 1. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 2. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 3. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 4. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 5. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 6. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 7. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 8. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 9. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 10. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 11. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 12. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 13. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 14. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 15. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 16. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 17. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 18. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 19. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 20. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 21. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 22. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 23. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 24. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 25. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 26. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 27. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 28. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 29. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 30. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 31. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 32. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 33. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 34. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 35. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 36. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 37. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 38. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 39. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 40. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 41. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 42. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 43. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 44. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 45. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 46. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 47. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 48. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 49. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 50. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 51. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 52. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 53. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 54. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 55. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 56. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 57. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 58. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 59. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 60. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 61. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 62. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 63. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 64. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 65. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 66. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 67. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 68. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 69. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 70. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 71. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 72. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 73. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 74. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 75. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 76. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 77. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 78. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 79. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 80. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 81. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 82. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 83. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 84. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 85. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 86. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 87. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 88. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 89. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 90. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 91. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 92. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 93. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 94. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 95. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 96. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 97. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 98. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 99. Système et mode d'appication. (Sable.)
  - D 100. Système et mode d'appication. (Sable.)

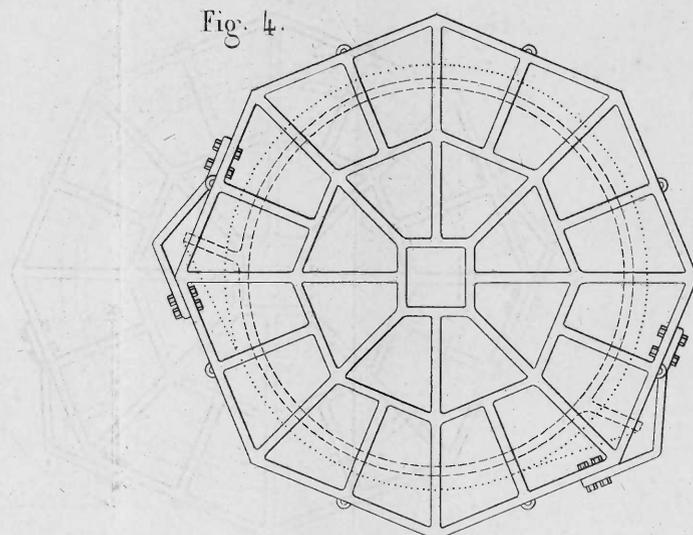
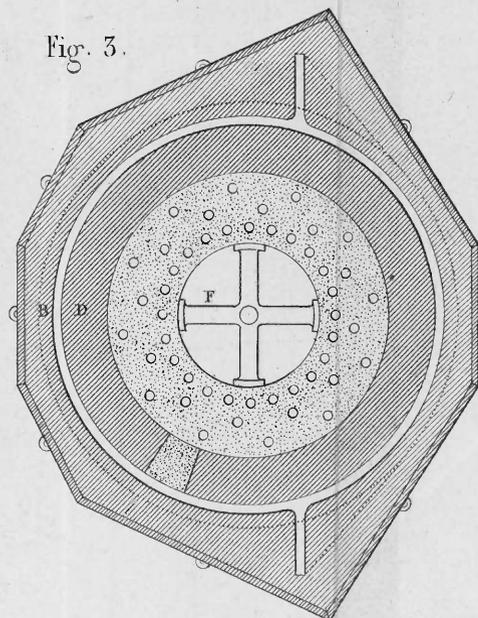
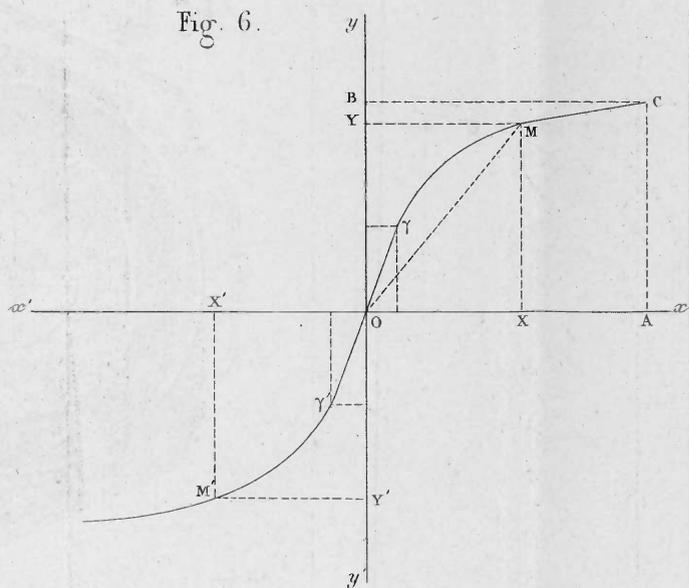
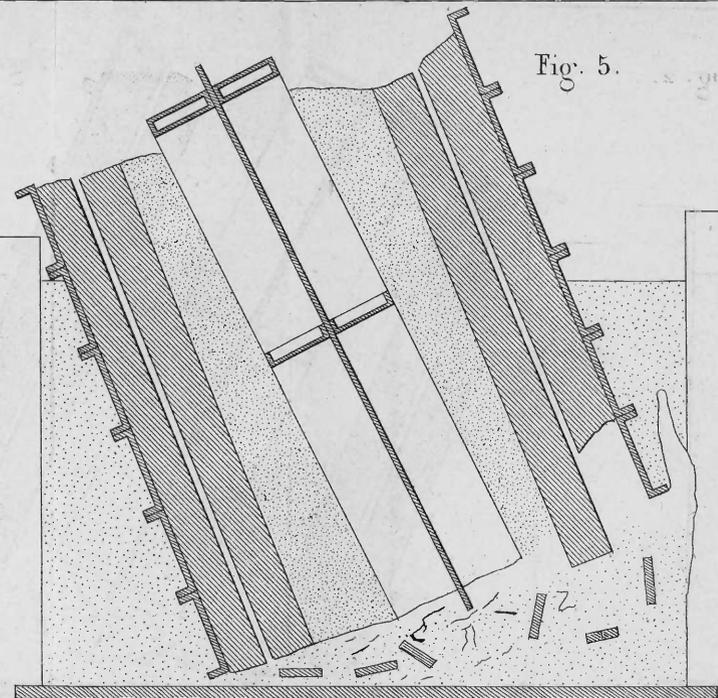
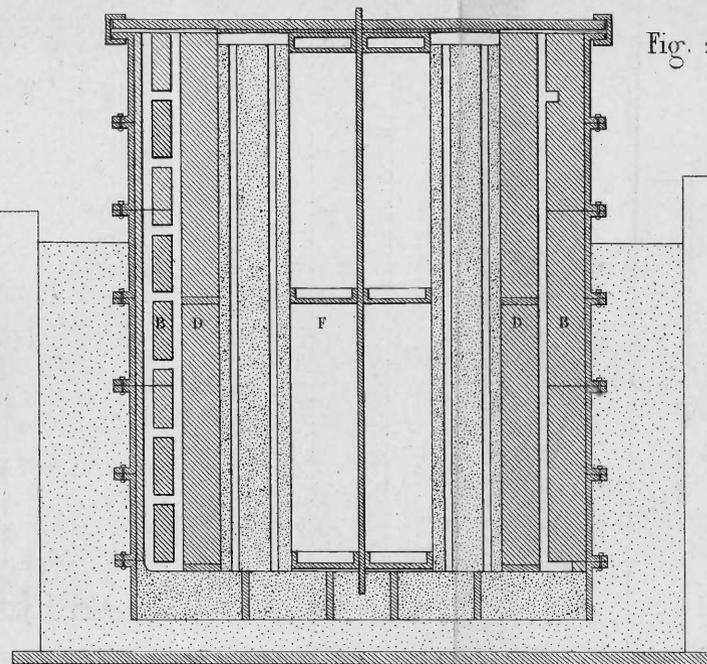
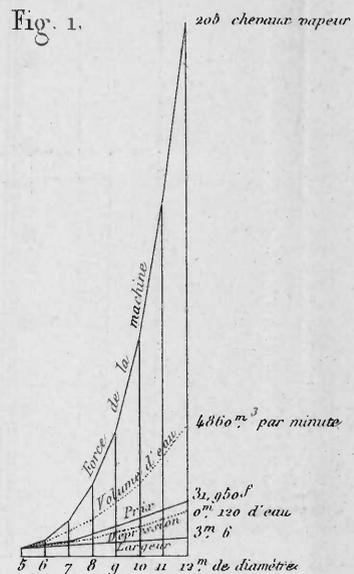
Le tableau d'assemblage des Cartes topographiques de l'État-Major est limité dans le présent report par le cadre plein.  
 En attendant que les tracés géographiques puissent être étendus jusqu'au cadre régulier en pointillés, on s'est borné à figurer approximativement les lignes des côtes entre les cadres, dans ce tableau d'assemblage géographique des Cartes topographiques.

**CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE.**

AVERTISSEMENT. Historique et description. Tableau d'assemblage. Légende géologique. Régions Nord et Ouest. Régions Sud et Est.

LEGENDE TECHNIQUE. Nomenclature. Tableau descriptif. Les Systèmes géologiques. Régions Nord et Ouest. Régions Sud et Est.

Carte d'ensemble ou projection géométrique.

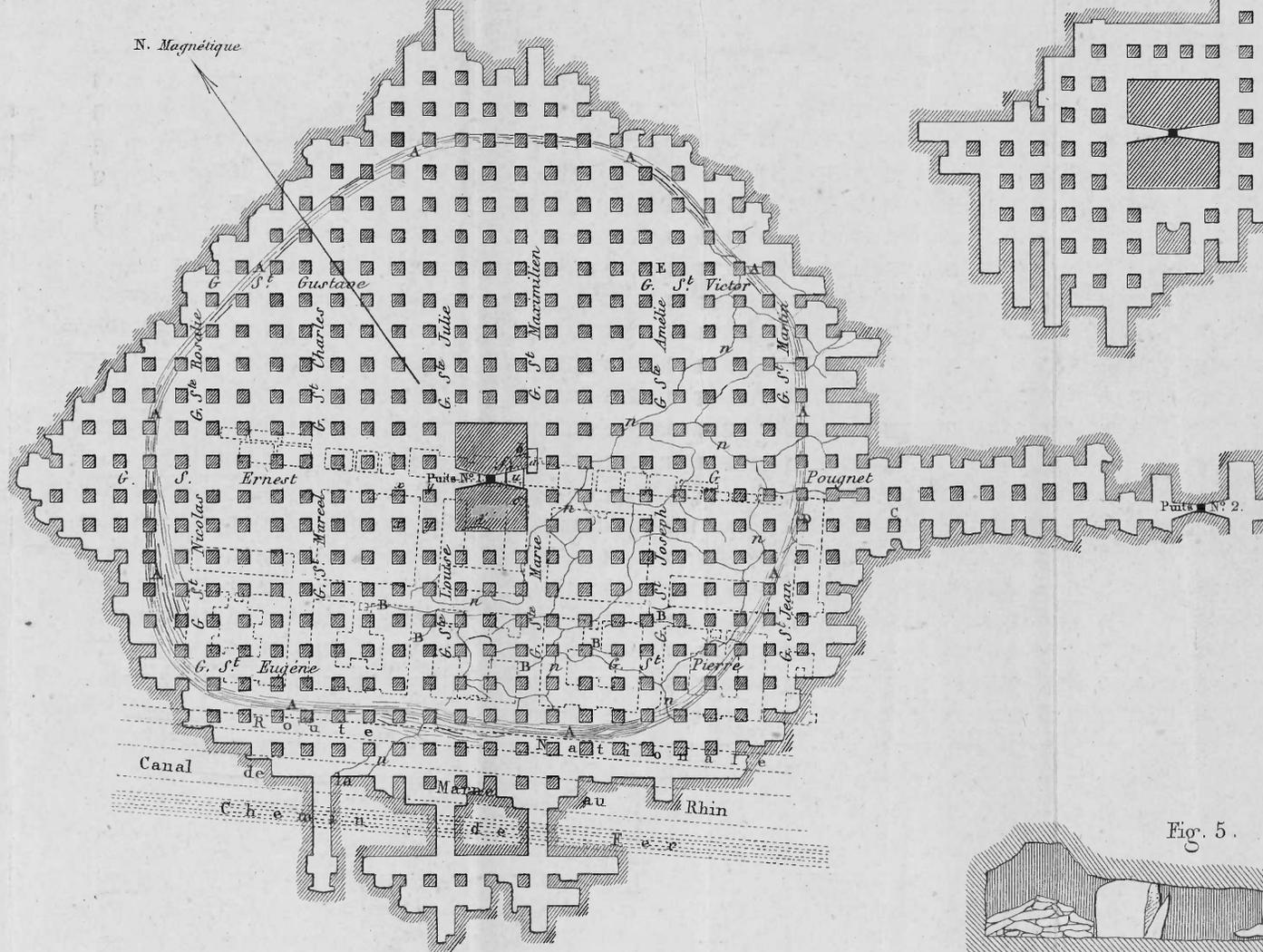


Echelle de  $0^{\text{m}} 02$  pour 1 mètre.

0 1 2 3 4 m.

Fig. 1.

Plan des travaux de la 11<sup>e</sup> couche  
(Les bâtiments sont figurés en trait pointillé)



Echelle des Fig. 1 et 2 de 0<sup>m</sup> 001 pour 3 mètres

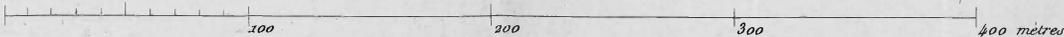


Fig. 2.

Plan des travaux de la 4<sup>e</sup> couche.

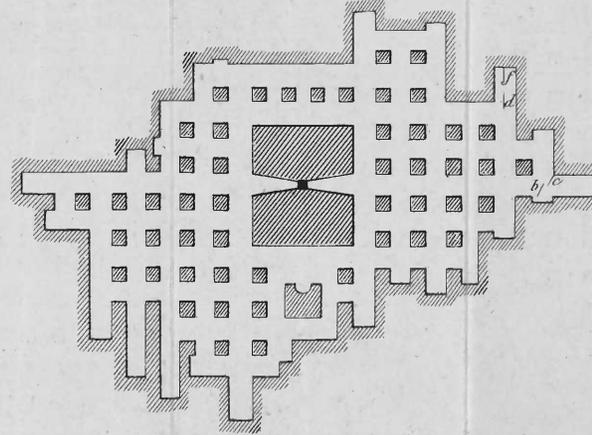


Fig. 3.

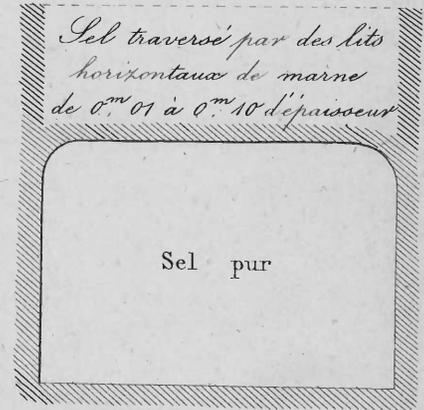


Fig. 4.

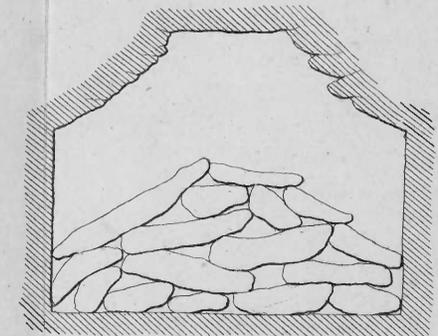
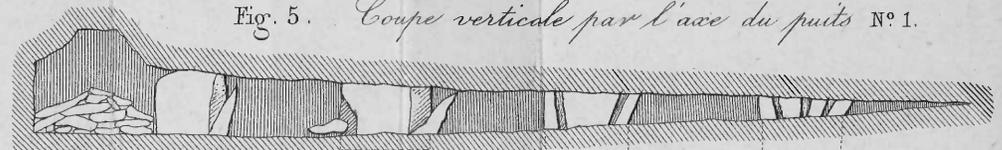


Fig. 5. Coupe verticale par l'axe du puits N° 1.



Echelle des Fig. 3 et 4 de 0<sup>m</sup> 006 pour 1 mètre

