

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES, ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Ministre des Travaux Publics.

QUATRIÈME SÉRIE.

TOME XX.



PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET V^{os} DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, n^o 49.

1851

du village de Russange, en plaquettes à surfaces mamelonnées et roulées. Il a été exploité il y a deux ans, mais la fonte qu'on en a obtenue a été trouvée si mauvaise, qu'on a dû renoncer à l'employer. C'est celui de tous les minerais soumis à l'analyse qui renferme la plus grande proportion de phosphore.

MÉMOIRE

Sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges;

Par M. DELESSE, ingénieur des mines.

CALCAIRE SACCHAROÏDE DU GNEISS.

On observe accidentellement dans le *Gneiss* des Vosges des lambeaux d'un *Calcaire saccharoïde* qui est très-remarquable par la netteté ainsi que par la grande variété des minéraux qui s'y sont développés (1).

Je vais décrire quelques gisements de ce calcaire, en commençant par celui du Chippal, qui est l'un des plus simple.

Calcaire saccharoïde du Chippal.

Le calcaire saccharoïde du Chippal, près la Croix-aux-Mines, forme une masse assez irrégulière de 15 à 20 mètres de largeur sur 50 mètres de longueur (1). Il est enclavé dans un gneiss schistoïde contenant du quartz, de l'orthose et beaucoup de mica brun tombac. Ce calcaire est traversé par une roche granitoïde rosâtre ou brunâtre, à structure grenue, qui est presque entièrement formée de feldspath orthose; la *fig. 9 (Pl. X)* que j'ai prise

Gisement
du Chippal.

(1) Dufrenoy et E. de Beaumont. Explication de la carte géologique de France, t. I, p. 312. — Rozet. Description géologique de la chaîne des Vosges, p. 65. — Hogard. Aperçu sur la constitution du département des Vosges, p. 83. — Puton. Rapport sur les marbres des Vosges.

dans l'une des carrières supérieures sur le flanc Nord-Est de la colline des Journaux, montre quelles sont les relations de gisement du calcaire C et de cette roche granitoïde R. On voit que ces deux roches amenées simultanément à l'état fluide se sont pénétrées l'une l'autre, mais que la roche granitoïde R, a été injectée dans le calcaire C sous forme de filons très-irréguliers; elle fait, du reste, une vive effervescence avec les acides (1), par suite des infiltrations du calcaire.

Hydrosilicate au contact du calcaire et de la roche granitoïde.

Au contact du calcaire, la roche granitoïde R est bordée, sur une épaisseur ayant souvent plusieurs centimètres, par un *hydrosilicate p*, vert, à éclat gras, moins dur que le feldspath, et qui est souvent accompagné ou imprégné de quartz. Cet hydrosilicate résulte sans doute d'un commencement de pseudomorphose de la pâte feldspathique de la roche R; M. Braconnot (2), qui en a fait un essai, a constaté en effet qu'il renferme bien les substances qui entrent généralement dans la composition du feldspath orthose, mais qu'il contient en outre de la magnésie, de la chaux et seulement des traces de potasse. J'ai trouvé d'ailleurs qu'il fond avec bouillonnement, presque aussi facilement que l'orthose, que sa perte au feu est de 8 p. 100, qu'il contient beaucoup d'alumine, peu d'oxyde de fer et moins de magnésie que la serpentine dont on lui a généralement donné le nom: d'après les essais qui précèdent, cet hydrosilicate vert, dont la composition n'est sans doute pas définie, paraît donc plutôt tendre à se rapprocher de la pyrosklérite qui sera décrite plus loin.

(1) Explication de la carte géologique, t. I, p. 312.
 (2) Mougeot. Compte-rendu, 1838-39, p. 12, etc.

Il s'observe avec une grande constance à la séparation des calcaires saccharoïdes et des roches granitiques, formant ainsi une sorte de saiebande entre ces deux roches.

En dissolvant par un acide le calcaire au contact de la roche R du Chippal, j'ai remarqué que sa saiebande s'engage dans le calcaire sous la forme de lamelles très-minces qui ont la structure de la variété de quartz dite hachée, ces lamelles se sont moulées dans les interstices laissés par les clivages de la chaux carbonatée et elles sont disposées par groupes qui reproduisent en relief tous les accidents de ces clivages.

Le calcaire du Chippal est un marbre d'un beau blanc ayant une structure cristalline à grandes lamelles, comme le marbre de Paros; quelquefois cependant il est compacte. Il a été exploité pour la marbrerie d'Épinal ainsi que pour la fabrication de la chaux; par la cuisson il donne de la chaux grasse, et M. Braconnot a constaté que c'est du carbonate de chaux pur.

Différents minéraux s'observent dans ce carbonate de chaux, notamment dans les carrières qui sont à la partie supérieure de la colline; tantôt ils y sont irrégulièrement disséminés, tantôt ils y forment des rognons *r* ou des veines, qui, comme le montre la *fig. 9*, sont parallèles à la ligne de contact du calcaire C avec la roche R dont elles suivent toutes les inflexions: ces minéraux sont le *pyroxène*, le *mica*, la *pyrosklérite*, qui est blanche ou verdâtre et qui dans certains cas pénètre le calcaire sous forme d'arborisations; accidentellement il y a un peu d'*amphibole*, de *quartz* et du *graphite*, qui est en paillettes microscopiques d'un beau noir, mais assez rares.

Calcaire.

Minéraux dans ce calcaire.

Quelquefois il y a du *spinelle* en petits octaèdres gris bleuâtres et transparents. MM. Puton et Fournet (1) y ont encore signalé de la *condrodite* en petites concrétions d'un jaune orange.

Pyroxène
(Salite).

Le *pyroxène* forme presque entièrement les rognons tels que *r* qui se trouvent dans le calcaire des carrières supérieures du Chippal (*Pl. X, fig. 9*): ces rognons sont ordinairement entourés par du mica.

Il est en cristaux représentés par la *fig. 10*, qui est celle habituelle au pyroxène salite (2): il possède les clivages parallèles aux faces primitives *M* et aux plans diagonaux *g'*, *h'*, ainsi que le clivage parallèle à la base *P*; ce dernier est même assez facile.

Il a une dureté plus faible que celle du pyroxène ordinaire, et il est doux au toucher comme la serpentine.

Par l'exposition à l'air, il se rubéfie et il prend d'abord une couleur rouge vif.

Calciné dans le tube fermé, il devient brun noirâtre, et il conserve son éclat nacré, en même temps il dégage beaucoup d'eau ayant une odeur empyreumatique.

Au chalumeau, il fond plus difficilement que le feldspath en un verre blanc verdâtre.

J'ai analysé des cristaux verts un peu grisâtres de ce pyroxène du Chippal, après les avoir débarrassés de leur gangue.

Leur densité est de... 3,048; j'ai trouvé d'un autre côté que la densité de l'augite de Ternay

(1) Bulletin de la Société géol., 2^e série, t. IV, p. 232.

(2) Dufrenoy. Minéralogie, t. III, p. 600.

est de... 3,135 (1); les densités de ces deux pyroxènes sont donc très-petites et elles sont même inférieures à la densité *minima* du pyroxène qui, d'après M. Naumann, est de 3,2. Il importe de remarquer à ce sujet que ces deux pyroxènes contiennent plusieurs centièmes d'eau; par conséquent les pyroxènes qui contiennent de l'eau ont une densité inférieure à la densité *minima*: c'est le contraire de ce qui a lieu pour les feldspath du 6^e système, car j'ai constaté antérieurement que ceux de ces feldspaths qui contiennent de l'eau ont une densité élevée ou même supérieure à la densité *maxima* (1); la densité de ces feldspaths, de même que celle du talc (2), diminue d'ailleurs par calcination et on conçoit qu'il en sera ordinairement ainsi, soit pour les pyroxènes avec eau, soit en général pour les hydrosilicates.

L'analyse des cristaux de pyroxène du Chippal m'a donné la composition suivante:

Silice.	54,01
Alumine.	1,10
Protoxyde de fer.	4,25
Protoxyde de manganèse.	traces.
Chaux.	16,10
Magnésie (diff.).	20,94
Perte au feu.	3,60
Somme.	100,00

La composition de ce pyroxène présente plusieurs particularités remarquables.

Il est extraordinaire, en effet, que sa perte au feu, qui consiste en eau, soit aussi considérable; dans un essai particulier sur d'autres cristaux que

(1) Annales des Mines, 4^e série, t. XII, p. 291 et 295.

(2) Annales des Mines, 4^e série, t. IX, p. 313.

ceux qui viennent d'être analysés, j'ai cependant obtenu une perte plus grande encore, qui était égale à 4,30.

J'avais d'abord pensé que ce minéral pourrait s'attaquer par les acides; mais en employant l'acide sulfurique bouillant, j'ai obtenu un résidu de 75 pour 100, et par conséquent l'attaque avait été très-incomplète; en conséquence, j'ai eu recours au carbonate de potasse pour le décomposer.

J'ai trouvé qu'il contenait 1,10 d'alumine; comme ses cristaux se sont généralement formés dans un calcaire, cette alumine ne saurait provenir du milieu dans lequel ils se sont développés: on doit donc la regarder, de même que dans les autres pyroxènes, comme étant à l'état de combinaison et non à l'état de mélange: la teneur en silice du salite, qui est plus élevée que celle de l'augite, indique d'ailleurs que dans l'augite l'alumine se substitue à une certaine quantité de silice.

Il importe d'observer que ce pyroxène n'est pas riche en chaux, bien qu'il ait cristallisé dans du calcaire; d'un autre côté, il contient une quantité notable d'eau de combinaison; il me paraît donc probable, d'après les idées développées par M. Bischof, que la chaux a été éliminée, tandis que de l'eau et de la magnésie lui étaient substituées et entraient en combinaison dans le minéral par voie de pseudomorphose.

Il a la même teneur en silice et en oxyde de fer que le salite de Sala analysé par H. Rose, qui se trouve également dans du calcaire saccharoïde (1); d'après sa forme, ses clivages et sa composition chimique, ce minéral doit donc être regardé comme

(1) Hausmann. Minéralogie, p. 478.

une variété de *salite* ou de *malacolithe*, c'est-à-dire comme un *pyroxène* à base de magnésie et de chaux avec un peu d'oxyde de fer; il est remarquable par sa dureté et par sa densité, qui sont très-faibles, par une certaine douceur au toucher, par sa grande teneur en eau, et enfin par sa petite teneur en chaux, qui est inférieure d'un tiers à celle du salite de Sala.

La pyralolite de M. Nordenskiöld (1), qui se trouve dans le calcaire saccharoïde de Storgård en Finlande, a des angles qui diffèrent peu de ceux du pyroxène, et sa composition chimique se rapproche d'ailleurs beaucoup de celle du salite du Chippal; toutefois sa densité est encore beaucoup plus petite, car elle est seulement de 2,57.

Le pyroxène du Chippal est le plus souvent décomposé, et ses cristaux, qui s'égrènent entre les doigts, sont réunis et enveloppés par un ciment plus tendre et d'un vert plus foncé, dont les propriétés physiques rappellent la serpentine: ce ciment prend quelquefois une structure fibreuse, et il forme alors des veinules asbestiformes d'une vert clair comme le chrysotil. La structure asbestiforme s'observe toutefois dans plusieurs minéraux, et il m'a paru que ces veinules asbestiformes sont un peu plus compactes que celles du Chrysotil; je pense donc qu'elles doivent être regardées comme un produit de décomposition et de sécrétion tel que celui qui a été trouvé par M. Coquand dans le pyroxène de l'étang de Lherz (Pyrénées); ce dernier gisement a en effet la plus grande analogie avec celui du Chippal, et le pyroxène lherzolithe qui présente aussi divers degrés d'altération

(1) Hausmann. Minéralogie, p. 454.

est en amas stratifiés très-puissants qui sont également intercalés dans un calcaire saccharoïde (1).

Calcaire saccharoïde de Laveline.

Gisement
de Laveline.

Près de Laveline on observe encore plusieurs amas d'un calcaire saccharoïde qui est une variété de celui vient d'être décrit : il est lamelleux, blanc grisâtre ou gris légèrement bleuâtre. (Voir Ann. des Mines, 2^e sér., t. XIX, Pl. II, fig. 10.)

On y trouve souvent du *feldspath* blanc qui s'est développé suivant des veines, tantôt parallèles, tantôt irrégulièrement disséminées, comme le montre la fig. 10, Pl. II; quand il devient abondant, le calcaire passe insensiblement au gneiss encaissant, duquel il n'est d'ailleurs pas séparé d'une manière nette. La composition minéralogique de ce gneiss duquel il sera encore parlé plus loin, ne diffère pas de celle que M. Naumann (2) attribue au gneiss en général.

Minéraux
dans ce calcaire.

Le calcaire de Laveline contient de la *pyrosklérite*, de l'*amphibole trémolite*, du *mica*, de la *pyrite de fer magnétique et ordinaire*, ainsi qu'un grand nombre de petits grains noirs, éclatants, cristallins, laissant sur le papier une empreinte noire, qui sont du *graphite* : de même que beaucoup de calcaires saccharoïdes, il dégage d'ailleurs par le choc du marteau une odeur fétide et bitumineuse.

On y trouve aussi du *sphène* brun en cristaux microscopiques.

Enfin il y a souvent du *quartz* qui forme des

(1) Bulletin de la Société géol., 1^{re} s., t. XII, p. 332. — De Charpentier. Essai sur les Pyrénées, p. 257.

(2) Naumann Lehrbuch der Geognosie, t. I, p. 545, ect.

veines ou bien de petites agglomérations telles que *q* (Pl. X, fig. 11), dont les contours extrêmement découpés, comme pourraient l'être ceux d'une carte de géographie, sont bien séparés, soit du *feldspath f*, soit du calcaire *c*. L'agglomération de *quartz q* (fig. 11) a été représentée en vraie grandeur : *p* est de la *pyrosklérite* qui sur cet échantillon est à la séparation du *feldspath f* avec le calcaire *C*.

A Gemaingoutte, au-dessus de Velupaire, M. Carrière a observé un calcaire saccharoïde qui a tous les caractères de celui de Laveline, et qui est comme lui enclavé dans le gneiss.

Lorsqu'on traite le calcaire de Laveline par un acide, on reconnaît qu'il renferme une très-grande proportion de minéraux qui y sont disséminés ou qui s'y sont développés à la manière d'arborisations : parmi ces minéraux, le *feldspath* et le *quartz* contribuent surtout à le rendre très-dur, et font un peu saillie à sa surface, lorsqu'il a été travaillé; de même que le calcaire du Chippal, il est cependant exploité pour la marbrerie d'Épinal, et ces deux calcaires se vendent au prix de 45 francs le mètre carré poli.

Calcaire saccharoïde du Saint-Philippe.

Le calcaire saccharoïde enclavé dans le gneiss s'observe surtout au-dessous des anciennes mines du Saint-Philippe, près de Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin), et la carrière de pierre à chaux dans laquelle on l'exploite contient une telle variété de minéraux, qu'elle forme un véritable musée de minéralogie. L'état actuel de cette carrière est représenté par la fig. 12, Pl. X, qui montre les relations de gisement du calcaire *C* et

Gisement du
Saint-Philippe.

du gneiss G. Ces roches sont séparées l'une de l'autre d'une manière plus nette qu'à Laveline; cependant le calcaire C' se charge d'une grande quantité de mica rouge cuivré ou brun rougeâtre qu'on retrouve également dans le gneiss G' et il y a en quelque sorte passage du calcaire au gneiss. D'ailleurs les deux roches alternent plusieurs fois ensemble, comme on peut le reconnaître en visitant les anciennes carrières qui sont superposées à celle qu'on exploite maintenant.

Les minéraux se sont assez généralement développés dans le calcaire et même dans le gneiss, suivant des veines qui sont parallèles à la ligne de contact de ces deux roches, ainsi qu'à leur schistosité: cette schistosité plonge vers le S. O. sous une inclinaison de 20° environ.

Calcaire.

Le calcaire du Saint-Philippe est composé de lamelles blanches cristallines et enchevêtrées dans tous les sens; c'est seulement dans les fissures ou dans les géodes de ce calcaire qu'on observe des cristaux terminés, nets et transparents de chaux carbonatée; ces cristaux qui se sont formés par infiltration sont habituellement le métastatique d^2 (1) simple ou combiné aux rhomboèdres P, b^1 , e^1 , ainsi qu'au prisme à six faces e^2 ; le prisme à six faces e^2 , surmonté du pointement rhomboédrique b^1 .

D'après Monnet, le calcaire du Saint-Philippe est magnésien: des essais que j'ai faits avec M. Carrière, montrent cependant que lorsqu'il est débarrassé des silicates magnésiens qui y sont disséminés, il ne contient que des traces de magnésie; il est donc vraisemblable qu'une partie de la magnésie trouvée par Monnet provenait de ces silicates

(1) Dufrénoy. Minéralogie, t. II, p. 226, etc.

magnésiens qui se laissent d'ailleurs très-facilement attaquer par les acides.

Ce calcaire peut fournir de la *chaux hydraulique*: on emploie spécialement pour cet usage le calcaire dans lequel il s'est développé beaucoup de pyrosklérite et de mica: ainsi dans le val de la petite Lièpvre on exploite, pour l'usine de M. Weisgerber, un calcaire donnant une chaux hydraulique de bonne qualité, qui est généralement riche en pyrosklérite et en mica dont il renferme environ 1/5 de son poids. A Breucharie, commune de Wisembach, on exploitait autrefois un calcaire dont les caractères minéralogiques et géologiques sont, d'après M. Carrière, les mêmes que dans le val de la petite Lièpvre. Il est vraisemblable que dans ces calcaires la chaux est rendue hydraulique par les combinaisons insolubles que la pyrosklérite et le mica calcinés font avec l'hydrate de chaux, car le calcaire de la petite Lièpvre ne contient également qu'une petite quantité de magnésie. Des expériences récentes de M. de Villeneuve ont d'ailleurs montré qu'il y a un très-grand nombre de substances qui mélangées à la chaux peuvent lui donner la propriété d'être hydraulique.

Je passe à l'étude des minéraux de la carrière du Saint-Philippe et je commence par ceux qui peuvent être disséminés dans le calcaire.

Le plus important de ces minéraux est un *mica* qu'on retrouve avec une grande constance dans tous les calcaires saccharoïdes. Lorsqu'il provient de l'intérieur d'un bloc dans lequel il était complètement à l'abri de l'altération atmosphérique, il a une couleur verte, vert gristâtre ou verdâtre. Comme il est en outre doux au toucher, on l'avait jusqu'à présent regardé comme

Emploi
du calcaire
saccharoïde pour
chaux
hydraulique.

Minéraux
dans le calcaire.

Mica.
(Phlogodite.)

du talc; mais lorsqu'il a été exposé à l'air ou lorsqu'il se trouve à proximité de fissures par lesquelles l'eau peut s'infiltrer, il prend l'éclat propre au mica, et en même temps une couleur jaune d'or, jaune de miel, rougeâtre, rouge de cuivre ou brun tombac clair: cette couleur est d'autant plus foncée qu'il y a plus de protoxyde de fer combiné, et elle résulte évidemment d'une sur-oxydation de cet oxyde ou d'une rubéfaction produite par une altération très-légère du mica.

Sa densité est de... 2,746.

Lorsqu'il est placé dans le polariscope d'Amici, on voit dans une certaine position deux courbes bien distinctes et de forme hyperbolique, dont les sommets sont cependant très-rapprochés. En faisant tourner la lamelle de mica soit à droite, soit à gauche, les sommets se rapprochent davantage, et les deux courbes se transforment peu à peu en deux droites perpendiculaires ou en une croix noire qui est au centre d'un système d'anneaux comme dans les cristaux à un axe; mais quoi qu'il en soit, il résulte de ce qui précède que le mica du calcaire saccharoïde est un mica à deux axes de double réfraction qui sont très-rapprochés.

J'ai analysé un échantillon de ce mica qui était en lamelles contournées; sa couleur verdâtre tirait légèrement sur le jaunâtre, mais elle n'avait pas encore passé au rouge.

J'ai constaté que par calcination il perd sa transparence; il prend alors une couleur blanche éclatante et argentée.

Au chalumeau il s'exfolie et il jette un vif éclat; il fond en un émail blanc, mais difficilement, et seulement sur les bords.

Il ne donne rien de particulier avec le nitrate de cobalt.

Il s'attaque, et même avec facilité, par l'acide sulfurique ou par l'acide chlorhydrique; toutefois, comme il est très-difficile de porphyriser le mica, même après calcination, on obtient généralement un petit résidu non attaqué, et j'ai préféré le décomposer par l'acide fluorhydrique.

J'ai reconnu que la dissolution provenant de l'attaque par l'acide sulfurique contenait le fer à l'état de protoxyde; c'est d'ailleurs ce qui était vraisemblable d'après la couleur verdâtre de ce mica.

J'ai débarrassé les lamelles analysées de la petite quantité de carbonate de chaux qui les imprégnait, en les traitant après calcination par de l'acide acétique faible.

J'ai dosé le fluor par le procédé de Berzelius; j'en ai trouvé très-peu.

J'ai déterminé la magnésie directement, et on peut voir, d'après l'analyse suivante, que la somme des quantités dosées est à très-peu près égale à 100; résultat qui est, du reste, accidentel dans l'analyse d'un minéral aussi complexe que ce mica.

	¹ °	² °	Moyenne.	Oxygène.	Rap.
	Co ² .Ko.	F/H.			
Silice.	37,54	"	37,54	19,508	4
Alumine.	19,88	19,72	19,80	9,247	2
Protoxyde de fer.	1,61	1,61	1,61	0,367	
— de manganèse.	0,10	0,10	0,10	0,022	
Chaux.	0,70	"	0,70	0,197	
Magnésie.	30,32	"	30,32	11,734	13,792 3
Soude.	"	1,00	1,00	0,256	
Potasse.	"	7,17	7,17	1,216	
Fluor.	0,22	"	0,22	"	"
Perte au feu.	"	1,51	1,51	"	"
			99,97		

Je n'ai pas obtenu une perte plus grande en chauffant ce mica dans un fourneau de calcination, que celle que j'avais obtenue en le chauffant d'abord sur la lampe à alcool. Il est donc très-vrai-

semblable qu'à la température à laquelle j'ai chauffé, il ne s'est pas dégagé de fluorure de silicium, et que la perte au feu consiste entièrement en eau.

En calcinant d'autres échantillons du même mica, lesquels étaient verdâtres ou rougeâtres, la perte a toujours été supérieure à celle du mica analysé, et la perte la plus grande que j'aie obtenue a été de... 2,51. Dans ce dernier cas, il y avait cependant mélange d'une petite quantité de carbonate de chaux provenant de la gangue.

Ce mica se distingue de tous ceux qui ont été analysés jusqu'ici par sa grande teneur en magnésie, qui est même égale à celle d'une chlorite: c'est sans doute à sa richesse en magnésie qu'il doit d'avoir un éclat gras, d'être un peu doux au toucher, et de se laisser attaquer facilement par les acides.

Ce mica étant riche en magnésie et à deux axes, on voit en outre qu'on ne saurait admettre que les micas à base de magnésie sont à un axe.

Il contient, du reste, de la potasse, comme cela a lieu pour tous les micas à base de magnésie, et j'y ai constaté la présence de la soude: il n'est d'ailleurs pas moins riche en alcalis que les micas à base de potasse.

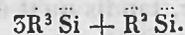
Il est plus pauvre en oxyde de fer qu'aucun mica à base de magnésie, et cet oxyde est remplacé par de la magnésie.

La chaux est toujours rare et en petite quantité dans le mica: d'après le mode de gisement de celui qui vient d'être analysé, il n'est pas étonnant qu'il en contienne, et, comme je l'ai fait observer précédemment, cette chaux ne saurait provenir d'un mélange de carbonate.

Ce mica est encore remarquable par sa faible teneur en silice, qui est inférieure à celle des micas magnésiens analysés par MM. H. Rose et de Kobell. Par sa grande teneur en magnésie, il se rapproche assez des micas du Vésuve et de Sala, qui ont été analysés par MM. Bromeis et Svanberg (1), mais il doit être considéré comme une variété du mica désigné par M. Breithaupt sous le nom de *Phlogopite*.

MM. Silliman Jr. et Dana (2) ont constaté que ce mica, qui jusqu'à présent n'avait été trouvé qu'en Amérique, est caractérisé par des axes faisant entre eux un angle compris entre 7° et 18°, et qui, le plus ordinairement, est de 13° à 16°. Le phlogopite du comté de Jefferson (New-York), ainsi que le phlogopite jaune brunâtre argenté du comté Saint-Laurent (New-York), ont été analysés par MM. Meitzendorff et Craw (2), qui ont obtenu à peu près les mêmes résultats que pour le mica du Saint-Philippe.

Le mica du Saint-Philippe contenant très-peu d'oxyde de fer, et l'une de ses bases, la magnésie, y étant très-prédominante, il était naturel de croire qu'il se laisserait représenter par une formule simple: Il est facile de voir, en effet, que les proportions d'oxygène de R, R̄, Si sont entre elles ÷ 3 : 2 : 4, ce qui conduit pour ce mica, et pour le phlogopite en général, à la formule



On trouve également, dans le calcaire du Saint-

Pyrosklérite.

(1) Rammelsberg. Handwörterbuch, p. 263, et 1^{er} Supplément, p. 61.

(2) Silliman. American Journal, nov. 1850, p. 375 et 383.

Philippe, un minéral qui me paraît être une variété de *pyrosklérite*.

Il a une belle couleur verte assez claire qui tire quelquefois sur le blanc ou sur le gris, sur le vert bleuâtre, sur le vert pomme et sur le vert émeraude; son éclat est gras et cireux; sa dureté est un peu inférieure à 3 ou à celle de la chaux carbonatée; aussi, jusqu'à présent, il a toujours été regardé comme de la serpentine: il s'en distingue cependant par sa structure cristalline.

De même que la *pyrosklérite* de M. de Kobell, il a en effet un premier clivage assez facile et à éclat légèrement nacré; il a aussi un deuxième clivage beaucoup moins facile et qui est perpendiculaire au premier; enfin j'ai observé en outre un troisième clivage qui est rudimentaire et oblique aux deux précédents.

Sa cassure est inégale et un peu esquilleuse.

Sa poudre est blanche.

Il se laisse couper au couteau et tourner.

J'ai déterminé la densité de deux échantillons différents, et j'ai trouvé 2,624 pour le premier, 2,619 pour le deuxième; soit en moyenne... 2,622. Cette densité, supérieure à celle de la serpentine, est inférieure à celle de la *pyrosklérite* de Kobell.

Quand on le calcine, il prend une couleur blanche nacrée, et sa dureté augmente beaucoup, car elle est à peu près égale à 7; en même temps il devient opaque, tandis qu'il était translucide et quelquefois transparent.

Chauffé faiblement, de manière à ce qu'il ne perde qu'une petite partie de son eau, il prend également une couleur blanche et opaque; mais il reprend sa translucidité et sa couleur verte lors-

qu'on le laisse plongé dans l'eau pendant quelque temps.

Il ne perd toute son eau que quand on le chauffe à un bon feu de charbon dans un fourneau de calcination; ce fait s'observe pour certains hydrosilicates de magnésie, et notamment pour le talc (1).

Il s'attaque complètement par l'acide chlorhydrique bouillant, bien que ce ne soit pas sans difficulté; il se gonfle, mais la silice ne fait pas gelée, et elle est même assez grenue pour passer à travers les pores du filtre.

Au chalumeau il fond avec bouillonnement, un peu plus difficilement que l'orthose, en un verre blanchâtre et opalin.

Avec le nitrate de cobalt, il prend une couleur bleue assez pure; mais seulement lorsqu'il commence à se fritter.

J'ai analysé un échantillon de ce minéral du Saint-Philippe qui était d'un beau vert bleuâtre; il formait des lamelles clivables ayant plusieurs centimètres de longueur, qui occupaient la partie centrale d'un rognon de *pyrosklérite* compacte entourée de mica. Ces lamelles m'ont paru pures, et on n'y apercevait aucun mélange soit avant, soit après calcination; leur analyse m'a donné:

Silice.	58,59.	19,949
Alumine.	26,54.	12,404
Oxyde de chrome.	traces	
Protoxyde de fer.	0,59.	0,154
Protoxyde de manganèse.	traces	
Chaux.	0,67.	0,188
Magnésie (diff.).	22,16.	8,549
Eau.	11,65.	10,357
Somme.	100,00	

(1) Ann. des mines, 4^e s., t. IX: talc et stéatite, p. 315.

On voit que ce minéral contient une aussi grande quantité d'eau que la serpentine; dans le but de rechercher si cette eau était hygrométrique ou combinée, j'ai desséché la matière dans le vide à l'aide de l'acide sulfurique; j'ai constaté que la perte de poids était seulement de 2 millièmes, c'est-à-dire ce qu'elle est pour toutes les substances; on doit donc regarder l'eau comme étant en combinaison.

La perte au feu des divers échantillons de pyrosklérite du Saint-Philippe n'est cependant pas constante; j'ai trouvé qu'elle variait de 10,60 à 13,84, et il m'a paru qu'elle était la plus forte dans les échantillons qui avaient la structure la plus compacte et une couleur verte.

Il y a très-peu d'oxyde de fer et d'oxyde de chrome; ce sont cependant ces deux oxydes, et surtout le dernier, qui donnent à la pyrosklérite sa belle couleur verte, qui est quelquefois assez foncée.

J'ai recherché les alcalis, mais je n'ai trouvé qu'un millième environ de chlorure alcalin; par conséquent il n'y a que des traces d'alcalis dans le minéral, comme on en trouverait sans doute dans la plupart des minéraux qui ont cristallisé dans les roches feldspathiques.

Par ses caractères physiques et chimiques, le minéral du Saint-Philippe qui vient d'être analysé se rapproche de la pyrosklérite et de la chonikrite de M. de Kobell, de la serpentine d'Åker de M. Lychnell (1); tous ces minéraux, qui sont des hydrosilicates d'alumine et de magnésie, ont été peu étudiés jusqu'à présent. On peut remarquer

(1) Rammelsberg. Handwörterbuch, 2^e partie, p. 85.

que leur teneur en silice et en eau est à peu près la même, et que tous contiennent un peu d'oxyde de chrome.

Ayant trouvé pour le minéral du Saint-Philippe une teneur en alumine beaucoup plus élevée que celle de tous les autres, j'ai dosé l'alumine avec beaucoup de soin, en la séparant de la magnésie par le procédé de Fuchs, et en vérifiant le résultat obtenu par des précipitations répétées à l'aide de l'hydrosulfate d'ammoniaque dans une liqueur contenant du sel ammoniac. Dans cette expérience de vérification, j'ai obtenu 26,29 d'alumine; la teneur en alumine du minéral du Saint-Philippe est donc bien celle que j'ai donnée dans l'analyse ci-dessus; par suite, sa teneur en magnésie est plus faible que celle des minéraux précédents.

Le calcul des proportions d'oxygène conduirait à représenter la composition du minéral par la formule $3\text{Si Mg} + 4\text{Si Al} + 9\text{H}$, qui donne :

Silice... 40,63 — Alumine... 25,82 — Magnésie... 23,37
— Eau... 10,18 Somme = 100,00.

Cette formule est un peu compliquée, et on pourrait la remplacer par $\text{Si Mg}^3 + \text{Si Al} + 3\text{H}$, qui est composée des mêmes éléments, mais qui est plus simple; elle donne cependant, pour l'alumine, un nombre inférieur de 4,46 à celui de l'analyse.

Quelle que soit la formule adoptée, on voit que le minéral du Saint-Philippe est formé comme la pyrosklérite de silicate neutre d'alumine et de silicate neutre de magnésie, combinés avec de l'eau; aussi, malgré les particularités que pré-

sente sa composition chimique, j'ai cru devoir lui conserver le nom de *pyrosklérite*.

La *pyrosklérite* (1) joue un rôle important dans la géologie, et elle a généralement été décrite comme de la serpentine avec laquelle il est d'autant plus facile de la confondre qu'elle lui est souvent associée; elle s'en distingue toutefois par sa structure un peu lamelleuse, par un éclat légèrement nacré, par sa fusibilité au chalumeau qui est plus grande que celle de la serpentine, par la couleur blanche que lui donne la calcination, ainsi que par la couleur bleue qu'elle prend lorsqu'on la chauffe fortement après l'avoir humectée avec le nitrate de cobalt.

Les rognons de *pyrosklérite* du Saint-Philippe sont accidentellement traversés par des veinules asbestiformes, nacrées, blanchâtres ou blanc-verdâtres qui ne se continuent pas dans le calcaire; elles sont probablement formées par de la *pyrosklérite* fibreuse ayant une structure asbestiforme.

Il y a quelquefois de la *pyrite de fer* ordinaire et surtout de la *pyrite de fer magnétique* qui a d'abord été signalée par M. Carrière; cette *pyrite magnétique* est en veines ou en petits nodules ré-

Pyrites.
—
Pyrite
magnétique.

(1) Dans les collections de minéralogie la plupart des échantillons qui sont étiquetés comme Serpentine noble sont de la *pyrosklérite*. On a souvent employé la *pyrosklérite* pour divers ornements et elle se laisse tourner ou tailler très-facilement sous forme de coupes, de boîtes et de magots: on la travaillait particulièrement à Venise, aussi lui donne-t-on quelquefois le nom de *talç vénitien*. Les trésors des anciens rois de France, qui se trouvent au Musée du Louvre, renferment plusieurs objets remarquables en *pyrosklérite* polie.

Elle forme le plus souvent l'un des éléments des roches qu'on désigne sous le nom d'*ophicalce* et de *cipolin*.

pandus dans le calcaire et elle peut être engagée jusque dans les lamelles mêmes du mica.

J'ai observé aussi dans le calcaire du Saint-Philippe du *spinelle* en cristaux d'un gris blanchâtre ou bleuâtre plus ou moins foncé; ces cristaux, qui peuvent atteindre 1 centimètre, sont l'octaèdre régulier simple ou l'octaèdre légèrement tronqué sur les arêtes. Lorsqu'on les a dégagés du calcaire par un acide, ils se laissent désagréger avec la plus grande facilité et on reconnaît alors que les cristaux les plus gros sont formés de l'agglomération de petits cristaux de *spinelle* également octaédriques, qui diffèrent souvent beaucoup par leur couleur.

Spinelle.

Enfin, de même que dans tous les calcaires saccharoïdes des Vosges, j'ai trouvé de petites lamelles de *graphite*. Dans le calcaire du Saint-Philippe, il y a en outre des taches noirâtres qui sont dues à une matière bitumineuse; cette matière bitumineuse est associée notamment avec le *spinelle* et avec la *pyrite magnétique*.

Graphite.

Tels sont les minéraux qui peuvent être disséminés dans le calcaire du Saint-Philippe; les minéraux desquels je vais parler maintenant forment de petits *filons* très-complexes qui pénètrent le gneiss et dans lequel leurs cristaux sont ordinairement plus gros et mieux développés que dans le calcaire: cependant on retrouve aussi la plupart de ces minéraux dans le calcaire; ils y forment généralement des *rognons* dans lesquels ils sont associés avec un ou plusieurs des minéraux disséminés que je viens de décrire.

Minéraux
en filons
dans le gneiss se
retrouvant
en rognons
dans le calcaire.

Le plus important de ces minéraux est un *orthose* blanc opaque, ayant une teinte légèrement grisâtre ou bleuâtre. Il est bien cristallisé dans le

Orthose.

gneiss, et il présente des lamelles à faces éclatantes, mais contournées. Il n'offre pas la macle habituelle à l'orthose qui constitue les roches granitoïdes; il importe de remarquer à ce sujet que la même particularité a déjà été signalée pour l'orthose des filons de la pegmatite de Saint-Etienne (1), et que l'orthose du Saint-Philippe forme également des filons dans le gneiss.

L'analyse de cet orthose qui est associé avec du pyroxène malacolithe, dont il enveloppe souvent les cristaux, m'a paru devoir présenter de l'intérêt.

J'ai trouvé pour sa composition chimique :

Silice.	64,04
Alumine.	19,92
Chaux.	0,39
Magnésie.	0,33
Soude.	2,18
Potasse.	11,48

Somme. 98,34

On voit que ce minéral est un orthose dont la composition chimique ne diffère pas de celle de l'orthose des granites et qui contient les deux alcalis, comme je l'ai déjà constaté antérieurement dans plusieurs analyses d'orthose. Sa teneur en silice est un peu faible, ce qui semble compensé par une teneur en alumine élevée.

Oligoclase.

Cet orthose est assez souvent accompagné par un deuxième feldspath également blanc et opaque, qui s'en distingue, quoique assez difficilement par son éclat un peu gras. Quelques lamelles ont même une nuance légèrement verdâtre et montrent la macle caractéristique des feldspaths du

(1) Annales des mines, 4^e série, t. XVI, p. 98.

sixième système; elles doivent être rapportées à l'oligoclase.

Ces deux feldspaths sont associés avec du pyroxène et avec de l'amphibole.

Le pyroxène est en cristaux allongés qui sont très-nets, et qui ont souvent plusieurs centimètres. Sa couleur est le vert asperge grisâtre. De même que le salite du Chippal, il a des clivages parallèles aux faces M et à la base P (*Pl. X, fig. 10*).

Sa forme la plus habituelle est le prisme à six faces résultant de la combinaison de M et de h' : quelquefois le prisme est à huit faces par l'addition de g'. Ces prismes sont terminés par la base P.

J'ai analysé des cristaux de ce pyroxène du Saint-Philippe qui étaient engagés dans l'orthose dont je viens de faire connaître la composition.

J'ai trouvé qu'ils contenaient :

Silice.	53,42
Alumine.	1,38
Protoxyde de fer.	8,53
Chaux.	21,72
Magnésie (diff.).	14,95

Somme. 100,00

Ce pyroxène est un pyroxène malacolithe qui diffère très-peu de ceux de Björmyresweden (Dalcécarlie) et du lac Baïkal qui ont été analysés par M. H. Rose (1).

Si on le compare à celui du Chippal, on voit que la teneur en silice de ces deux pyroxènes est à peu près la même, quoique la gangue de l'un soit de l'orthose et la gangue de l'autre du carbonate de chaux.

On peut remarquer aussi que celui du Saint-

(1) Rammelsberg. Handwörterbuch, p. 60.

Pyroxène.
(Malacolithe.)

Philippe, qui ne contient pas d'eau est plus pauvre en magnésie, et au contraire plus riche en oxyde de fer et en chaux que celui du Chippal; il semblerait cependant plus naturel de croire que ce dernier, qui a cristallisé dans du calcaire, doit être le plus riche en chaux: il est donc probable que ce pyroxène du Chippal a été pseudomorphosé, et qu'il a perdu une partie de sa chaux et de son oxyde de fer qui ont été remplacés par voie de substitution par de la magnésie et par de l'eau.

Amphibole.

L'*amphibole* est en grands cristaux ayant souvent plus d'un centimètre de côté qui se sont développés préférablement au pyroxène, lorsque le feldspath a un éclat gras, ou lorsqu'il appartient au sixième système. Cette amphibole a une couleur vert grisâtre ou vert noirâtre; par l'altération atmosphérique elle devient brune et elle prend un éclat métallique et bronzé très-vif; aussi a-t-elle été décrite jusqu'à présent comme du diallage, et l'éclat gras du feldspath qui lui est associé, fait en effet ressembler certains échantillons isolés à de l'euphotide.

Elle est extrêmement lamelleuse.

J'ai analysé des cristaux de cette amphibole qui ont été extraits d'un rognon feldspathique se trouvant dans le gneiss; ils avaient une couleur brun noirâtre et un éclat bronzé très-vif; leur poudre était grise légèrement nuancée de brun. Dans leur intérieur il s'était développé des lamelles de mica, desquelles il était impossible de les séparer complètement.

Leur densité est égale à... 3,076.

J'ai trouvé pour leur composition :

Silice.	44,82
Alumine.	13,18
Oxyde de chrome.	traces
Protoxyde de manganèse.	traces
Protoxyde de fer.	11,17
Chaux.	9,69
Magnésie (par diff.).	19,48
Perte au feu.	1,66
Somme.	100,00

M. le docteur Carrière, qui a également analysé ces cristaux, m'a annoncé avoir obtenu à peu près les mêmes résultats.

Il est donc démontré par l'analyse que ce minéral est bien de l'amphibole, et sa composition se rapproche d'ailleurs beaucoup de celle de l'amphibole du Gabbro de la Prese, analysée par M. Kudernatsch (1).

Si on compare cette amphibole au pyroxène du Saint-Philippe auquel il est associé dans les mêmes rognons, on voit qu'elle est plus pauvre en silice, mais beaucoup plus riche en alumine; de plus, tandis que la base dominante est la magnésie, celle du pyroxène est la chaux.

Je n'ai pas recherché les alcalis dans cette amphibole du Saint-Philippe, car on en aurait nécessairement trouvé à cause du mélange intime d'un peu de mica et peut-être même de feldspath. On peut remarquer en effet des veinules microscopiques de feldspath à éclat gras *f* qui coupent certains cristaux d'amphibole transversalement comme cela est représenté sur la *fig. 21, Pl. X*: ces veinules font voir que la cristallisation de l'amphibole a précédé celle du feldspath et on reconnaît de même que la cristallisation du pyroxène a pré-

(1) Rammelsberg. Handwörterbuch, p. 511.

cédé celle de l'orthose. Un essai au chalumeau m'a montré du reste que le pyroxène est un peu plus réfractaire que l'amphibole qui lui est associé et que ces minéraux sont tous deux plus réfractaires que l'orthose.

Sphène.

De beaux cristaux de *sphène* brun ou brun châtaigne, ayant quelquefois plus d'un centimètre, s'observent dans le gneiss ainsi que dans le calcaire; ils sont plus nets dans les rognons intercalés dans le calcaire que dans le gneiss.

Je passe maintenant à l'étude du gisement et de l'association des différents minéraux qui viennent d'être décrits.

Rognons dans le calcaire.

Le calcaire du Saint-Philippe n'est pas traversé comme celui du Chippal par des filons d'une roche granitoïde à base d'orthose, mais il renferme cependant un grand nombre de *rognons* généralement feldspathiques que je vais décrire avec détail, car on les retrouve avec les mêmes caractères dans beaucoup de calcaires saccharoïdes. Ils sont allongés et aplatis; ils forment des lits irréguliers et discontinus, qui sont généralement parallèles à la schistosité du calcaire ainsi qu'à celle du gneiss (*fig. 13, Pl. X*); quelquefois cependant les lits parallèles de rognons tels que *r* communiquent entre eux et sont reliés par des rognons de même nature *r'* qui sont transversaux à la schistosité. La forme et la disposition de ces rognons représentés sur la *fig. 13* montrent qu'ils correspondent aux filons également très-irréguliers qui sont disséminés dans le gneiss. Leur épaisseur est ordinairement de plusieurs centimètres, et elle ne dépasse pas 0^m,50; souvent elle est inférieure à 0^m,05. Ils peuvent avoir plusieurs mètres de longueur et présenter des lits continus. Ils sont très-contournés

et ils affectent des formes bizarres, mais presque toujours allongées dans le sens de la schistosité.

Lorsqu'on étudie la composition minéralogique et la structure de ces rognons, on reconnaît qu'ils sont composés de plusieurs zones concentriques ellipsoïdales qui se succèdent dans un ordre à peu près constant, et qui sont séparées l'une de l'autre ainsi que du calcaire d'une manière très-nette.

Leur structure et leur composition minéralogique.

A leur centre se trouve une substance blanche, à éclat gras, qui est compacte ou confusément cristalline. J'ai fait un essai de cette substance, et j'ai constaté au chalumeau qu'elle a la fusibilité du feldspath; après une ébullition très-prolongée avec l'acide chlorhydrique et évaporation à sec, elle m'a donné 76 p. 100 d'un résidu de matière non attaquée et de silice; il s'était dissous de l'alumine, des alcalis et seulement une trace de chaux. Cette substance qui résiste à l'acide et qui contient peu de chaux n'est pas de la paranthine, c'est un *feldspath* ou une pâte feldspathique analogue à celle qui a été nommée *Hälleslinta* par les minéralogistes suédois et qui se trouve absolument dans même gisement.

Feldspath (Hälleslinta.)

Dans le centre des rognons feldspathiques, dont la structure cristalline est le plus développée, on observe quelquefois des lamelles d'*orthose* blanc-grisâtre *o* (*fig. 15*), identique à celui qui est en filons dans le gneiss et dont j'ai donné ci-dessus l'analyse: cet *orthose* est nettement séparé de la pyrosklérite qui l'enveloppe.

Orthose.

Généralement les rognons sont formés de *mica phlogopite*, de *pyrosklérite* et de *feldspath* (*fig. 15, 16, 17*). Souvent aussi le feldspath a disparu, et ils sont formés seulement de *mica* et de *pyrosklérite* (*fig. 14*).

Mica (phlogopite), Pyrosklérite.

Dans tous les rognons le mica *m* se trouve à la circonférence et il présente une surface mamelonnée, ordinairement un peu rugueuse; ses lamelles sont orientées suivant des plans qui sont à peu près perpendiculaires au plan tangent à la surface du rognon, et elles sont groupées à la manière de fibres.

Au contact du mica *m*, la pyrosklérite *p* est généralement compacte comme la serpentine; dans le centre du rognon, au contraire, elle est souvent en lamelles cristallines et nacrées.

Lorsqu'on enlève la zone de mica qui entoure un rognon de pyrosklérite, on reconnaît que l'empreinte des lamelles de mica est marquée sur la surface de ce rognon qui est luisante, extrêmement douce au toucher, et facile à rayer avec l'ongle, ce qui n'a pas lieu pour la pyrosklérite cristalline qui se trouve au centre du rognon.

Quoiqu'il y ait une ligne de démarcation bien tranchée entre les zones concentriques de mica et de pyrosklérite, des lamelles de mica se sont quelquefois développées jusque dans la pyrosklérite; il importe d'ailleurs de remarquer à ce sujet que, d'après les analyses précédentes, le mica et la pyrosklérite ont la même teneur en silice.

Lorsqu'il y a du *feldspath* dans un rognon, il est toujours au centre; de plus, il est nettement séparé de la pyrosklérite, quand c'est de l'orthose *o* (voir *fig.* 15); tandis qu'il passe insensiblement à la pyrosklérite, lorsqu'il est à éclat gras *f* (voir *fig.* 16 et 17).

J'ai constamment observé que le *feldspath* était enveloppé par une zone concentrique de *pyrosklérite*, dont l'épaisseur très-variable dans des rognons différents est aussi variable dans un même

rognon, mais est toujours la plus grande dans la direction du grand axe.

Quand les rognons ont une composition minéralogique plus complexe que les précédents, ils présentent ordinairement la structure suivante (voir *Pl. X, fig.* 16):

t, zone d'une espèce de *chlorite* blanc verdâtre, translucide, écailleuse, douce au toucher comme le talc, auquel elle ressemble beaucoup: par calcination, cette substance devient noire, puis blanc d'argent nacré; elle perd 4,80 p. 100 d'eau sur la lampe à alcool; elle fond assez facilement au chalumeau; elle se laisse attaquer par l'acide chlorhydrique, soit avant, soit après calcination, et la dissolution dans laquelle il n'y a qu'une trace d'oxyde de fer contient de l'alumine et de la magnésie. Dans l'échantillon représenté ici elle a moins de 0^m,002 d'épaisseur: elle se sépare assez aisément de la zone de mica, et c'est peut-être pour cette raison qu'elle ne s'observe pas sur tous les échantillons. *m*, zone bien régulière de *mica* verdâtre, qui a environ 0^m,01 d'épaisseur. *p*, zone de *pyrosklérite* qui se fond insensiblement dans le *feldspath* (*hällflinta*) *f*; elle a une épaisseur variable, qui est la plus grande aux extrémités du grand axe du rognon, où elle est environ de 0^m,015. Le *feldspath* *f* est blanc, à éclat gras, et il présente une masse confusément cristalline, dans laquelle il y a quelques cristaux de *sphène* brun *s*.

Le rognon qui vient d'être décrit est traversé par une fente très-nette *aa'*, qui se prolonge jusque dans la zone de mica *m*, dont elle a déplacé les lamelles, et il est extrêmement remarquable que de la pyrosklérite se soit développée de part et d'autre de cette fente *a, a'*; il me paraît résul-

Sphène.

ter de ce fait important qui s'observe fréquemment dans les rognons du Saint-Philippe et de l'étude de la structure des rognons, que la pyrosklérite *p* s'est formée postérieurement au rognon feldspathique, et qu'elle provient d'une pseudomorphose du feldspath *f*, auquel elle passe d'ailleurs d'une manière insensible.

Amphibole.

Dans d'autres rognons j'ai encore observé la structure suivante (*fig. 17, Pl. X*) : *m*, mica ; *p*, pyrosklérite formant une zone assez mince ; *f*, feldspath à éclat gras, contenant des cristaux d'amphibole brun bronzé qui sont assez gros, mais moindres cependant que ceux des filons du gneiss, et de couleur plus claire. Entre *f* et *p*, il y a une zone verdâtre *p'* qui passe à la pyrosklérite, et dans laquelle il y a également des cristaux d'amphibole brun bronzé. Ces derniers cristaux sont plus petits que ceux qui se sont développés dans le centre *f*. Les rognons avec amphibole sont généralement rapprochés du gneiss.

Pyroxène.

Le pyroxène est moins abondant qu'au Chippal, mais on en trouve aussi dans les rognons.

Il est fort rare de rencontrer du quartz, cependant il y en a accidentellement en grains ou en veinules dans le centre de quelques rognons feldspathiques.

Dans certains cas, le feldspath s'est transformé en une poudre blanche farineuse, qui est une espèce de kaolin, et qui s'observe au contact de la pyrosklérite ou dans le centre de certains rognons ; il est d'ailleurs remarquable que les cristaux de sphène qui étaient associés au feldspath n'aient pas été décomposés et qu'ils se retrouvent avec leurs faces bien miroitantes, soit dans le kaolin, soit dans la pyrosklérite.

Il y a quelquefois du calcaire saccharoïde dans des druses ou dans certains rognons exceptionnels ; leur composition minéralogique, qu'il est facile de mettre en évidence en les traitant par un acide, est alors très-différente de celle des rognons précédents ; j'en ai observé, par exemple, qui sont représentés *fig. 18*, dans lesquels la zone de mica *m* enveloppait une agglomération de cristaux octaédriques de spinelle *r* ; les intervalles laissés entre ces cristaux étaient remplis par du calcaire saccharoïde *c*, qui ne formait guère qu'un dixième du rognon et dans laquelle il y avait un grand nombre de veinules de pyrite magnétique pénétrant jusque dans les cristaux de spinelle et un peu de graphite noir-grisâtre.

Dans un autre rognon la zone de mica entourait du calcaire saccharoïde contenant comme le précédent des veinules de pyrite magnétique et en outre des cristaux d'amphibole.

Ces rognons avec calcaire sont toutefois exceptionnels et généralement, en allant de la circonférence d'un rognon à son centre, les principaux minéraux qui le composent se succèdent avec une grande constance dans l'ordre suivant : mica, pyrosklérite, feldspath (*fig. 15*).

Au Saint-Philippe le feldspath, quelle que soit sa nature, occupe toujours le centre des rognons, et je ne l'ai pas trouvé en cristaux isolés et nets comme ceux qui sont disséminés dans les calcaires saccharoïdes de Baltimore, du Col du Bonhomme (Mont Blanc) (1), du Kaisersthal (2), ou même dans le calcaire à gryphées arquées métamor-

(1) Al. Brongniart Classification des roches, p. 97.

(2) Von Leonhard. Charakteristik der Felsarten, p. 255.

phique de Saint-Laurent (Saône-et-Loire) (1).

Plusieurs des minéraux des rognons peuvent cependant être aussi disséminés dans le calcaire; du Saint-Philippe; c'est ce qui a lieu souvent pour le mica, et alors le calcaire devient un *cipolin*; c'est également ce qui a lieu pour la pyrosklérite, et pour le sphène.

Quant à la pyrite magnétique, je l'ai surtout observée en petits nodules dans le calcaire et dans le mica.

Si maintenant nous passons à l'étude du *gneiss*, qui ne peut être séparée de celle du calcaire, nous trouvons que ce *gneiss*, qui est très-développé aux environs de Sainte-Marie-aux-Mines, contient généralement de l'*orthose*, du *quartz*, du *mica*, et dans certains cas de l'*amphibole hornblende*, du *grenat*, du *graphite*, etc. (2).

La variété de ce *gneiss*, qui est en contact avec le calcaire du Saint-Philippe, est presque entièrement formée de feldspath orthose blanc, d'amphibole brunâtre ou vert noirâtre, de grenat et de mica.

Ce mica, qui est brun tombac, devient brun rougeâtre ou rouge cuivré à la limite du *gneiss* et du calcaire, tandis que dans le calcaire même il est le plus souvent jaunâtre, blanchâtre ou blanc verdâtre: le mica du *gneiss* diffère donc de celui du calcaire en ce que sa couleur est plus foncée; il est d'ailleurs plus riche en oxyde de fer, et au contraire plus pauvre en magnésie: comme ces micas présentent des passages insensibles et sont l'un et l'autre à deux axes très-rapprochés, il me paraît vraisemblable que leur différence de couleur

(1) Communication de M. Drouot.

(2) Explication de la carte géologique, t. I, p. 309.

et de composition tiennent surtout à la différence même du *gneiss* et du calcaire dans lesquels ils se sont respectivement développés.

Dans la carrière actuellement en exploitation, le *gneiss* contient très-peu de quartz, qui peut même manquer complètement; mais dans les anciennes carrières, il y a au contraire beaucoup de quartz et peu de mica (1).

Le *graphite* que j'ai signalé dans le calcaire saccharoïde des Vosges se retrouve aussi très-fréquemment dans le *gneiss* encaissant: MM. de Billy et Carrière l'ont observé notamment dans les *gneiss* qui enveloppent les calcaires du Saint-Philippe et de Wisembach.

Il y a souvent du *grenat* dans le *gneiss* du Saint-Philippe, et il est en particulier très-abondant près du contact du *gneiss* avec le calcaire. Ce *grenat* est rouge brunâtre; ses cristaux quelquefois très-gros se rapportent au trapézoèdre ou au trapézoèdre avec les faces du dodécaèdre rhomboïdal. Il a trois clivages parallèles aux faces d'un cube; mais la facilité de ces clivages est très-inégale, et même l'un d'eux est à peine sensible: le *grenat* appartenant au système cubique, cette inégalité dans la facilité du clivage me paraît être assez bizarre.

Au chalumeau il fond assez aisément en un verre noirâtre.

Ce *grenat* est ordinairement entouré par une auréole blanche formée de feldspath orthose *f*, dans laquelle le mica du *gneiss* *G* ne s'est pas développé; c'est ce qui est représenté par les *fig.* 19

(1) Von Oënyhausen, von Dechen, und von Laroche: Umriss der Rheinländer.

Gneiss
Minéraux
qui le composent.
Orthose, quartz,
amphibole,
mica.

Graphite.

Grenat.

de trouver ainsi réunis dans une même roche.

Sur la route de Saint-Remy à Phaunoux, on observe encore des *filons* irréguliers enclavés dans le gneiss, qui sont même à cristaux plus grands que ceux du gneiss du Saint-Philippe; ils sont essentiellement formés d'orthose blanc, de pyroxène malacolithe vert clair, de sphène brun; l'oligoclase, l'amphibole, le mica y sont très-rares ou bien ont complètement disparu, mais il y a beaucoup de grenat rose ou rose brunâtre.

Le même grenat a également été observé par M. A. Leslin dans le Val de la petite Lièvre, dans une variété du gneiss précédent; il n'y est cependant pas associé avec le pyroxène et avec le sphène.

Dans le Massachusetts, M. Hitchcock (1) a décrit un gneiss accompagné par une formation puissante de calcaire saccharoïde; ce gneiss, dans lequel on retrouve accidentellement le pyroxène associé au sphène, est vraisemblablement de même âge que le gneiss des Vosges.

Les cavités du gneiss du Saint-Philippe, ainsi que les druses *d* (*fig. 22, Pl. X*) au milieu des filons d'orthose, sont tapissées par de l'*albite* qui ne s'est d'ailleurs pas développé dans la roche elle-même; cet albite est en cristaux striés d'un blanc plus mat que celui de l'orthose qui est un peu bleuâtre. Il est accompagné d'*amphibole actinote*, d'*asbeste* blanc verdâtre, et quelquefois aussi de *sphène* d'un brun plus clair que celui qui est dans les filons.

L'amphibole des druses, qui appartient à la variété *actinote* est très-différente de l'amphibole des filons, des rognons ou du gneiss: au chalumeau elle blanchit et elle fond beaucoup plus

(1) Hitchcock. Final report of Massachusetts, p. 657.

difficilement que cette amphibole ou que le pyroxène qui l'entourent. Ses cristaux entre-croisés dans tous les sens ont des stries parallèles à leur axe longitudinal; tantôt ils sont blancs verdâtres et transparents; tantôt, au contraire, ils sont opaques et d'un beau vert d'herbe; leur couleur, leur transparence et leur grosseur sont, du reste, très-inégaux.

Cette amphibole *a* (*fig. 22*) s'est développée non-seulement à l'intérieur des druses telles que *d*, mais encore à une certaine distance de sorte qu'elle forme quelquefois une auréole autour de ces druses.

On voit que les filons qui traversent le gneiss ont une composition minéralogique très-complexe, et que des minéraux qu'on est habitué à rencontrer dans des roches très-différentes s'y trouvent réunis: l'association de l'*orthose*, du *pyroxène* et du *sphène* est surtout très-remarquable: elle est spéciale au gneiss et peut-être aux trachytes; car le *sphène* qu'on retrouve dans presque toutes les roches est plutôt seulement avec l'un ou avec l'autre de ces deux minéraux; ainsi il est associé à l'*orthose* dans les granites et dans les *Syénites*, tandis qu'il est associé au *pyroxène* dans les dolérites et dans les basaltes.

Quant au *pyroxène*, il est généralement associé avec les feldspaths du sixième système qui sont pauvres en silice et non avec l'*orthose*, excepté lorsqu'il appartient à la variété *malacolithe*.

Enfin la grande rareté ou l'absence complète du *quartz* dans les filons, dans les rognons, ainsi que dans le gneiss qui forme le toit du calcaire, mérite encore d'être signalée.

Les rognons et les filons se sont formés simultanément dans le calcaire et dans le gneiss.

La composition minéralogique des *filons* du gneiss est assez différente de celle des *rognons* du calcaire; de plus, tandis que les *filons* se fondent en quelque sorte dans le gneiss et le pénètrent de la manière la plus intime, les *rognons* ont au contraire leurs contours arrondis et sont séparés du calcaire d'une manière très-nette (Pl. IX, fig. 13). Mais il importe de remarquer que les *filons* et les *rognons* ont la plupart de leurs minéraux communs, notamment l'orthose, le feldspath à éclat gras, l'amphibole, le pyroxène, le sphène: il est donc très-vraisemblable qu'ils se sont formés simultanément et qu'ils ont la même origine.

Les différences assez notables qu'ils présentent dans leur gisement et dans leur composition minéralogique doivent être surtout attribués à la nature même de la roche encaissante, c'est-à-dire à l'influence du gneiss et du calcaire sur le développement des divers minéraux qu'on y observe. Cette influence s'est d'ailleurs exercé non-seulement au moment de la sécrétion et de la cristallisation des *filons* et des *rognons*, mais elle s'est même fait sentir dans les actions physiques et chimiques auxquelles les minéraux du gneiss et du calcaire ont été soumis postérieurement: la pyrosklérite, par exemple, paraît devoir sa formation à des phénomènes de pseudomorphose, qui ne se sont développés que par l'intervention du calcaire.

Marbre statuaire.

Le calcaire saccharoïde des Vosges qui vient d'être décrit et notamment celui du Chippal constitue, lorsqu'il est pur et homogène, un véritable marbre statuaire.

D'après des renseignements que je dois à l'obligeance

de M. Héricart de Thury, la marbre statuaire se retrouve en France, et avec les mêmes caractères, dans un grand nombre de localités, parmi lesquelles on peut citer particulièrement Saint-Beat et Arguenos (Haute-Garonne), Loubie et Lariens (Basses-Pyrénées), Sost (Hautes-Pyrénées), La Preste (Pyrénées-Orientales), Saint-Honoré (Allier), Saint-Firmin (Isère), Saint-Maurice-en-Val-Godemar (Hautes-Alpes), etc., etc.

Ces marbres statuaire passent à des calcaires saccharoïdes qui contiennent généralement plusieurs des minéraux que je viens de décrire dans le calcaire saccharoïde des Vosges. Le graphite en particulier y est extrêmement fréquent et il paraît leur assigner une origine métamorphique; mais c'est surtout le mica riche en magnésie ou le phlogopite qui est caractéristique pour le calcaire saccharoïde; on le trouve même dans le marbre statuaire et en particulier dans celui du Pentélique. De Saussure et M. Studer signalent ce mica dans le plus grand nombre des calcaires saccharoïdes des Alpes, dans ceux du Mont-Cenis, du Petit-Saint-Bernard, du Mont-Rose, du Pic-Blanc, etc. (1); M. de Charpentier, dans les calcaires saccharoïdes enclavés dans le granite ou dans le gneiss des Pyrénées. M. de Holger (2) l'a observé dans le calcaire bleuâtre et schistoïde de la Basse-Autriche; MM. Neumann et Cotta, dans le calcaire saccharoïde de la Saxe, notamment dans celui de Crottendorff (3) et des envi-

Comparaison du calcaire des Vosges avec divers calcaires saccharoïdes.

Calcaire saccharoïde des Vosges

- (1) De Saussure. Voyage dans les Alpes, t. IV, p. 355 et suiv. — Studer. Geologie der Schweiz, t. I, p. 580, etc.
 (2) Von Holger. Zeitschrift für Physik, t. VII, p. 13.
 (3) Neumann und Cotta. Geognostische Beschreibung des Königreiches Sachsen, t. II, p. 108.

rons d'Altenberg; enfin MM. de Leonhard (1), Al. Brongniart (2) le mentionnent dans le Kaiserstuhl, dans la Bohême, dans l'île d'Eubée et dans les îles de la Grèce; MM. Boué, Macculloch et Necker de Saussure (3) dans l'Ecosse.

Il y en a également dans les calcaires saccharoïdes de Suède, de Norwège, de Finlande.

Il y en a surtout dans les calcaires saccharoïdes des États-Unis d'Amérique, du Massachusetts, du New-Jersey, et particulièrement dans un grand nombre de ceux de l'État de New-York, etc.

Beaucoup des calcaires qui viennent d'être mentionnés contiennent aussi de la pyrosklérite; de plus, aux États-Unis, en Ecosse, en Scandinavie et notamment dans les gîtes célèbres de Sala, d'Aker (4), on retrouve tous les autres minéraux que j'ai signalés dans le calcaire saccharoïde des Vosges.

M. Silliman Jr. (5) a constaté que le gisement de phlogopite en Amérique est presque constamment le calcaire et accidentellement la dolomie. En Europe ce gisement est aussi le même; dans les Vosges cependant le calcaire dans lequel on trouve le phlogopite et les autres minéraux à base de magnésie n'est jamais de la dolomie; il ne contient même que peu de magnésie et quelquefois il n'en contient pas en quantité sensible à l'analyse, comme

(1) Von Leonhard. Charakteristik der Felsarten, p. 252.

(2) Al. Brongniart. Classification des roches, p. 95.

(3) Boué. Essai sur l'Ecosse. — Necker de Saussure Voyage en Ecosse.

(4) Durocher. Annales des mines, 4^e série, t. XV, p. 181.

(5) Silliman Jr. American Journal, novembre 1850, p. 379-382.

cela a lieu pour le calcaire du Chippal. J'ajouterais que la dolomie dans le gneiss de Mandray ne renferme aucun des minéraux à base de magnésie que j'ai signalés dans le calcaire du gneiss; d'après des renseignements que je dois à M. Carrière, cette dolomie forme d'ailleurs un filon dans le gneiss et par conséquent il n'est pas étonnant qu'elle n'ait aucun des caractères minéralogiques du calcaire saccharoïde dont l'origine est différente et auquel elle doit être postérieure.

Il importe cependant de remarquer que si la teneur en magnésie d'un calcaire saccharoïde est généralement indépendante de la quantité des divers minéraux à base de magnésie qui se sont développés dans ce calcaire lorsqu'il a pris sa structure saccharoïde, il est vraisemblable que cette teneur en magnésie, suivant qu'elle était plus ou moins grande, a influé sur la quantité des minéraux qui, comme la pyrosklérite, ont dû se développer ultérieurement et par voie de pseudomorphose.

Le calcaire saccharoïde du gneiss des Vosges s'observe au Chippal, à Laveline, à Gemaingoutte, à Wisembach, à Sainte-Marie, à Sainte-Croix-aux-Mines. Il est toujours complètement enveloppé par le gneiss dans lequel il forme des lambeaux irréguliers ou lenticulaires, tels que ceux qui ont été signalés, dans la Scandinavie, par MM. Schéerer et Keilhau; il doit donc être considéré comme contemporain de ce gneiss dans lequel il est enclavé.

Il ne passe d'ailleurs pas à un calcaire stratifié et fossilifère en sorte qu'il est difficile de déterminer son âge d'une manière absolue. Il résulte en effet d'observations précises faites par

Gisement
du calcaire
saccharoïde
des Vosges.

Age.

divers géologues (1), que les calcaires saccharoïdés offrent un exemple remarquable de roches qui, ayant les mêmes caractères minéralogiques et présentant les mêmes associations de minéraux, peuvent avoir des âges très-différents. Les calcaires saccharoïdés que j'ai énumérés sont donc loin d'avoir le même âge; je pense toutefois que le calcaire saccharoïde des Vosges est de même âge que les calcaires saccharoïdés des Etats-Unis, de l'Ecosse, de la Scandinavie, qui sont comme lui enclavés dans le gneiss et qui présentent les mêmes caractères minéralogiques ainsi que les mêmes associations de minéraux; en effet ils contiennent non-seulement du graphite, comme cela a lieu généralement pour le calcaire saccharoïde, mais encore du mica phlogopite, de la pyrosklérite, du spinelle, de la condrodite, de la pyrite magnétique, ainsi que de l'orthoïse, du pyroxène, de l'amphibole, du sphène, du grenat, c'est-à-dire les principaux minéraux que j'ai signalés soit dans le calcaire saccharoïde, soit dans le gneiss des Vosges et notamment au Saint-Philippe.

Il importe d'observer en outre que ces minéraux dont plusieurs se sont formés simultanément dans le calcaire et dans le gneiss ne sont pas associés dans les Vosges à des minerais métalliques; par conséquent, les phénomènes géologiques qui les ont développés sont indépendants de ceux qui, dans certaines contrées et en particulier dans la Scandinavie, ont produit dans les mêmes roches des minerais métalliques.

(1) Dufrenoy. Bulletin de la Société géologique, t. VII, p. 178, etc.

MÉMOIRE

Sur des formules nouvelles pour la solution des problèmes relatifs aux eaux courantes;

Par M. DE SAINT-VENANT.

CHAPITRE PREMIER.

COMMENT ON PEUT RÉDUIRE A UN SEUL TERME L'EXPRESSION EMPIRIQUE DE LA RESISTANCE DES PAROÏS DES CANAUX OU DES TUYAUX DE CONDUITE, EN FONCTION DE LA VITESSE MOYENNE DE L'EAU QUI Y COULE.

1. *Altération que l'on fait souvent subir à la formule de Prony.*

Dans les applications pratiques variées que l'on est dans le cas de faire de l'équation du mouvement uniforme des eaux dans les canaux découverts ou dans les tuyaux, due à Prony :

$$(1) \quad \frac{w}{\chi} \text{ ou } RI = aU + bU^2$$

(où I est la pente par mètre, U la vitesse moyenne, R le quotient de la section transversale constante par son périmètre mouillé χ , a et b deux nombres), on éprouve souvent une grande gêne, tenant à ce que le second membre, qui représente empiriquement la petite hauteur du prisme fluide dont

Calcaire saccharoïde du Gneiss des Vosges.

Fig. 9. *Chippal, carrière de calcaire à la partie supérieure de la colline.*
C Calcaire, R Roche granitoïde, r Rognons avec pyroxène.

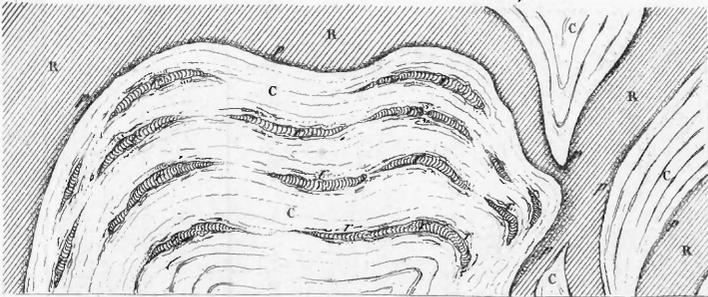


Fig. 12. *Carrière du St. Philippe.*

C Calcaire, C' Calcaire très micé passant au gneiss G; G' Gneiss avec grenats et amphiboles.

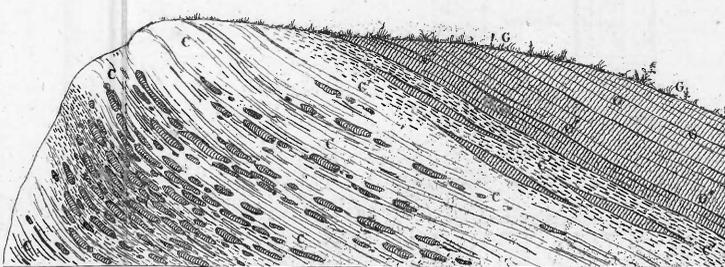


Fig. 14. *Rognon forme de pyroxénite p et mica m.*

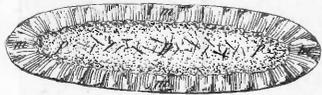


Fig. 17. *Rognon:*

p' pyroxénite avec petits cristaux d'amphibole; f' feldspath avec grands cristaux d'amphibole.

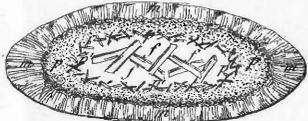


Fig. 16. *Rognon:*

espèce de chlorite m mica, f' feldspath avec sphène s passant à la pyroxénite p près de la fissure a a' ainsi qu'à la circonférence.

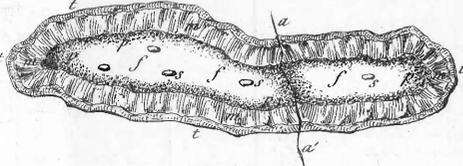


Fig. 18. *m mica, C calcaire*

avec spinelle r, pyrite magnétique et graphite.



Fig. 13. *St. Philippe: r Rognons parallèles à la schistosité du calcaire C réunis par des rognons r' qui ne lui sont pas parallèles.*

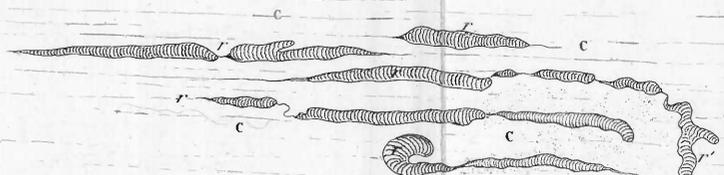


Fig. 11. *Agglomération du quartz q dans le calcaire c de Laveline. f' zone de feldspath; p pyroxénite.*

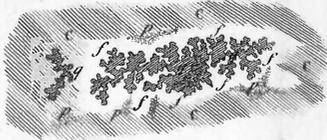


Fig. 19. *g, g, g' grenats agglomérés; f' zone de feldspath orthose sans mica; G gneiss.*

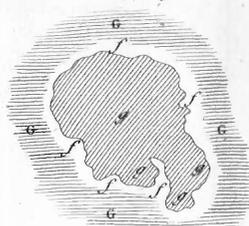


Fig. 20. *Grenat traversé par une fissure a a'; r partie propre de ce grenat; v partie verte bordant la fissure a a' et contenant des lamelles de chlorite c.*

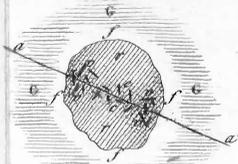


Fig. 10. *Pyroxène.*



Fig. 21.

Amphibole avec veinules transversales de feldspath f'.



Fig. 15. *Rognon:*

m mica, p pyroxénite, o orthose.



Explosion d'une chaudière à vapeur.
Fig. 1. Fig. 2.

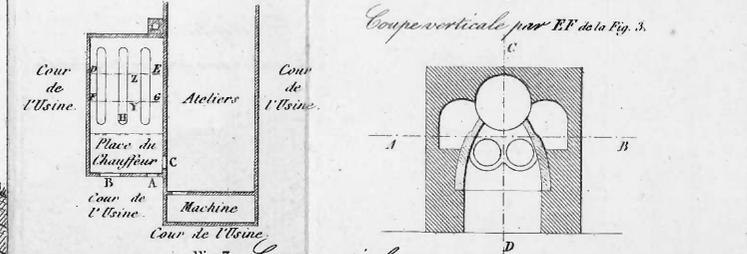


Fig. 3.

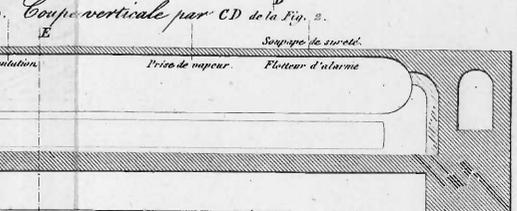


Fig. 4. *Coupe horizontale par AB de la Fig. 2.*

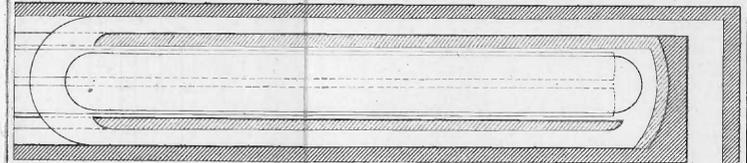


Fig. 5.

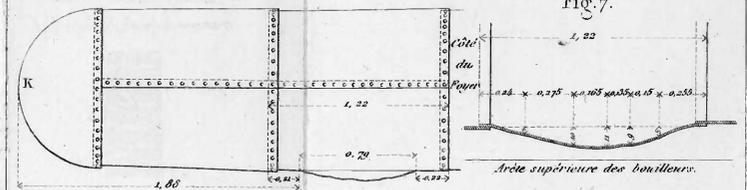


Fig. 7.

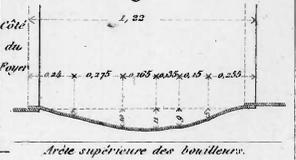


Fig. 6.

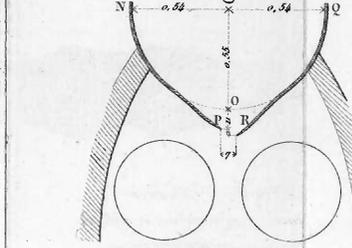
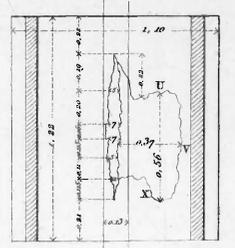


Fig. 8.



Echelle de la Fig. 1 de 0,005 pour mètre.

Echelle des Fig. 2, 3 et 4 de 0,007 pour mètre.

