

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 SOUCII, 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.	LAME-FLEURY, ingénieur ordinaire, secrétaire du conseil général des mines.
HARLÉ, inspecteur général des mines.	LAN, ingénieur, professeur à l'École des mines.
LEFÈBRE DE FOURCY, inspecteur général.	MALLARD, ingénieur, professeur à l'École des mines.
CALLON, inspecteur général, professeur à l'École des mines.	MOISSENET, ingénieur ordinaire, 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.

1905 — PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE ET C<sup>e</sup>, RUE RACINE, 26.

# 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 III.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49

1873

# ANNALES DES MINES.



---

## NOTE (\*)

SUR L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE DANS UNE FILATURE DE COTON,  
A NANTES.

---

Le 7 juin 1872, vers deux heures de l'après-midi, un générateur à vapeur, établi dans la filature de coton de MM. Duval et Heurtaux, à Nantes, a fait explosion.

Ce générateur, disposé d'après le système Farcot, se compose d'une chaudière cylindrique horizontale, et de deux cylindres réchauffeurs placés latéralement, l'un au-dessus de l'autre. (Voir Pl. I, fig. 1, 2, 3.)

C'est sur le réchauffeur inférieur que s'est produit l'accident. La plaque annulaire en fonte, qui le termine à l'avant, et contre laquelle s'appuie le bouchon autoclave, s'est rompue; une des portions s'est détachée avec le bouchon sans cependant être projetée au loin; elle est restée soutenue par la tête du robinet d'alimentation. L'eau du réchauffeur, dont la température dépassait 100°, a été projetée en éventail de bas en haut, et s'est vaporisée au contact de l'atmosphère.

---

(\*) Cette note a été rédigée par ordre de la *Commission centrale des machines à vapeur*, d'après les rapports de MM. Lorieux, ingénieur ordinaire, Gentil, ingénieur en chef, et de M. Hanet-Cléry, secrétaire de la commission.

Le chauffeur était seul dans la chambre de la machine, dont le plancher est en contre-haut du sol de la chaufferie. Il était en dehors du jet direct de la vapeur, et pouvait sans doute échapper au danger, soit en restant à son poste, soit en passant à travers une cloison vitrée qui seule le séparait de la cour. Malheureusement il s'est dirigé vers la porte de la chaufferie, et il a suivi, pour y aller, le côté de la machine le plus exposé à l'action directe du jet de vapeur. Il a été grièvement brûlé, et est mort le surlendemain des suites de ses brûlures.

Les dégâts matériels ont été sans importance ; ils se réduisent à quelques vitrages brisés.

Le niveau de l'eau dans la chaudière avait été vérifié quelques minutes avant l'accident ; le tube indicateur, obstrué par les dépôts des eaux, avait cessé de fonctionner, mais, au moyen des trois robinets de jauge, on avait trouvé le niveau un peu au-dessus du deuxième robinet. Le manomètre marquait  $5^{\text{atm}} \frac{3}{4}$  après l'accident. La machine avait été mise en marche une heure auparavant ; le robinet d'alimentation avait toujours été ouvert en grand, et la pompe alimentaire avait fonctionné d'une manière continue. La chaudière était nettoyée tous les trois mois, et l'avait été pour la dernière fois deux mois et demi avant l'accident ; le tube plongeur qui amène dans la chaudière l'eau provenant du réchauffeur supérieur était curé tous les mois ; le dernier curage remontait à trois semaines environ.

Il est donc certain que la communication était interrompue entre les bouilleurs et la chaudière ; sinon la pression se serait abaissée dans celle-ci. Quand on est venu, en effet, à démonter le tube plongeur dont il vient d'être question, on l'a trouvé obstrué par des dépôts consistants. Ils formaient, à l'extrémité inférieure du tube, un bouchon siliceux de  $0^{\text{m}},01$  d'épaisseur, qui laissait vers son centre une petite ouverture de moins de  $1^{\text{e}} \frac{1}{2}$  de section. Un mince filet d'eau pouvait encore s'introduire dans la chaudière

par une fente de  $0^{\text{m}},03$  sur  $0^{\text{m}},002$ , qui existait au collet du plongeur. Ces deux étroites ouvertures tenaient la place d'un orifice de  $41^{\text{e}} \frac{1}{2}$ . Elles étaient manifestement insuffisantes pour débiter l'eau introduite dans les réchauffeurs par le fonctionnement continu de la pompe alimentaire. Celle-ci a  $0^{\text{m}},06$  de diamètre sur  $0^{\text{m}},28$  de course, donne de 40 à 45 coups par minute, et fournit en eau la moitié à peu près du volume engendré par la course de son piston. La pression hydraulique a donc dû s'élever progressivement dans les réchauffeurs jusqu'à ce qu'elle ait déterminé une rupture dans la plaque du bouilleur. L'épaisseur du métal dans la section suivant laquelle cette rupture a eu lieu variait de  $0^{\text{m}},036$  à  $0^{\text{m}},032$  ; mais la fonte avait sur toute une portion de  $0^{\text{m}},15$  de longueur une structure bulleuse qui affaiblissait la résistance.

La disposition des réchauffeurs écarte l'hypothèse de chambres d'air et de brusque formation de vapeur sur des parois surchauffées. En effet, le réchauffeur supérieur est relevé vers l'arrière, le réchauffeur inférieur vers l'avant ; et chacune des tubulures par lesquelles l'eau s'en échappe est à l'extrémité la plus relevée du réchauffeur qu'elle dessert.

La chaudière, timbrée primitivement à  $5^{\text{atm}} \frac{1}{2}$ , avait été portée au timbre de 6 atmosphères après une nouvelle épreuve, qui avait eu lieu le 4 juillet 1868.

Quant aux dépôts qui ont causé l'accident, ils proviennent des eaux employées pour l'alimentation. Ce sont celles de la Loire ; elles sont d'une nature assez incrustante, puisque régulièrement le tuyau devait être nettoyé tous les mois. Depuis quelques jours surtout elles étaient très-saumâtres et chargées d'un sable limoneux, par suite d'une crue du fleuve ; vingt jours à peine s'étaient écoulés depuis le dernier curage, et déjà le tuyau était bouché presque entièrement. Cette obstruction commençait à se manifester par la difficulté croissante d'alimenter la chaudière ;

on ne réussissait à maintenir le niveau de l'eau qu'en faisant fonctionner sans interruption la pompe alimentaire pendant la marche de la machine.

L'enseignement qui ressort des circonstances de l'accident est, comme le fait remarquer M. l'ingénieur des mines Lorieux, qu'il faudrait à l'avenir : 1° augmenter le diamètre du tube plongeur et l'évaser à sa partie inférieure; 2° le curer plus fréquemment; 3° installer une soupape sur l'extrémité la plus élevée du bouilleur réchauffeur supérieur.

#### EXPLICATION DES FIGURES.

Pl. I. *Fig. 1.* Coupe transversale de la chaudière et des bouilleurs réchauffeurs. — Extrémité du bouilleur réchauffeur inférieur.

*Fig. 2.* Coupe longitudinale.

*Fig. 3.* Vue de face après la rupture.

#### NOTE

SUR LES PROCÉDÉS LES PLUS RÉCENTS PROPOSÉS EN ANGLETERRE  
POUR LA FABRICATION PERFECTIONNÉE DU CHLORE.

Par M. GEORGES LEMOINE, ingénieur des ponts et chaussées.

La fabrication du chlorure de chaux constitue aujourd'hui l'une des industries chimiques les plus importantes. En Angleterre, par exemple, l'ensemble des usines situées sur les bords de la Tyne, près de Newcastle, ne produisent pas moins de 500 tonnes par semaine : l'une d'elles fabrique seule plus de 140 tonnes. L'exportation pour l'Amérique est considérable.

Dans tous ces grands établissements, la production du chlorure de chaux se fait en même temps que celle de la soude artificielle. Cette dernière industrie, fondée sur l'emploi du sulfate de soude, exige la décomposition du chlorure de sodium par l'acide sulfurique, et entraîne, comme conséquence nécessaire, la formation d'acide chlorhydrique. Cet acide est utilisé pour obtenir du chlorure de chaux : les deux fabrications sont ainsi, jusqu'à un certain point, solidaires l'une de l'autre.

Le chlore nécessaire pour la formation du chlorure de chaux s'obtient, comme on sait, par l'action de l'acide chlorhydrique sur le bioxyde de manganèse :



Ce procédé a plusieurs inconvénients : on n'y utilise, même théoriquement, que la moitié du chlore contenu dans l'acide chlorhydrique, puisque l'autre moitié passe à l'état

de chlorure de manganèse. On perd absolument tout le manganèse qui a servi à produire la réaction. Enfin, lorsque les résidus sont jetés dans les eaux courantes, ils peuvent exciter des plaintes très-sérieuses.

Des solutions très-diverses ont été proposées pour le problème ainsi soulevé. Je m'attacherai seulement aux méthodes les plus récentes imaginées par M. Weldon et par M. Deacon, car ces procédés sont effectivement pratiqués aujourd'hui en Angleterre sur une grande échelle, ou ils paraissent pouvoir l'être dans un prochain avenir. Ils réalisent l'une des applications les plus curieuses des sciences expérimentales à la grande industrie.

PREMIER PROCÉDÉ DE M. WELDON : EMPLOI DE LA CHAUX. (Voir pl. I, fig. 7). — Le premier procédé proposé par M. Weldon, repose sur l'emploi combiné de la chaux et de l'air atmosphérique pour reproduire, au moyen du chlorure de manganèse, le bioxyde primitif. La même quantité de minerai de manganèse ressert ainsi indéfiniment.

Lorsqu'on traite une dissolution de chlorure de manganèse par la chaux, il se précipite du protoxyde de manganèse, mais si sur ce protoxyde on fait passer de l'air, il se suroxyde : grâce à la présence d'un excès de chaux, il se forme du bioxyde de manganèse, ou plutôt une combinaison de ce bioxyde avec la chaux, variant de la composition  $\text{CaO, MnO}^2$  à la composition  $\text{CaO, HO, } 2\text{MnO}^2$  (\*).

(\*) D'après M. Weldon, lorsqu'on fait passer à froid de l'air sur du protoxyde de manganèse, on obtient toujours  $\text{Mn}^2\text{O}^3$ ; vers  $100^\circ$ , on obtient  $\text{Mn}^2\text{O}^4$ .

En présence de la chaux, l'air donnerait naissance à des combinaisons variant depuis  $\text{CaO, MnO}^2$  jusqu'à  $\text{CaO, HO, } 2\text{MnO}^2$ . Ordinairement pour 1 équivalent de  $\text{MnO}^2$ , il y a de 0,7 à 0,9 équivalents de base. Souvent cependant on se rapproche beaucoup de 0,5 équivalents de base (*Chemical News*, 25 septembre 1870. Voir aussi le compte rendu de M. Black, de Newcastle : *Tyne social Chemical Society*, 6 octobre 1871).

Le chlore est produit, comme cela a lieu d'ordinaire en Angleterre, dans de grandes cuves de grès chauffées à la vapeur. On amène la dissolution de chlorure de manganèse dans des bassins, placés au niveau le plus bas de l'usine, où l'on neutralise l'excès d'acide par de la craie. Le liquide neutre est envoyé alors à l'étage supérieur dans un réservoir où se déposent les matières insolubles (sulfate de chaux, etc.); il se rend ensuite à l'appareil d'oxydation.

Cet appareil consiste essentiellement en une sorte de tour cylindrique en tôle qui peut avoir 4 mètres de diamètre et 10 mètres de hauteur. On fait arriver sur la dissolution un lait de chaux, de manière à avoir en tout, pour 1 équivalent de chlorure de manganèse, 1,6 équivalents de chaux. Le protoxyde de manganèse qui s'est précipité est suroxydé par un courant d'air qu'on injecte dans le liquide au moyen d'une machine à vapeur spéciale; l'air pénètre par un tube vertical qui se termine par une série de tubes horizontaux percés à leurs extrémités de trous d'environ  $0^m,01$ . La température est maintenue en même temps vers  $50^\circ$  centigrades en faisant arriver, si cela est nécessaire, un courant de vapeur; cette élévation de température a surtout pour but de favoriser la dissolution de la chaux dans le chlorure de calcium formé, car la chaux ainsi dissoute agit beaucoup plus facilement que si elle était solide. La durée de l'oxydation est d'environ cinq heures, (souvent beaucoup moins), pour les dimensions indiquées, soit deux heures pour chaque tonne de chlorure de chaux à former. On arrête l'opération lorsque la proportion de bioxyde de manganèse n'augmente plus entre deux essais consécutifs (\*).

(\*) L'essai ainsi nécessité se fait par le contre-maître de la manière suivante :

On prend dans la cuve d'oxydation un pouce cube (16 centimètres cubes) du liquide contenant le bioxyde de manganèse en suspension. On ajoute un volume déterminé d'une dissolution titrée de

Le bioxyde de manganèse est retiré des appareils d'oxydation sous forme d'une boue d'une extrême fluidité, ce qui se conçoit, puisque l'oxyde s'est produit à l'état de précipité chimique, au sein même du liquide. Le mélange peut renfermer environ 35 grammes de bioxyde de manganèse par litre. On l'amène dans un bassin de dépôt; on décante la dissolution de chlorure de calcium qui surnage à l'état de liqueur limpide dans la moitié supérieure du bassin. Quant au bioxyde de manganèse en suspension (70 grammes par litre) qui forme la moitié inférieure, on l'envoie directement et sans le laver aux appareils où se produit le chlore: il suffit pour cela de le faire écouler par des canaux d'environ 0<sup>m</sup>,30, dont la pente est convenablement ménagée.

On rentre dès lors dans le cycle d'opérations déjà décrit: le bioxyde régénéré redonne du chlore avec une extrême facilité, puisqu'il est à l'état presque fluide. Le même oxyde ressert donc indéfiniment, sauf une perte qui à chaque opération est de 10 p. 100 environ (quelquefois par exception 5 p. 100 et même 2 p. 100).

La dépense se trouve ainsi réduite principalement à celle de l'acide chlorhydrique, de la chaux et de la force motrice. Pour une tonne de chlorure de chaux, la force motrice nécessaire pour l'insufflation de l'air exige une dépense d'environ 3<sup>f</sup>,75; le calcaire et la chaux exigés, tant pour

sulfate de fer, calculé de manière qu'il soit en excès, et additionné d'acide chlorhydrique. Tout le mélange se trouve alors dissous, car le bioxyde de manganèse a été tout entier désoxydé par le sulfate de protoxyde de fer. Il ne reste donc plus qu'à apprécier la quantité de sulfate de fer qui est encore au minimum d'oxydation.

On se sert pour cela d'une dissolution titrée de bichromate de potasse que l'on verse avec une burette graduée: il arrive un moment où une goutte du liquide, portée avec une baguette de verre sur une plaque de porcelaine, prend une teinte jaune au lieu de verte; on est sûr qu'alors tout le sulfate de protoxyde de fer a été suroxydé, et l'on en conclut la quantité de bioxyde de manganèse primitivement existante.

la neutralisation que pour la décomposition, peuvent être évalués à 12<sup>f</sup>,50. Enfin la quantité d'acide chlorhydrique nécessaire pour produire une quantité donnée de chlorure de chaux est évaluée par M. Weldon aux 60 p. 100 seulement de ce qui est effectivement employé avec le bioxyde de manganèse naturel, lorsque le chlore est fabriqué dans les grands bassins en grès usités en Angleterre. Il est vrai que le bioxyde artificiel est combiné avec de la chaux qui exige en pure perte une quantité supplémentaire d'acide, mais en revanche le bioxyde naturel renferme des substances étrangères telles que de l'oxyde de fer; de plus il est compacte, de sorte qu'il y a plus que compensation.

En résumé, le procédé de M. Weldon a, dit-il, abaissé le prix de revient du chlorure de chaux de plus de moitié (\*).

(\*) Je transcris ici les renseignements complémentaires qu'a bien voulu me transmettre M. Weldon, et dont il doit naturellement garder la responsabilité.

*Prix de revient.* — En 1872, dans le Lancashire, le prix de revient d'une tonne de chlorure de chaux, titrant 115 degrés chlorométriques, pouvait être établi comme il suit:

	francs.
1.250 kilogrammes de charbon à 7 <sup>f</sup> ,50 la tonne. . . . .	9,50
250 — de calcaire à 8 francs la tonne. . . . .	2,00
1.300 — de chaux à 15 francs la tonne. . . . .	19,50
Bioxyde de manganèse pour remplacer la perte. . . . .	8,00
Main-d'œuvre. . . . .	15,50
Barriques pour le chlorure de chaux. . . . .	22,50
Frais généraux. . . . .	12,00
Total. . . . .	89,00

2° Par le procédé ordinaire, c'est-à-dire au moyen du bioxyde de manganèse naturel:

	francs.
850 kilogrammes de bioxyde de manganèse à 170 francs la tonne. . . . .	144,50
600 — de chaux à 15 francs. . . . .	9,00
Vapeur d'eau. . . . .	6,00
Main-d'œuvre. . . . .	22,50
Barriques pour le chlorure de chaux. . . . .	22,50
Frais généraux. . . . .	12,00
Total. . . . .	216,50

*Économie d'acide chlorhydrique.* — Dans ces évaluations, rien

Il donne du chlore pur, permettant de faire du chlorure de chaux titrant près de 120 degrés chlorométriques. Enfin, les résidus de fabrication du chlore ne peuvent plus ainsi donner lieu à aucune plainte ; les usines n'envoient aux rivières qu'une dissolution pure et limpide de chlorure de calcium : les ouvriers n'ont plus à subir le travail si pénible du chargement et du déchargement des vases à chlore : tout se réduit pour eux à la manœuvre de quelques robinets.

Il ne faut donc pas s'étonner si le procédé de M. Weldon est employé actuellement dans un grand nombre d'usines de l'Angleterre et du continent. MM. Allhusen, à Newcastle, viennent de faire construire un second appareil de ce système. Dans la Grande-Bretagne seulement, on fabrique ainsi plus de mille tonnes de chlorure de chaux par semaine.

PROCÉDÉ DE M. DEACON. — A côté du procédé de M. Weldon, vient se placer celui de M. Deacon : il est fondé sur un principe entièrement différent : l'emploi du bioxyde de manganèse y est complètement supprimé.

1° Au point de vue théorique, la méthode de M. Deacon

n'est compté pour le prix de l'acide chlorhydrique, car en Angleterre il n'a à peu près pas de valeur commerciale. Mais M. Weldon estime que pour former une tonne de chlorure de chaux, il faut décomposer une quantité de chlorure de sodium égale à :

2.700 kilogrammes (et même 2.200 ?) pour son procédé.

4.000 à 5.000 kilogrammes pour le procédé ordinaire sans régénération du bioxyde de manganèse.

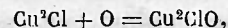
Les petites bombonnes habituellement employées en France pour la fabrication du chlore utilisent mieux l'acide que les grands appareils anglais : l'économie serait donc un peu moindre.

*Dépense d'installation.* — Dans plusieurs usines, la totalité des appareils nécessaires pour substituer le procédé de M. Weldon à l'ancien procédé n'a pas coûté plus de 125.000 francs pour une production de 80 à 100 tonnes de chlorure de chaux par semaine. Aujourd'hui, plusieurs installations s'organisent pour une production de 40 tonnes de chlorure de chaux par semaine à un prix de 75.000 francs.

constitue une réaction des plus intéressantes, et par elle-même et par toutes les questions qui s'y rattachent.

L'acide chlorhydrique gazeux et l'oxygène réagissent entre eux vers le rouge en donnant de l'eau et du chlore, mais cette décomposition est très-limitée à cause de l'existence de la réaction inverse : les proportions de chlore qu'on obtiendrait ainsi seraient insignifiantes. Il n'en est plus de même quand le mélange des deux gaz passe sur des boules d'argile imprégnées d'une dissolution de sulfate de cuivre, et chauffées vers 400°. On arrive alors en pratique à décomposer 70 p. 100 de l'acide chlorhydrique, et l'on obtient un courant de chlore continu.

Ce phénomène n'a pas encore été expliqué d'une manière rigoureuse. L'action de présence exercée par le sulfate de cuivre, disséminé dans un corps poreux, est due probablement à un de ces jeux de navette aujourd'hui si fréquents en chimie. Elle rappelle, au moins à titre de rapprochement provisoire, les réactions *successives* proposées il y a quelques années par M. Mallet pour la production du chlore en partant du sous-chlorure de cuivre  $\text{Cu}^2\text{Cl}$  :



Peut-être, dans le procédé de M. Deacon, une petite portion de sulfate de cuivre se change-t-elle sous l'influence de l'acide chlorhydrique en chlorure de cuivre, et dès lors des réactions analogues aux précédentes seraient applicables. Seulement, elles se passent ici toutes deux dans les mêmes appareils, à la même température et avec les mêmes substances. Il faut remarquer aussi que l'acide sulfurique est loin d'être complètement éliminé.

D'ailleurs, lorsqu'on chauffe trop, la marche des appareils devient mauvaise parce qu'il se forme du chlorure de cuivre qui est entraîné.



Quelle qu'en soit l'explication, la réaction utilisée par M. Deacon appartient à la classe des réactions limitées par l'action inverse. On conçoit dès lors qu'elle ne donne jamais, pour l'acide chlorhydrique, une décomposition totale. On peut, il est vrai, augmenter d'une manière probablement indéfinie la proportion d'acide décomposée dans un temps donné et avec une vitesse donnée du courant gazeux, en augmentant la quantité d'air qui y est mélangée (\*). Mais on augmente en même temps le volume des gaz inertes qui se trouvent mêlés au chlore et qui gênent son action sur la chaux lorsqu'on veut l'utiliser pour former du chlorure de chaux. Entre ces deux inconvénients d'une décomposition incomplète ou d'une grande proportion de gaz inerte, c'est à la pratique seule, ce semble, de fixer la limite convenable.

Dans la méthode de M. Deacon, la proportion des deux gaz est déterminée par l'aspiration au moyen d'une pompe spéciale placée tout à fait au bout des appareils; en ce point, la sous-pression est d'environ  $0^m,17$  d'eau. La quantité d'acide produite dans un temps déterminé dépend de la décomposition du sel par l'acide sulfurique et est une des données du problème, puisque tout l'acide chlorhydrique qui sort de la cuvette entre directement, à l'état gazeux, dans les appareils. En modifiant l'aspiration à l'aide d'une valve, on règle donc la quantité d'air introduite.

2° Au point de vue pratique, la méthode de M. Deacon est appliquée de la manière suivante :

Un *réchauffeur* reçoit le mélange d'air et d'acide chlorhydrique gazeux à leur sortie du four de décomposition. Ce réchauffeur peut avoir  $4^m \times 8^m \times 2^m,50$ ; il est

(\*) Je me permets de rappeler à ce sujet, au moins à titre de rapprochement, le mémoire que j'ai publié sur la théorie des réactions simples limitées par l'action inverse (*Annales de chimie et de physique*, novembre 1872, page 289).

chauffé par un foyer latéral. Le mélange gazeux y circule dans des tubes en U analogues à ceux qui servent à chauffer l'air introduit dans les hauts fourneaux.

Le *régulateur*, qui vient ensuite, a pour but de fixer dans les environs de  $400^\circ$  la température du mélange gazeux, déterminée par un pyromètre métallique. A des températures trop basses (au-dessous de  $320^\circ?$ ), la réaction ne se ferait pour ainsi dire pas; à une température trop élevée (au-dessus de  $500^\circ?$ ), le chlorure de cuivre serait volatilisé, et le cuivre disparaissant, la réaction finirait par s'arrêter. Le régulateur se compose d'une simple masse de briques empilées dans une chambre à peu près cubique qui peut avoir 2 mètres de côté et qui est chauffée par un foyer spécial.

Le *décomposeur* met les gaz en présence du sulfate de cuivre qui détermine la réaction. Il comprend huit ou dix chambres en tôle de 3 à 4 mètres de hauteur, ayant chacune environ  $1^m,20$  de long et de large. Chaque chambre est remplie de petites boules d'argile d'environ 15 millimètres de diamètre, imbibées d'une dissolution de sulfate de cuivre. Le décomposeur est chauffé par deux foyers latéraux. Si la température s'élève trop, on peut refroidir chaque chambre séparément, au moyen d'un tirage d'air froid qu'on laisse pénétrer dans un tube central, disposé verticalement.

La réaction est maintenant terminée : il ne reste plus qu'à se servir du chlore obtenu pour fabriquer le chlorure de chaux.

Des *condenseurs* séparent du gaz l'acide chlorhydrique qui y est encore mélangé.

Des *appareils de dessiccation* enlèvent ensuite l'eau qui s'est produite par le fait même de la réaction de l'acide chlorhydrique sur l'oxygène. On y arrive en faisant traverser au gaz, d'abord une tour contenant des claies superposées de chlorure de calcium, et ensuite — du moins

chez M. Deacon — une tour à coke où circule un courant d'acide sulfurique.

Les *chambres à chlorure de chaux* doivent être disposées d'une manière toute spéciale. L'inconvénient du procédé de M. Deacon est en effet de donner du chlore mélangé de gaz inerte, c'est-à-dire d'azote et d'un excès d'air. Il est donc nécessaire de multiplier les contacts du gaz avec la chaux. Les chambres spéciales qu'on emploie pour cela se composent de plaques de grès, écartées seulement d'environ 0<sup>m</sup>,30 les unes des autres, et où la chaux est étendue sur une petite épaisseur. On cherche même à appliquer le principe de la saturation méthodique, c'est-à-dire que le gaz neuf passe sur la chaux déjà attaquée.

L'*aspirateur*, constitué par une simple pompe, termine toute cette série d'appareils.

La fabrication du chlore par le procédé de M. Deacon est aujourd'hui à l'état d'essais sur une grande échelle dans trois ou quatre usines; pour ma part, je l'ai vu fonctionner, non pas seulement à Widnes, chez M. Deacon, mais encore à Newcastle, chez M. Pattinson.

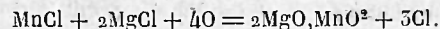
Parmi les objections qui peuvent encore se faire à ce nouveau système, je citerai les suivantes : prix d'installation des appareils beaucoup plus coûteux que pour le procédé de M. Weldon, et à tout le moins quatre fois plus grand; dérangements dans le fonctionnement des appareils, non pas fréquents, mais encore à craindre; difficulté d'application à l'acide, trop dilué, sortant des fours à calcination où s'achève la décomposition du sel; enfin et surtout chlorure de chaux d'un degré chlorométrique moins élevé. Ce n'est que dans ces derniers temps qu'on est parvenu, dit-on, et à grand'peine, à surmonter les obstacles apportés sous ce rapport par le mélange au chlore d'un gaz inerte.

En revanche, il ne faut pas oublier que l'avantage spécial au procédé de M. Deacon est de supprimer en partie

la condensation de l'acide chlorhydrique. Cette méthode peut donc, d'un jour à l'autre, prendre de grands développements.

NOUVEAU PROCÉDÉ DE M. WELDON : EMPLOI DE LA MANGNÉSIE. (Voir pl. I, fig. 8.) — L'Angleterre est le pays de la concurrence. Au procédé de M. Deacon, M. Weldon oppose non-seulement sa méthode de régénération du bioxyde de manganèse par l'air atmosphérique et la chaux, mais encore un nouveau procédé très-ingénieux, fondé sur l'emploi de la magnésie. Ce perfectionnement résulte surtout de la propriété du chlorure de magnésium de se décomposer vers 100° sous l'influence de l'eau, en magnésie et en acide chlorhydrique.

Imaginons un appareil où le chlore se soit produit par l'action de l'acide chlorhydrique sur le bioxyde de manganèse mêlé de magnésie. On aura un mélange de chlorure de manganèse et de chlorure de magnésium. On évapore cette dissolution et l'on continue à chauffer en faisant arriver de l'air. Si le chlorure de magnésium était seul, il donnerait de la magnésie et de l'acide chlorhydrique. Mais le chlorure de manganèse se trouvant en présence, empêche en partie cette décomposition, et tend à former un chlorure double de magnésium et de manganèse. Celui-ci, sous l'influence de l'air, s'oxyde avec d'autant plus de facilité que le bioxyde de manganèse produit, avec la magnésie, un composé que M. Weldon appelle le *manganite de magnésie*. En même temps, le bioxyde de manganèse formé décompose l'acide chlorhydrique et donne du chlore. En fin de compte, la réaction qui se produit pendant l'évaporation à siccité et le grillage des deux chlorures est, au moins en partie, la suivante :



Le manganite de magnésie (mêlé de chlorure de man-

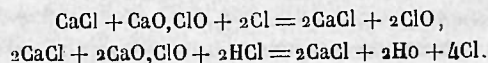
ganèse non altéré) est pulvérisé, puis remis dans l'appareil ordinaire avec de l'acide chlorhydrique; il redonne du chlore, et l'on rentre dès lors dans le cycle des réactions primitives.

Le chlore produit dans ce cycle a ainsi deux origines distinctes. D'un côté, il provient de l'action de l'acide chlorhydrique sur le bioxyde de manganèse combiné à la magnésie; d'un autre côté, il provient de l'évaporation et du grillage du mélange des deux chlorures. Le chlore de cette dernière origine, en quantité notablement plus grande que pour la première, est mêlé à de l'air et à de l'azote, mais cet inconvénient se rencontre dans le procédé Deacon, non pas pour une portion, mais pour la totalité du produit. M. Weldon y remédie en transformant ce chlore dilué en chlore concentré par l'intermédiaire d'un lait de chaux qu'on décompose par l'acide chlorhydrique (\*). La dilution d'une portion du chlore n'offre d'ailleurs aucun inconvénient sérieux dans les cas où l'on pourrait l'utiliser directement, ce qui a lieu pour la fabrication du chlorure de chaux en dissolution et pour celle du chlorate de potasse.

L'évaporation et l'oxydation du mélange des deux chlorures s'effectuent dans trois appareils successifs et distincts. L'évaporation commence dans une chaudière ouverte. Elle s'achève dans des espèces de mouffles où la dissolution n'est pas en contact direct avec la flamme. Enfin le grillage s'opère sur la sole d'un second four où l'on pousse la substance avec des râteaux quand elle a pris une consistance suffisante.

On a soin de condenser, au moyen d'une tour traversée

(\*) M. Weldon essaie également de rendre cette transformation du chlore dilué en chlore concentré plus économique, au point de vue de la dépense en acide chlorhydrique, au moyen des réactions successives suivantes :



par un courant d'eau, l'acide chlorhydrique qui se dégage à la fin de l'évaporation par suite de la décomposition partielle du chlorure de magnésium hydraté. Grâce à cette précaution, on peut dire qu'on recueille la totalité du chlore qui entre dans l'appareil à l'état d'acide chlorhydrique; en pratique, la perte est tout au plus de 5 p. 100.

M. Weldon estime que l'acide consommé se trouve réparti de la manière suivante :

25 p. 100 passent à l'état de chlore concentré;

75 p. 100 vont à l'évaporation, à l'état de chlorures de magnésium et de manganèse; pendant le grillage, moitié passe à l'état de chlore dilué, moitié à l'état d'acide chlorhydrique que l'on condense. L'acide ainsi récupéré suffit pour convertir le chlore dilué en chlore concentré par l'intermédiaire de la chaux. Dans cette hypothèse, on obtient, transformé en chlore concentré, les 62 p. 100 du chlore que renferme l'acide employé.

On emploie généralement le bioxyde de manganèse et la magnésie en proportions correspondant à des équivalents égaux.

En somme, le procédé nouveau de M. Weldon donne le moyen d'obtenir du chlore d'une manière continue en ne dépensant que de l'acide chlorhydrique et de la chaleur; dans l'ancien procédé, il fallait en outre dépenser de la chaux. Au point de vue pratique (\*), l'avantage réalisé par la nouvelle méthode dépend surtout des prix relatifs de la

(\*) D'après les renseignements que me transmet M. Weldon, son nouveau procédé réalisait avec le prix ancien (1872?) du charbon une économie de 25 à 30 francs par tonne de chlorure de chaux, lorsqu'on le comparait au premier procédé de régénération, fondé sur l'emploi de la chaux. Aujourd'hui, le charbon étant devenu beaucoup plus cher, les prix sont à peu près les mêmes: seulement l'acide chlorhydrique est mieux utilisé. Ce dernier avantage a une importance variable suivant la valeur commerciale de l'acide.

chaux, du charbon et de l'acide chlorhydrique. Au point de vue théorique, elle présente la solution complète du problème qui se trouvait proposé. Le bioxyde de manganèse et la magnésie ne sont tous deux que des intermédiaires; ils ne font tous deux qu'éprouver des transformations successives et resservent indéfiniment.

En septembre 1872, le nouveau procédé de M. Weldon achevait de s'installer sur une grande échelle dans l'une des usines de produits chimiques de Saint-Helens, près Liverpool. Aujourd'hui on l'adopte également dans deux établissements situés en Écosse.

*Résumé: état de la question.* — Lorsque l'économie du bioxyde de manganèse naturel est jugée nécessaire, on a aujourd'hui à choisir entre trois procédés de fabrication perfectionnée du chlore: ceux de M. Weldon régénèrent le manganèse; celui de M. Deacon le supprime complètement.

A laquelle de ces trois méthodes sera, dans l'avenir, réservée la préférence? Les personnes placées sur les lieux, au courant de tous les détails des prix de l'industrie anglaise, ne peuvent guère se prononcer définitivement aujourd'hui sur cette question. On doit reconnaître seulement que la première méthode de M. Weldon, fondée sur l'emploi de l'air et de la chaux, est aujourd'hui la mieux consacrée par la pratique.

Il faut remarquer d'ailleurs que l'utilisation du manganèse dans la fabrication de l'acier ouvre déjà à cette même question une solution nouvelle. La métallurgie peut donner, en effet, un débouché immédiat aux résidus de chlorure de

---

M. Weldon admet pour la proportion d'acide chlorhydrique qui est pratiquement utilisée, en donnant du chlore:

- de 20 à 25 p. 100, avec le procédé ordinaire, sans régénération du manganèse;
- près de 55 p. 100, avec le premier procédé de régénération;
- 62 p. 100, avec le nouveau procédé de régénération.

manganèse, par suite de l'emploi des *ferro-manganèses*. Cette question est très-sérieusement étudiée en France dans l'une de nos plus grandes usines de produits chimiques.

Quelles que soient dans l'avenir les préférences de l'industrie, on doit reconnaître que les méthodes proposées aujourd'hui pour la fabrication perfectionnée du chlore réalisent la solution complète d'un problème scientifique du plus grand intérêt. C'est surtout à ce point de vue qu'il m'a paru utile d'y insister.

DISPOSITION DES GROQUIS RELATIFS A LA NOTE PRÉCÉDENTE.

I. 1, fig. 7. Fabrication du chlore par le premier procédé de M. Weldon:

- A — Vase où se produit le chlore.
- B — Appareil de neutralisation.
- C — Bassins de dépôt.
- D — Appareil d'oxydation.
- E — Bassins de dépôt pour le bioxyde de manganèse régénéré.

Pl 1, fig. 8. Fabrication du chlore par le nouveau procédé de M. Weldon:

- A — Vase où se produit le chlore.
- B — Bassin de dépôt.
- C — Chaudière d'évaporation.
- D — Four de grillage, chauffé par le dessus: le second four se trouve derrière le premier.
- E — Condenseur pour l'acide chlorhydrique.
- F — Traitement du chlore dilué par la chaux.
- G — Dégagement du chlore concentré par l'action de l'acide chlorhydrique faible sur le liquide de l'appareil F.

## NOTE

SUR LE PROCÉDÉ DE M. GIBBS POUR L'UTILISATION DES RÉSIDUS  
DES PYRITES.

Par M. GEORGES LEMOINE, ingénieur des ponts et chaussées.

En étudiant en Angleterre, pendant l'automne dernier, les grandes applications de la science à l'industrie, j'ai eu occasion de visiter une usine dont les méthodes originales m'ont vivement intéressé. Cet établissement, appelé *Bede metal works*, est situé à Jarrow, près de Newcastle, sur les bords de la Tyne. L'ingénieur, M. Gibbs, y a résolu, par de véritables procédés de laboratoire, deux problèmes distincts : extraction du cuivre par voie humide ; production du carbonate de soude en partant du sulfate de soude, mais en passant par l'intermédiaire du sulfure de sodium.

L'usine de M. Gibbs a pour but essentiel le traitement des résidus des pyrites qui ont servi, en brûlant, à la fabrication de l'acide sulfurique. Ces pyrites, surtout celles d'Espagne, contiennent généralement du cuivre qu'il y a avantage à extraire, ce qu'on ne néglige jamais en Angleterre (\*). Les résidus, qui peuvent retenir encore 4 p. 100 de soufre, sont mêlés à de la pyrite neuve, de manière à amener la teneur en soufre à 5 p. 100. On ajoute 7 p. 100

(\*) Le traitement des résidus de pyrite, pour en extraire le cuivre, se fait également par voie sèche, surtout lorsqu'ils contiennent de la silice. On peut aussi employer la méthode de M. Claudet (*Annales de chimie et de physique*, novembre 1872, page 407), qu'on peut voir pratiquée dans l'usine dirigée par M. Phillips, à Widnes, près de Liverpool.

de sel gemme, et le mélange, rendu intime, est soumis à un grillage d'une douzaine d'heures, à une température qui atteint à peine le rouge sombre. On emploie un four à réverbère, dont la sole est formée par une table tournante ; une masse animée d'un mouvement de va-et-vient remue constamment le mélange. Le soufre, sous l'influence de l'oxygène, change le chlorure de sodium en sulfate de soude. En traitant par l'eau, on a donc un mélange de dissolutions de sulfate de soude et de chlorure de cuivre. Le résidu insoluble, composé presque exclusivement d'oxyde de fer, est vendu aux forges qui l'emploient avec avantage pour faire le revêtement des fours à puddler. Il s'agit d'extraire de la dissolution, d'un côté la soude, de l'autre le cuivre ; on va voir que ces deux fabrications ont été rendues solidaires l'une de l'autre.

1° Le cuivre s'obtient par une véritable réaction de laboratoire. On le précipite par un courant d'hydrogène sulfuré à l'état de sulfure de cuivre. Le précipité est fondu dans un four à réverbère de manière à le changer en matte cuivreuse, c'est-à-dire en sous-sulfure  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Cette matte est grillée au four à réverbère : elle y est ensuite soumise à l'affinage au moyen de perches de bois vert. En trois opérations, on a donc obtenu du cuivre malléable et très-pur.

2° Outre le cuivre, les pyrites contiennent ordinairement un peu d'argent. Pour l'extraire, on met à part la première portion du précipité, celle qui contient les 5 p. 100 du cuivre total, déterminé par l'analyse (\*). Ce précipité contient tout l'argent : on l'extrait et on le vend à l'état de chlorure d'argent.

3° Revenons maintenant au traitement du sulfate de soude qui était mêlé au chlorure de cuivre dans la liqueur

(\*) Ces analyses se font au moyen de dissolutions titrées de cyanure de potassium employées à froid, dans des liqueurs ammoniacales.

primitive. Il s'agit, d'un côté, de le transformer en carbonate de soude qu'on vendra, de l'autre d'en retirer l'hydrogène sulfuré qui a servi à séparer le cuivre. On évapore la dissolution d'où le cuivre a été précipité. Le sulfate de soude est ensuite mêlé à du charbon et le mélange est calciné dans un four à réverbère à flamme réductrice; l'opération, faite sur une demi-tonne de sulfate, dure environ trois heures. On obtient ainsi du sulfure de sodium: on le dissout avec de l'eau chaude dans un appareil fermé, pour éviter l'intervention de l'air. — Dans cette dissolution (\*), on fait arriver un courant d'acide carbonique (Pl. I, fig. 6); l'hydrogène sulfuré se dégage et va précipiter le cuivre comme nous l'avons vu tout à l'heure; la soude passe à l'état de carbonate qu'on vend à l'état de sel de soude, après l'évaporation de la dissolution.

L'acide carbonique est produit au moyen de deux cubilots contenant l'un du coke, l'autre du carbonate de chaux (Pl. I, fig. 6). Dans le premier, on fait passer un courant d'air qui donne de l'oxyde de carbone; dans le second, cet oxyde de carbone, au moyen d'un accès d'air convenablement ménagé, se brûle et donne de l'acide carbonique; il entraîne en outre l'acide carbonique provenant de la décomposition du carbonate de chaux.

L'hydrogène sulfuré qui se dégage est tout entier absorbé, car il ne suffit pas pour précipiter la totalité du cuivre; les dernières portions de ce métal sont isolées de la dissolution au moyen de l'addition de ferraille.

Les méthodes employées dans l'usine de M. Gibbs, tout exceptionnelles qu'elles puissent paraître, sont de pures réactions de laboratoire, accomplies à grande échelle dans l'industrie. C'est surtout à ce point de vue qu'il m'a semblé utile de les signaler.

(\*) La teneur de la dissolution est telle qu'elle donne environ  $\frac{1}{2}$  ou  $\frac{2}{3}$  de son poids en sel de soude.

Les sciences expérimentales tendent aujourd'hui de plus en plus à transporter leurs procédés et presque leurs appareils dans le domaine de la pratique.

DISPOSITION DU CROQUIS INDIQUANT LE MODE DE DÉCOMPOSITION  
DU SULFURE DE SODIUM PAR L'ACIDE CARBONIQUE.

(Pl. I, fig. 6.)

C,C — Producteurs d'acide carbonique.

A,A — Cuves où le sulfure de sodium est décomposé par l'acide carbonique: le gaz traverse quatre cuves successives.

## NOTE

SUR LA FORME CRISTALLINE DU LEUCOPHANE.

Par M. ÉMILIE BERTRAND, ingénieur civil des mines.

Dans un envoi que j'ai reçu dernièrement de Norwège, j'ai trouvé un échantillon de Leucophane assez nettement cristallisé pour que j'aie pu calculer les dimensions de la forme primitive.

Les angles qui m'ont servi de point de départ sont :

$$m.m = 91^\circ \text{ et } p.b^{\frac{1}{2}} = 118^\circ 50'.$$

On en conclut :

$$b : h :: 1.000 : 920.745.$$

Ainsi que l'a déjà indiqué M. Des Cloizeaux, le plan des axes optiques est parallèle à la grande diagonale de la base, et la bissectrice aiguë normale à cette base.

Deux cristaux imparfaits de Leucophane ont déjà été examinés, l'un (Pl. I, fig. 4) par M. Des Cloizeaux ; ce cristal fait partie de la collection de M. Adam ; l'autre, qui fait partie de la collection du *British Museum*, a été examiné par M. Greg (\*), et postérieurement par M. Lang (\*\*).

Le cristal que j'ai reçu de Norwège (Pl. I, fig. 5) présente des faces assez nettes, notamment les faces  $p$ ,  $b^{\frac{1}{2}}$ ,  $a^2$  et  $a^1$ .

En comparant les incidences observées à celles que donne le calcul, on trouve des différences assez faibles pour que

(\*) *Philos. Magaz.* (4), IX, 510.

(\*\*) *Miner. Mittheil. G. Tschermack*, 1871, helft II.

l'on puisse admettre comme très-approchés les nombres que j'ai donnés plus haut pour les dimensions de la forme primitive.

TABLEAU DES INCIDENCES.

Les angles donnés par MM. Greg et Lang ont été mesurés avec le goniomètre ordinaire d'application. La plupart des angles de M. Des Cloizeaux et tous les miens ont été mesurés avec le goniomètre de réflexion.

	BERTRAND.		DES CLOIZEAUX.	GREG.	LANG.
	Calculé.	Observé.	Observé.	Observé (goniom. ordinaire).	Observé (gon. ordinaire).
[ $m.m$ . . . . .			91° à 92° . . . . .	90° à 93° . . . . .	92°
[ $m.h^1$ . . . . .			135° goniom. ordin.		
[ $h^1.m$ droit . . . . .	135° 30'		135° 30'		
[ $p.a^2$ . . . . .	146° 42' 8''	146° 28'		145° 52'	
[ $p.a^1$ . . . . .	127° 16' 48''	126° 58'	125° . . . . .	126° 25' . . . . .	126°
[ $a^2.a^1$ . . . . .	160° 34' 40''	166° 30'		157°	
[ $p.e^1$ . . . . .	127° 45' 46''		126° environ, g. ord.		
[ $p.b^1$ . . . . .	137° 21' 30''	137° 30'	post. : 136° à 136° 40'		135°
[ $b^1.b^1$ sur $p$ . . . . .	94° 43'		gauche : 137° à 138° 30'		
[ $p.b^{\frac{1}{2}}$ . . . . .	118° 30'	118° 30'	117° environ . . . . .	117° à 118° 30' . . . . .	118°
[ $p.m$ . . . . .	90° . . . . .		89° 30' à 90° . . . . .	90° . . . . .	90°
[ $b^1.m$ . . . . .	132° 38' 30''		132° 30' goniom. ord.		
[ $a^1.m$ droit . . . . .	124° 31' 30''		125° à 127° . . . . .	126° 30' à 128° 30'	124° 30'
[ $b^1.a^1$ . . . . .	146° 18' 58''		147° . . . . .	147°	
[ $b^1.m$ droits sur $a^1$ . . . . .	90° 50' 28''		96° environ, gon. ord.		

M. Lang cite encore les faces  $a^6$ ,  $\alpha = (b^1 b^{\frac{1}{2}} h^1)$  et  $\beta = (b^1 b^{\frac{1}{2}} g^1)$ . Voir le mémoire cité plus haut (\*\*).

## RECHERCHES

SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX THERMO-MINÉRALES  
DE VICHY, DE BOURBON-L'ARCHAMBAULT ET DE NÉRIS  
AU POINT DE VUE DES SUBSTANCES HABITUELLEMENT CONTENUES  
EN PETITE QUANTITÉ DANS LES EAUX.

Par M. DE GOUVENAIN, ingénieur des mines.

## EAUX DE VICHY.

L'eau de Vichy contient principalement du bicarbonate de soude, du bicarbonate de potasse, des chlorures, des sulfates de ces deux bases et des bicarbonates terreux tenus en dissolution à la faveur d'un excès d'acide carbonique. Les sels solubles, dont la proportion est de 5 grammes par litre environ, sont extraits aujourd'hui sur une assez vaste échelle, pour les usages médicaux, dans les laboratoires de la compagnie fermière des sources de l'État. On emploie à cet effet de larges chaudières évaporatoires chauffées à la houille, dont le travail est continu, sauf pendant un ou deux mois de la saison d'été, où l'eau minérale disponible est entièrement consommée pour le service des bains. La concentration est poussée dans ces appareils jusqu'à 22° du pèse-sels, ce qui représente une lessive très-chargée : on envoie alors le liquide dans des cuves en pierre, où il donne, au bout d'un temps plus ou moins long, suivant la température ambiante, de magnifiques cristaux de carbonate de soude et une eau-mère de couleur jaunâtre encore très-chargée de sels. Ces eaux-mères, que j'appellerai

eaux-mères n° 1, sont emmagasinées, puis lorsqu'elles sont en quantité suffisante, soumises à une nouvelle évaporation poussée jusqu'à siccité, durant laquelle il se dépose des sels amorphes qu'on recueille à la drague au fur et à mesure de leur formation. Comme résidu de chaque traitement de l'eau-mère n° 1 disponible, on obtient ainsi une petite quantité de liquide réservée au fond de la chaudière pour la préserver d'un coup de feu, et que je désignerai sous le nom d'eau-mère n° 2 : ce dernier provient, comme on voit, d'une énorme quantité d'eau minérale primitive, et il doit contenir par conséquent, à l'état d'extrême concentration, tous les principes solubles qui n'y existent qu'en faible proportion.

Les deux sortes de sels sont placées dans une étuve où arrive l'acide carbonique des sources par des conduites disposées à cet effet ; ils s'y déshydratent, se saturent de gaz, et ils sont ensuite livrés au commerce, les premiers, ceux provenant du carbonate de soude cristallisé, transformé en bicarbonate puis finement pulvérisé, sous le nom de *sel pour boisson* ; les seconds, contenant, outre le bicarbonate, tous les sels restés en dissolution dans l'eau-mère, sous le nom de *sel pour bains*.

L'établissement thermal de Vichy produit ainsi environ 14.000 kilogrammes de sels par an, dont 5.000 pour boisson, 9.000 pour bains, et qui, en admettant un rendement de 5 grammes par litre, proviennent, comme on voit, de l'évaporation de près de 5.000 mètres cubes d'eau minérale.

L'examen des produits liquides de la concentration a été le point de départ de cette étude, étendue ensuite à l'eau de Vichy même, aux sels résultant de l'évaporation et aux produits des sources. Nous allons donc décrire successivement les expériences faites pour rechercher dans ces matières les divers corps simples habituellement contenus en petite proportion dans les eaux.



## Recherche du brome et de l'iode.

Des chimistes distingués, M. O. Henri entre autres, prétendent avoir nettement constaté la présence de bromures et d'iodures dans l'eau de Vichy; mais dans un mémoire couronné par l'Académie des sciences et qui a eu les honneurs de l'insertion au *Recueil des savants étrangers*, M. Bouquet dit que cette même recherche lui a donné des résultats négatifs, et il émet en conséquence un doute sérieux sur l'opinion de ses prédécesseurs. Depuis lors, la question est restée pour ainsi dire en suspens, aucune nouvelle recherche, à notre connaissance, n'étant venue définitivement la trancher; aussi, la constatation du brome et de l'iode dans les eaux-mères, non plus d'une façon fugace, mais par les réactions les plus persistantes et les plus nettes, offre-t-elle un intérêt particulièrement important pour l'histoire chimique des eaux de Vichy.

*Présence de l'iode dans l'eau-mère n° 2.* — Pour constater l'iode, il suffit de prendre l'une ou l'autre des eaux-mères ci-dessus, d'y ajouter une solution d'amidon, puis de saturer avec ménagement les carbonates alcalins par l'acide azotique. On obtient dans ces conditions avec l'eau-mère n° 1 une couleur bleu tendre, et avec l'eau-mère n° 2 une couleur bleu foncé d'une extrême intensité, qui ne laissent aucun doute sur l'existence de l'iode et qui démontrent en outre, comme cela devait être du reste, que ce métalloïde existe en beaucoup plus faible proportion dans la première eau que dans la seconde. En opérant d'une façon comparative sur des solutions très-étendues d'iodure de potassium dans l'eau distillée, on peut s'assurer toutefois que, malgré l'énergie des réactions, la quantité pondérale d'iode correspondante est très-faible.

*Présence du brome.* — Pour trouver le brome, on a employé avec beaucoup d'avantage cette propriété découverte par

Fehling, que si dans une liqueur contenant des iodures, bromures, chlorures, carbonates, etc., on ajoute une solution de nitrate d'argent, tout l'iode, puis le brome, puis le chlore, sont successivement précipités dans l'ordre indiqué, avant toute autre précipitation de sel insoluble d'argent. Les expériences faites en premier lieu, sans aucune donnée première, ont fourni des résultats numériques qui ne sont probablement qu'approximatifs, les autres sont beaucoup plus exactes; l'importance du sujet semble toutefois demander qu'aucune d'elles ne soit passée sous silence; nous allons donc les décrire à peu près dans l'ordre où on les a exécutées.

A 2 litres d'eau-mère n° 2 on a ajouté 5 grammes d'azotate d'argent cristallisé en dissolution: on a obtenu ainsi un précipité volumineux très-sensiblement coloré en jaune et qui, vu la nature de l'eau, ne renfermait très-certainement que des chlorures, bromures et iodures d'argent. On a séparé ce précipité, mais la partie liquide, étant très-chargée de sels alcalins, avait retenu des chlorures, etc. d'argent en dissolution; en en prenant une portion, le cinquième environ, et l'étendant d'eau distillée, on a donc obtenu un nouveau précipité. Ce dernier s'est coloré en rouge brun au contact de l'eau de chlore: la liqueur surnageante étant décantée, on l'a additionnée d'un peu de potasse qui lui a fait perdre sa couleur brune, puis on l'a essayée pour iode et pour brome.

Par addition d'amidon et d'acide azotique, aucune coloration bleue ne s'est produite, d'où absence complète d'iode.

Après légère sursaturation de la liqueur par l'acide azotique, addition d'amidon en poudre, puis d'eau de chlore concentrée, l'amidon s'est énergiquement coloré en jaune; la même liqueur, toujours légèrement sursaturée par l'acide azotique, ayant été mise dans un tube, puis additionnée d'éther et d'eau de chlore, la couche étherée qui surnageait à la partie supérieure du tube après agitation était colorée en jaune d'or.

Le précipité en question ne contenait donc pas trace d'iode, mais il renfermait au contraire une notable proportion de brome.

—Devant ce résultat, on a cherché aussitôt à évaluer au moins approximativement les quantités d'iode et de brome contenues dans les deux litres d'eau-mère en question.

Les essais précédents portaient, comme on l'a dit, sur le cinquième environ du liquide total; en étendant le reste d'une grande quantité d'eau distillée, on a obtenu un nouveau précipité (A) de chlorure et de bromure d'argent pesant 0<sup>gr</sup>,61.

Le précipité primitif, celui qui a été obtenu par addition de 5 grammes de nitrate d'argent à 2 litres d'eau-mère, contenant des chlorures, bromures et iodures, a été mis en digestion avec l'ammoniaque pour dissoudre les deux premiers sels et les séparer ainsi de l'iodure, mais la réaction a été incomplète et il est resté un mélange (B) de même nature qui pesait, après dessiccation à 100°, 2<sup>gr</sup>,68.

La liqueur ammoniacale, sursaturée par l'acide azotique, a donné un troisième précipité (C) de chlorure et de bromure pesant 1<sup>gr</sup>,045.

On a réduit le précipité A par l'hydrogène dans un tube chauffé au rouge, et les produits gazeux de cette opération ont été reçus dans une dissolution de potasse, où l'on a encore reconnu par le chlore et l'éther la présence d'une forte proportion de brome.

L'argent métallique obtenu ainsi des 0<sup>gr</sup>,61 de chlorure et de bromure ci-dessus (précipité A) pesait 0<sup>gr</sup>,41.

Or une quantité  $x$  de bromure correspond à

$$\frac{\text{Ag}}{\text{AgBr}} x = 0,574x \text{ d'argent,}$$

et une quantité  $y$  de chlorure correspond à

$$\frac{\text{Ag}}{\text{AgCl}} y = 0,752 y \text{ du même métal;}$$

On doit donc avoir dans ce cas :

$$x + y = 0^{\text{gr}},61; \quad 0,674x + 0,752y = 0^{\text{gr}},41;$$

D'où l'on tire pour $x$ . . . . .	0 <sup>gr</sup> ,27
1/5 en sus . . . . .	0,05
La totalité du bromure d'argent resté en dissolution était donc de . . . . .	0 <sup>gr</sup> ,32

Le précipité B a dû être traité pour dosage du brome et de l'iode; on en a pris, à cet effet, une quantité de 0<sup>gr</sup>,47 et on l'a réduite au creuset de platine par 1<sup>gr</sup>,40 de carbonate de soude pur. En reprenant par l'eau, il est resté un globule d'argent de 0<sup>gr</sup>,28, soit par rapport à la quantité de matière réduite 59,58 p. 100.

Deux autres réductions effectuées par l'hydrogène sur la même matière ont d'ailleurs donné les résultats suivants :

De 1 <sup>gr</sup> ,575 on a obtenu 0 <sup>gr</sup> ,94 d'argent, soit p. 100. . .	59,68
De 0,56 — 0,33 — — . . .	58,92

La liqueur alcaline provenant de la séparation du globule d'argent ci-dessus a été additionnée d'un très-grand excès d'ammoniaque, puis d'une dissolution de 0<sup>gr</sup>,55 d'azotate d'argent dans l'eau distillée; on a ainsi obtenu la précipitation d'une petite quantité d'iodure d'argent de couleur blanche, qui pèse 0<sup>gr</sup>,02.

La liqueur ammoniacale, saturée par l'acide azotique, a fourni, d'autre part, des chlorure et bromure d'argent pesant 0<sup>gr</sup>,425, dont 0<sup>gr</sup>,41 ont donné par réduction dans l'hydrogène 0<sup>gr</sup>,25 d'argent métallique. Il en résulte que le précipité B contenait p. 100 :

Iodure d'argent. . . . .	100 × $\frac{0,02}{0,445} = 4,49,$
Bromure et chlorure d'argent. . . . .	100 × $\frac{0,425}{0,445} = 95,51;$
Contenant Ag. . . . .	95,51 × $\frac{0,25}{0,41} = 58,25.$

En cherchant la proportion de bromure et de chlorure de 95,51 du mélange d'après l'argent contenu, on a donc pour le précipité B :

Iodure d'argent. . . . .	4,49; soit pour 2 <sup>5</sup> ,68. . . . .	0 <sup>5</sup> ,12
Bromure d'argent. . . . .	76,57; <i>id.</i> . . . . .	2,05
Chlorure d'argent. . . . .	19,14	
Total. . . . .	100,00	

Les gaz provenant de la réduction des 0<sup>5</sup>,41 de chlorure et de bromure ci-dessus ont de même été reçus dans une dissolution de potasse, qui a donné ensuite très-énergiquement les réactions du brome sans qu'aucune trace d'iode pût y être décelée.

Enfin du précipité C pesant 1<sup>5</sup>,045 on a obtenu aussi par l'hydrogène 0,77 d'argent métallique, soit p. 100, 73,68, et la solution alcaline dans laquelle ont passé les gaz n'a donné que faiblement la réaction du brome avec le chlore et l'éther.

La composition centésimale du précipité est d'après cela :

Bromure d'argent. . . . .	8,54; soit pour 1 <sup>5</sup> ,045 de matière	0 <sup>5</sup> ,09
Chlorure d'argent. . . . .	91,46	
Total. . . . .	100,00	

En résumé, on a donc ainsi obtenu avec 2 litres d'eau-mère n° 2 les quantités suivantes de bromure d'argent :

Du précipité A (par dilution de la liqueur alcaline). . . . .	0 <sup>5</sup> ,52
— B (partie non dissoute par l'ammoniaque). . . . .	2,05
— C (en dissolution dans l'ammoniaque). . . . .	0,09
Total. . . . .	2 <sup>5</sup> ,46

correspondant à une quantité de brome de 1<sup>5</sup>,05.

La quantité d'iode correspondante à 0<sup>5</sup>,12 d'iodure d'argent est d'autre part de 0<sup>5</sup>,06, de sorte que d'après le

DE VICHY, DE BOURBON-L'ARCHAMBAULT ET DE NÉRIS. 33  
résultat de ces expériences, il existerait par litre d'eau-mère :

Brome. . . . .	0 <sup>5</sup> ,525	} Rapport du brome à l'iode. . . . .	17,5
Iode. . . . .	0,050		

Mais ce résultat doit être considéré seulement comme approximatif, car si l'on considère les quantités d'argent trouvées dans les divers précipités, savoir :

Dans le précipité A. . . . .	0 <sup>5</sup> ,41
1/5 en sus. . . . .	0,08
Dans le précipité B : 2 <sup>5</sup> ,68 × 0,5958. . . . .	1,60
— C. . . . .	0,77
On trouve un total de. . . . .	2 <sup>5</sup> ,86
Tandis que 5 grammes d'azotate d'argent en contiennent théoriquement. . . . .	5,55
La perte est donc de. . . . .	0 <sup>5</sup> ,47

*Prédominance du brome sur l'iode.* — Il ressort toutefois de ces essais que l'iode existe dans l'eau-mère n° 2 en proportion bien constatée, mais très-faible, et qu'il s'y trouve une quantité relativement considérable de brome, dont la présence n'était point soupçonnée jusqu'ici.

*Les sels de l'eau-mère n° 2 contiennent 0,38 p. 100 de brome.* — On a recherché ensuite la proportion de brome contenue dans les sels provenant de l'évaporation de cette même eau-mère : 10 grammes de ces sels fondus ayant été dissous dans l'eau distillée, on a précipité la solution par 0<sup>5</sup>,50 d'azotate d'argent, et l'on a obtenu :

Un précipité pesant. . . . .	0 <sup>5</sup> ,42
qui a produit dans l'hydrogène. . . . .	0,50
d'argent métallique, soit p. 100 du précipité. . . . .	71,45

En négligeant les traces d'iode, les deux équations

$$x + y = 100; 0,574x + 0,752y = 71,45$$

donnent p. 100 du précipité :

Bromure d'argent. . . . .	21 <sup>5</sup> ,2
Soit pour 0 <sup>5</sup> ,42. . . . .	0,08904
qui correspond à une quantité de brome de. . . . .	0,038

de sorte que 100 parties de sels contiennent :

Brome. . . . .	0,58
Lequel correspond à bromure de potassium. . . . .	0,56

*Constatation de la présence du brome dans l'eau de la Grande-Grille.* — La proportion de brome trouvée dans les produits de concentration a fait penser que ce corps peut être constaté et même dosé dans l'eau minérale même.

On a donc évaporé 5 litres d'eau de la Grande-Grille jusqu'à consistance d'un demi-litre, on a filtré pour séparer les carbonates terreux, puis après une dilution convenable de la liqueur, on l'a additionnée de 0<sup>g</sup>,80 d'azotate d'argent. La liqueur éclaircie a été décantée autant que possible, on a acidifié par l'acide azotique, puis on a recueilli le précipité, dont le poids était de 0<sup>g</sup>,675 et qui devait contenir tout l'iode et tout le brome en mélange avec un excès de chlorure.

Un poids de 0<sup>g</sup>,655 de ce précipité a été réduit par l'hydrogène, et l'on a reçu les gaz acides dans l'eau distillée.

La quantité d'argent obtenue a été de 0<sup>g</sup>,49, soit p. 100 du précipité, 74,81.

La liqueur acide contenant les gaz de la réduction, essayée par l'amidon et l'acide azotique, n'a donné aucune réaction sensible d'iode; mais avec l'éther et l'eau de chlore, on a au contraire obtenu une liqueur étherée dont la couleur jaune clair caractérisait nettement la présence du brome.

Le calcul employé ci-dessus donne d'ailleurs pour la composition du précipité :

Bromure d'argent. . . . .	2,22; soit pour 0 <sup>g</sup> ,675. . . . .	0 <sup>g</sup> ,015
Chlorure d'argent. . . . .	97,78	
Total. . . . .	100,00	

Or 0<sup>g</sup>,115 de bromure d'argent correspond à :

Brome. . . . .	0,015 × 0,4255 =	0 <sup>g</sup> ,00658
Bromure de potassium. . . . .		0,00951
— de sodium. . . . .		0,00822

et comme l'opération a été faite sur 5 litres, on voit qu'on peut admettre dans 1 litre d'eau de la Grande-Grille :

Soit environ. . . . .	0 <sup>g</sup> ,001 de brome
Soit. . . . .	0,002 de bromures de potassium ou de sodium.

— Les expériences suivantes sont plus exactes, parce qu'au lieu de réduire le mélange de bromure et de chlorure d'argent par l'hydrogène, on l'a traité par le chlorure gazeux, de manière à convertir le tout en chlorure, et aussi parce que les précipitations au moyen de l'azotate d'argent ont été renouvelées jusqu'à ce que le poids du précipité ne variât plus sensiblement dans le chlore. (Voir la note placée à la fin de ce mémoire pour preuve de l'exactitude de la méthode.)

En négligeant la petite quantité d'iode, la quantité de brome se déduit de la perte de poids dans le chlore en la multipliant par le coefficient  $\frac{\text{Br}}{\text{Br}-\text{Cl}} = 1,796$ .

On a opéré simultanément sur une eau-mère n° 1 et sur une eau-mère n° 2, cette seconde provenant d'une concentration encore plus grande que celle dont il est question ci-dessus.

Le litre { n° 1 pèse 1<sup>g</sup>,212; il contient 516<sup>g</sup>,00 } de sels fondus d'eau-mère { n° 2 pèse 1,290; — 451,50 } au rouge.

On a pris :

Eau-mère n° 1. . . . .	504 <sup>g</sup> , soit. . . . .	0 <sup>g</sup> ,416
— n° 2. . . . .	510, soit. . . . .	0,240

On les a mises dans de grandes fioles de la capacité de 3 litres, on a étendu d'une grande quantité d'eau distillée,

puis on a traité chaque liqueur par le nitrate d'argent, comme il est dit ci-dessus. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

	POIDS DU PRÉCIPITÉ		PERTE de poids du précipité dans le chlore.	BROME correspondant à la perte de poids.	Observations.
	fondu.	après action du chlore.			
<b>Eau-mère n° 1. — Poids traité : 504 grammes.</b>					
Premier précipité obtenu par 5 grammes de $\text{AzO}_5$ , $\text{AgO}$ .	4,227	4,182	0,045	0,081	} (1)
Deuxième précipité. . . . .	4,174	4,176	"	"	
<b>Eau-mère n° 2. — Poids traité : 310 grammes.</b>					
Premier précipité obtenu par 5 grammes de $\text{AzO}_5$ , $\text{AgO}$ .	4,338	4,193	0,145	0,269	} (2)
Deuxième précipité. . . . .	4,190	4,182	0,008	0,014	
Troisième précipité. . . . .	4,184	4,188	"	"	
Total du brome de l'eau mère n° 2. . . . .				0,274	
(1) On a répété deux fois l'action du chlore sur les précipités; à la deuxième reprise le premier a diminué de 2 milligrammes et le second n'a pas varié.					
(2) Les poids de 45,193 et de 45,182 obtenus par l'action du chlore, prolongée pendant une heure environ, n'ont pas varié sensiblement en répétant cette action pendant le même temps.					

L'eau-mère n° 1 contient 0<sup>g</sup>,195 de brome par litre. — D'après ces résultats l'eau-mère n° 1 contient :

$$\text{par litre } \frac{0^g,081 \times 1212}{504} = 0^g,195 \text{ de brome}$$

correspondant à :

$$\begin{aligned} \text{Bromure de potassium. . . } & 0,195 \times \frac{\text{KBr}}{\text{Br}} = 0,195 \times 1,489 = 0^g,290 \\ \text{— de sodium. . . . .} & 0,195 \times 1,287 = 0,251 \end{aligned}$$

Ce bromure de potassium est, de la quantité totale de sels avec lesquels il se trouve mélangé, une fraction marquée par le rapport  $\frac{0,2900}{316} = 0,0009$ , soit 0,09 p. 100.

L'eau-mère n° 2 contient d'autre part la proportion très-

remarquable de  $\frac{0,274 \times 12900}{310} = 1^g,140$  de brome par litre, qui correspond à :

$$\begin{aligned} \text{Bromure de potassium. . . . .} & 1^g,697 \\ \text{— de sodium. . . . .} & 1,467 \end{aligned}$$

et le rapport du bromure de potassium à la quantité totale de sels est dans cette eau de  $\frac{1,697}{451,5} = 0,0058$ , soit 0,58 p. 100.

L'eau de la Grande-Grille contient 1 milligramme environ de bromure alcalin par litre. — On a voulu reprendre aussi par la même méthode la recherche directe du brome dans l'eau minérale telle que la produisent les sources. Pour cela on a évaporé 50 litres d'eau de la Grande-Grille jusqu'à la consistance de 1/2 litre environ; on a filtré pour séparer les carbonates terreux et la silice gélatineuse déposés pendant l'opération, puis on a précipité la liqueur filtrée par 5 grammes d'azotate d'argent.

$$\begin{aligned} \text{Ce précipité fondu pèse. . . . .} & 4^g,201 \\ \text{Après l'action du chlore, il pèse. . . . .} & 4,188 \end{aligned}$$

$$\text{La perte de poids est donc de. . . . . } 0,013$$

D'où l'on conclut que la quantité de brome correspondante est de  $0^g,013 \times 1,796 = 0^g,023548$

$$\text{Soit par litre } \frac{0,023548}{50} = 0,000782. . . . 0,0008 \text{ environ}$$

$$\begin{aligned} \text{Correspondant à : bromure de potassium. . . } & 0,0012 \\ \text{— de sodium. . . . .} & 0,0010 \end{aligned}$$

résultats qui doivent être adoptés de préférence à ceux qui précèdent.

NOTA. — La liqueur provenant de la séparation du précipité argentique a été employée à la recherche du fluor, comme il sera dit plus loin.

## Recherche du fluor.

Nous ne connaissons aucune analyse signalant la présence du fluor dans l'eau de Vichy; M. Bouquet dit l'avoir recherché sans résultat dans un dépôt compacte très-ancien de l'eau du puits Carré; voici, à cet égard, le résultat de nos recherches.

*Présence du fluor dans l'eau-mère n° 2.* — On a pris 20 grammes de sels fondus provenant de l'évaporation de l'eau-mère n° 2 qui a servi aux premières recherches du brome, on les a dissous dans l'eau distillée, on a saturé par l'acide azotique, puis on a ajouté un excès de carbonate d'ammoniaque. Il s'est alors produit un précipité grenu de silice, qu'on a séparé par le filtre après deux jours de repos. La liqueur claire ayant été ensuite additionnée d'un excès de chlorure de calcium, le nouveau précipité a été recueilli, desséché à 100° au bain-marie, puis traité par l'acide acétique très-étendu, qui dissout le carbonate de chaux sans toucher au fluorure.

Le résidu inattaquable, matière blanche ressemblant à de l'alumine, était bien le corps cherché, car après l'avoir recueilli et desséché, on a pu l'employer à graver sur deux fragments de carreau de vitre, par traitement avec l'acide sulfurique. On a écrit sur l'un en caractères très-profonds : *Vichy, fluor*, et sur l'autre : *réaction du fluor constatée dans les eaux de Vichy, par M. de Gouvenain, ingénieur des mines, à Moulins.*

*L'eau-mère n° 2 contient 0<sup>g</sup>,585 de fluor par litre.* — En répétant pour dosage les opérations ci-dessus sur 0<sup>k</sup>,650 d'eau-mère, on a obtenu :

Fluorure de calcium . . . . .	0 <sup>g</sup> ,605
Correspondant à fluor . . . . .	0,294

Le litre de cette eau-mère pesant 1<sup>k</sup>,290, le poids du

fluor par litre y serait donc de 0<sup>g</sup>,585 d'après cette expérience.

La pureté du fluorure de calcium obtenu a d'ailleurs été vérifiée par l'analyse suivante :

On en a pris 0<sup>g</sup>,11 qui, traités par l'acide sulfurique, ont donné 0,185 de sulfate de chaux, tandis que la théorie donne pour la conversion du même poids de fluorure en sulfate 0,191, chiffre assez voisin du précédent.

*L'eau de la Grande-Grille contient 0<sup>g</sup>,0076 de fluor par litre.* — On a aussi recherché directement le fluor dans l'eau de la Grande-Grille, en employant à cet effet le liquide provenant de la concentration de 30 litres, d'où l'on avait déjà séparé le brome, comme il est dit ci-dessus.

En opérant de la même manière que sur l'eau-mère,

on a obtenu . . . . .	0 <sup>g</sup> ,475
de fluorure de calcium, et en traitant . . . . .	0,20
par l'acide sulfurique, on a obtenu . . . . .	0,32
de sulfate de chaux, chiffre assez rapproché de celui de donné par le calcul.	0,34

La matière obtenue était donc du fluorure de calcium sensiblement pur. Dans ce traitement de 0<sup>g</sup>,20 de la matière par l'acide sulfurique, on a d'ailleurs pu écrire en caractères très-profonds sur une plaque de verre les mots suivants : *réaction du fluorure de calcium provenant de l'analyse de 30 litres d'eau minérale de la Grande-Grille à Vichy.*

0 <sup>g</sup> ,475 de fluorure de calcium correspond à fluor . . . .	0 <sup>g</sup> ,228
De sorte que chaque litre d'eau de la Grande-Grille	
en contient . . . . .	0,0076
Qui correspond à fluorure de potassium $5,074 \times 0,0076 =$	0,025
— — de sodium. . . $2,218 \times 0,0076 =$	0,017

Ce ne sont donc plus ici des quantités presque infinitésimales de fluor, comme on a coutume d'en signaler dans les eaux, mais près d'un centigramme par litre. Si l'on prend d'ailleurs une très-petite quantité de sels provenant

de l'évaporation de l'eau de la Grande-Grille (nous avons fait cette expérience sur 0<sup>g</sup>,57), et qu'on la traite sans autre préparation par l'acide sulfurique concentré, les gaz qui se dégagent attaquent le verre de façon à y graver des caractères parfaitement nets.

#### Recherche de l'acide borique.

*Présence de l'acide borique dans les eaux-mères n° 2.* — La recherche de l'acide borique a été seulement qualitative : on a traité par l'acide sulfurique une certaine quantité de sels extraits par évaporation des eaux-mères n° 2 précédemment traitées pour la recherche du fluor, et l'on a chauffé le mélange jusqu'à complète expulsion de l'acide chlorhydrique. Les sulfates obtenus, pulvérisés, ont été mis en digestion avec l'alcool, puis on a enflammé le mélange : une coloration verte énergique de la flamme a alors indiqué la présence certaine de notables quantités d'acide borique.

#### Recherche de l'arsenic et des autres corps dont la présence est indiquée par les actions successives de l'hydrogène sulfuré et du sulfhydrate d'ammoniaque.

D'anciennes analyses ayant bien constaté la présence de l'acide arsénique dans l'eau de Vichy, l'arsenic devait se retrouver en quantité notable dans les eaux-mères.

*Présence du plomb.* — 20 grammes des mêmes sels précédemment traités pour la recherche du fluor et de l'acide borique ont été dissous dans l'eau distillée, la solution a été saturée par l'acide chlorhydrique, puis on y a fait passer un courant prolongé d'hydrogène sulfuré, qui a déterminé un précipité rouge orangé assez abondant, soluble dans le sulfhydrate d'ammoniaque, sauf un léger résidu de sulfures noirs dont on a cherché d'abord à reconnaître la nature.

On a traité ce résidu dans une capsule de porcelaine

par l'acide azotique, on a évaporé à siccité au bain-marie, on a repris par l'eau, puis on a filtré pour séparer le soufre. La liqueur ainsi obtenue a donné par l'acide sulfurique un précipité blanc devenant brun au contact du sulfhydrate d'ammoniaque, ce qui indique par conséquent la présence du plomb.

*Présence du cuivre.* — Une autre portion de cette même liqueur ayant été évaporée à sec, le résidu a pris au contact de l'ammoniaque la coloration bleue caractéristique des sels de cuivre, mais ce dernier métal n'existait qu'en proportion très-faible dans le précipité, dont la majeure partie consistait en sulfure de plomb.

*Présence de l'arsenic.* — Les sulfures en dissolution dans le sulfhydrate ont été précipités par l'acide chlorhydrique, reçus sur un filtre, puis lavés avec soin et desséchés à 100°. Une portion de la matière a été alors traitée par l'eau régale, la solution a été additionnée de perchlorure de fer pur, on a précipité par l'ammoniaque, et le précipité a été dissous dans l'acide sulfurique. Essayée dans l'appareil de Marsh, cette solution a donné de nombreuses taches sur la porcelaine et dans le tube un fort anneau indiquant la présence de quantités relativement considérables d'arsenic.

*Absence de l'antimoine.* — La couleur rouge du précipité obtenu par l'hydrogène sulfuré pouvait faire soupçonner la présence de l'antimoine : pour le rechercher, on a dissous une autre portion de sulfures dans l'eau régale, puis on a ajouté de l'acide tartrique, du sel ammoniaque, de l'ammoniaque, et du sulfate double de magnésie et d'ammoniaque. L'arséniate double précipité de cette manière ayant été séparé par le filtre, on a traité la liqueur par l'hydrogène sulfuré pour isoler l'antimoine, mais on n'a obtenu ainsi qu'un très-léger précipité, dont il a été impossible de reconnaître la nature.

On a alors recommencé toutes les opérations précédentes

en opérant cette fois sur 90 grammes de sels. Le précipité brun rougeâtre produit dans la liqueur magnésienne par l'hydrogène sulfuré était suffisant cette fois pour l'analyse : l'acide chlorhydrique ne l'a pas sensiblement attaqué à chaud ; traité par l'acide azotique, il n'a point donné d'acide antimonique, mais le résidu de l'évaporation à sec, successivement essayé par le nitrate d'argent et par le prussiate jaune de potasse, a pris les teintes rouge brique et brun marron caractéristiques de l'acide arsénique et du cuivre. On en conclut que ce précipité était formé de sulfure d'arsenic et d'un peu de sulfure de cuivre, mais qu'il ne contenait point d'antimoine, dont l'absence se trouve par conséquent démontrée dans les eaux-mères.

*Présence de l'acide phosphorique.* — Les liqueurs chargées d'hydrogène sulfuré provenant de la séparation de l'arsenic, du plomb et du cuivre n'ont donné aucun précipité sensible par l'ammoniaque, ce qui indique l'absence d'autres métaux. Mais en y ajoutant du sulfate double de magnésie et d'ammoniaque, on a obtenu un faible précipité cristallin, bien caractéristique cependant de l'acide phosphorique, dont la présence dans l'eau de Vichy est prouvée depuis longtemps.

*Les sels des eaux-mères n° 2 contiennent 0,09 p. 100 d'acide arsénique.* — On a complété ces recherches par le dosage de l'arsenic dans les eaux-mères n° 2, ayant déjà servi au dosage du brome par l'hydrogène.

10 grammes de ces sels traités comme précédemment ont produit . . . . .	0 <sup>s</sup> ,015
de sulfures. Oxydés par le chlore en présence d'une solution de potasse, ces sulfures ont produit 0 <sup>s</sup> ,065 de sulfate de baryte, correspondant à soufre. . . .	0,009
L'arsenic contenu était donc de . . . . .	0,006
Correspondant à . . . . .	0,009
d'acide arsénique, dont la proportion rapportée à 100 parties de sels est donc de . . . . .	0,09

#### Recherche de l'acide azotique.

Si l'on ajoute aux eaux-mères un excès d'acide sulfurique, puis du sulfate de protoxyde de fer, la liqueur prend aussitôt une teinte brune caractéristique de l'acide azotique. L'évaporation à sec des mêmes eaux-mères et la caléfaction du résidu à une température suffisamment élevée donnent un sel coloré en brun par le charbon provenant de la décomposition de la matière organique contenue dans l'eau. Mais si l'on fond la matière, il se produit une déflagration, le charbon brûle, la matière devient complètement limpide, et l'on obtient une masse saline d'éclatante blancheur. Cette réaction est aussi très-caractéristique de la présence des azotates.

*Les sels fondus de l'eau-mère n° 1 contiennent environ 0,45 p. 100 d'acide azotique.* — Le dosage de l'acide azotique par le fer et l'hypermanganate de potasse a été essayé sur un échantillon de sels fondus provenant d'une eau-mère n° 1.

5 grammes de sels ont été dissous dans l'eau, la liqueur a été additionnée d'une solution de 1 gramme de fil de clavicin dans l'acide chlorhydrique, on a fait bouillir pendant un quart d'heure, puis on a étendu d'eau de manière à obtenir 1 litre environ de liquide. Ajoutant alors progressivement une solution de permanganate de potasse contenu dans une burette graduée, on a reconnu qu'il fallait, pour arriver à la teinte rouge caractéristique de la suroxydation complète du fer, un volume équivalent à 74 divisions de la burette.

En opérant de la même manière sur une solution de 1 gramme du même fil non additionnée de sels,

Il a fallu pour la saturation . . . . .	79 <sup>d</sup> + 5/8
La différence, soit . . . . .	5 <sup>d</sup> + 3/8.



représente donc le volume de l'hypermanganate équivalent à l'acide azotique de 5 grammes de sels.

Or 1 gramme de fil de clavecin exige pour sa peroxydation 0<sup>e</sup>,3215 d'acide azotique, ou d'après l'expérience ci-dessus, 74 divisions d'hypermanganate; on conclut donc, par une simple proportion, que 5 + 3/8 divisions correspondent dans 5 grammes de sels à une quantité de 0<sup>e</sup>,0226 d'acide, ou à une proportion de 0,45 p. 100, et qui est réellement plus considérable, les azotates se détruisant en partie, comme on l'a dit, par leur fusion au contact de la matière organique.

**Recherche des alcalis par la méthode spectrale.**

*Présence de la lithine.* — Les eaux-mères ou les sels qui en dérivent, essayés au spectroscope, ont donné seulement les raies caractéristiques du sodium, du potassium et du lithium. La réaction très-persistante de ce dernier pouvait faire supposer sa présence en quantité notable, mais on a reconnu qu'il n'en est rien, car une quantité de 100 grammes d'eau-mère n° 2, additionnée d'un excès de phosphate de soude, ne donne aucun précipité sensible de phosphate de lithine.

*Présence du cæsium et du rubidium.* — Pour rechercher le cæsium et le rubidium, à 1 litre d'eau-mère n° 2 on a ajouté un excès de bichlorure de platine, qui a déterminé un précipité de chlorures doubles, pesant après dessiccation au bain-marie 4<sup>e</sup>,160.

Essayés au spectroscope, ces chlorures ont donné nettement, et avec une intensité et une durée presque égales, outre la raie du potassium, les deux raies bleues du cæsium, les deux raies violettes du rubidium, et même ses raies rouges, situées, comme on sait, un peu à gauche de la raie  $\alpha$  du potassium.

Une quantité de ces chlorures doubles de . . . . . 5<sup>e</sup>,485  
A perdu par réduction dans l'hydrogène, chlore. . . . . 0,945  
Et le résidu débarrassé de sels alcalins par un lessivage  
à l'eau bouillante, a donné, platine métallique. . . . . 1,345

De sorte que le bichlorure de platine combiné était de. 2<sup>e</sup>,290

contenant par conséquent, d'après cette expérience :

Platine. . . . .	58,7
Chlore. . . . .	41,5
Total. . . . .	100,0

composition très-rapprochée de la formule Pt Cl<sup>2</sup> qui donne :

Platine. . . . .	58,1
Chlore. . . . .	41,9
Total. . . . .	100,0

Soumise à l'évaporation, la solution des chlorures alcalins a donné 1<sup>e</sup>,19 de sels donnant au spectroscope les mêmes raies que le chlorure double platinique, mais avec une intensité et une persistance beaucoup plus grandes.

D'après cette analyse, le sel double renfermait donc p. 100 :

Bichlorure de platine. . . . .	65,7
Chlorures alcalins (potassium, cæsium, rubidium). . . . .	34,5
Total. . . . .	100,0

Or, d'après les équivalents du cæsium et du rubidium trouvés par Bunsen, les chlorures doubles alcalino-platiniques contiennent :

	BICHLORURE de platine.	CHLORURES alcalins.	TOTAL.
Chlorure double de platine et de potassium. . . . .	69,4	30,6	100
— cæsium. . . . .	58,5	41,5	100
— rubidium. . . . .	51,5	48,5	100

Le chlorure double trouvé contient donc notablement moins de bichlorure de platine que le chlorure double de platine et de potassium pur, ce qui démontre en lui la présence de quantités notables de cæsium et de rubidium déjà constatés par le spectroscope; mais le potassium prédomine encore beaucoup, de sorte que les deux autres métaux n'existent certainement dans l'eau minérale qu'en très-faible proportion par rapport à lui.

**Analyse quantitative complète des sels en dissolution dans les eaux-mères.**

Pour compléter cette étude, nous avons voulu procéder à l'analyse complète des sels tenus en dissolution dans l'eau-mère n° 2, sur laquelle ont porté la plupart des expériences précédentes, particulièrement celles relatives à la recherche du brome par l'hydrogène et de l'acide arsénique. Il ne s'agissait du reste que du dosage des corps constitutifs principaux, comme les acides sulfurique et carbonique, le chlore, la potasse et la soude, ceux qui sont contenus en petite quantité ayant été l'objet de dosages spéciaux.

On a commencé par doser l'acide sulfurique : 2 grammes de sel ont été à cet effet dissous dans l'eau; on a sursaturé la liqueur par l'acide chlorhydrique, puis on a ajouté un excès de chlorure de baryum.

On a obtenu, sulfate de baryte. . . . .	0 <sup>s</sup> ,20
L'acide sulfurique correspondant est donc de. . . . .	0,034
Soit p. 100 de sels. . . . .	1,7
En opérant aussi sur 2 grammes pour le dosage du chlore, on a obtenu, chlorure d'argent. . . . .	3,175
Soit pour 100 de sels, chlorure d'argent. . . . .	158,75
renfermant, comme on l'a reconnu, bromure d'argent. . . . .	0,89

De sorte que la quantité de chlorure est de. . . 157<sup>s</sup>,86

100 parties de sels contiennent donc :

Chlore. . . . .	39,0
Brome. . . . .	0,4

Pour doser l'acide carbonique, on a fait l'essai alcalimétrique de 4 grammes de sels dissous dans l'eau : il a fallu 9<sup>o</sup>,60 d'acide normal pour arriver à la saturation.

En opérant de même sur 1 gramme de carbonate de soude pur fondu, il a fallu employer pour la saturation 10 cent. cubes d'acide, de sorte que l'acide carbonique de 4 grammes de sels équivaut à celui de 0<sup>s</sup>,96 de soude, soit à 0<sup>s</sup>,3940.

L'acide carbonique contenu dans 100 parties de sels est donc de 9,96.

On a répété ce dosage par le chlorure de baryum, à l'aide duquel on a obtenu

D'une solution de 2 grammes de sels un mélange de carbonate et de sulfate de baryte pesant. . . . .	0 <sup>s</sup> ,98
Or, d'après l'expérience ci-dessus, le sulfate de baryte seul doit peser. . . . .	0,10
On conclut donc pour le carbonate de baryte. . . . .	0,88
et pour l'acide carbonique. . . . .	0,1972
Soit p. 100 de sels. . . . .	9,86

chiffre très-voisin du précédent.

Il s'agissait enfin de séparer la potasse de la soude : on a dissous 2 grammes de sels dans l'eau, on a sursaturé la solution par l'acide chlorhydrique, puis, pour éviter les longueurs et les inconvénients résultant de l'emploi d'un excès de baryte dans la séparation de l'acide sulfurique, on y a ajouté 0<sup>s</sup>,105 de chlorure de baryum cristallisé, équivalent exact, trouvé par l'expérience, de 0<sup>s</sup>,20 de sulfate de baryte.

Le sulfate de baryte étant séparé par le filtre, on a évaporé la liqueur à siccité pour peser les chlorures alcalins, puis on a précipité la potasse par le bichlorure de platine avec les précautions ordinaires.

Le chloro-platinate trouvé pesait 1<sup>s</sup>,72. Essayé au spectroscope, il a donné, outre les raies du potassium, seulement des indices des raies du cæsium et du rubidium; en le considérant donc comme à base de potasse seule,

48 COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX THERMŌ-MINÉRALES

Il correspond à, potasse. . . . . 0,332, soit 16,6 p. 100  
 ou à, chlorure de potassium. . . . . 0,525, soit 26,25 p. 100

---

Or les deux chlorures alcalins pesaient. . . . . 2<sup>e</sup>,075  
 Le poids du chlorure de potassium étant donc de. . . . . 0,525  
 celui du chlorure de sodium est de. . . . . 1<sup>e</sup>,55

et il correspond par conséquent p. 100 de sels à 45,5 de soude.

Le dosage des alcalis, opéré de cette manière, est toujours fort incertain ; aussi a-t-on voulu le répéter par la méthode indirecte, basée sur la transformation en sulfates.

2 grammes de sels traités par l'acide sulfurique avec les précautions ordinaires ont produit 2<sup>e</sup>,455 de sulfates neutres, soit p. 100 de sels 121,75.

On a dissous ces sulfates dans l'eau et l'on a précipité la solution par un excès de chlorure de baryum qui a donné :

Sulfate de baryte. . . . . 5<sup>e</sup>,775  
 Correspondant à acide sulfurique. . . . . 1,297  
 Soit p. 100 de sels. . . . . 64,85

De ces proportions de sulfates neutres et d'acide sulfurique on conclut, à l'aide de deux équations du premier degré, que les sels contiennent p. 100 :

Potasse. . . . . 18,7  
 Soude. . . . . 38,2

chiffres assez éloignés de ceux qui proviennent du dosage direct.

Si l'on admet cependant ces derniers, la composition de 100 parties de sels peut s'établir en résumé comme il suit :

DE VICHY, DE BOURBON-L'ARCHAMBAULT ET DE NÉRIS. 49

Acide sulfurique. . . . .	1,7	Oxygène corresp.	1,02 $\frac{1}{2}$ oxyg.	0,3
Chlore. . . . .	39,0	—	8,8	1 oxyg. 8,8
Brôme. . . . .	0,4			
Acide arsénique. . . . .	0,1			
Acide carbonique. . . . .	9,9	—	7,2 $\frac{1}{2}$ oxyg.	3,6
Potasse . . . . .	18,7	Oxyg. de la potasse.	3,2	Total.. 12,7
Soude. . . . .	38,2	Oxyg. de la soude.	9,9	
Silice, fluor, iode, acides phosphorique, borique, azotique, oxydes de cuivre et de plomb. <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> <span style="font-size: 0.8em; vertical-align: middle;">très-sensibles</span>		Total de l'oxygène de la potasse et de la soude. . .	13,1	
Total. . . . .	108,0			
A retrancher l'oxygène correspondant au chlore des chlorures. . . . .	8,8			
Total. . . . .	99,2			

On peut considérer l'analyse comme exacte, puisque le total est à très-peu près égal à 100 et que l'oxygène des bases se trouve en proportion très-sensiblement convenable avec celui des acides.

Les sels en question, riches en potasse, ne renferment donc plus que très-peu de sulfates ; ils contiennent encore une notable proportion de carbonates, mais ils sont, comme on voit, surtout formés de chlorures qui tendent ainsi, par l'élimination des autres sels, à se concentrer dans les derniers produits de l'évaporation.

**Recherches sur les dépôts formés par les sources de Vichy.**

Ces recherches, seulement qualitatives, ont porté sur les dépôts des sources de la Grande-Grille, de Vaisse et de l'Hôpital ; nous allons en exposer rapidement les résultats.

DÉPÔT CALCAIRE DE LA GRANDE-GRILLE.

*Présence de l'arsenic, du plomb et du cuivre.*—Le dépôt de la Grande-Grille a été recueilli sur les bords de la vasque où jaillit la source. Une solution chlorhydrique de cette matière a donné un précipité abondant de sulfure d'arse-

nic où l'on a constaté, comme dans les sels, la présence de sulfures noirs insolubles dans le sulfhydrate d'ammoniaque et contenant principalement du plomb avec traces de cuivre.

*Absence de l'antimoine.* — La recherche de l'antimoine n'a donné, malgré la couleur orangée des sulfures, qu'un résultat absolument négatif.

*Présence du cobalt.* — Débarrassée des sulfures et de l'hydrogène sulfuré, la liqueur a été additionnée d'un excès d'acétate d'ammoniaque, puis on y a fait passer un nouveau courant d'hydrogène sulfuré. Les sulfures noirs ainsi précipités, traités par l'acide chlorhydrique faible, ont laissé comme résidu une matière grisâtre, principalement formée de soufre, mais qui, essayée au chalumeau par le borax, a donné la réaction du cobalt.

*Présence du zinc.* — Le fer contenu dans cette liqueur chlorhydrique étant peroxydé par le chlore, on l'a précipité par l'acétate de soude à l'ébullition, puis on a traité la liqueur par le sulfhydrate d'ammoniaque, qui a produit un précipité blanc assez abondant de sulfure de zinc, caractérisé par les réactions suivantes : la dissolution a lieu facilement dans l'acide chlorhydrique avec dégagement d'hydrogène sulfuré; elle donne par la potasse et par l'ammoniaque des précipités blancs solubles dans un excès de ces réactifs et reparaissant par l'addition du sulfhydrate; enfin, réaction très-caractéristique, le prussiate rouge de potasse y détermine un précipité jaune rougeâtre soluble dans un excès d'acide chlorhydrique.

*Présence de l'alumine.* — Le précipité de peroxyde de fer, redissous dans l'acide chlorhydrique, a été reconnu contenir une notable proportion d'alumine.

*Présence du manganèse.* — Enfin la liqueur acétique provenant de l'action de l'hydrogène sulfuré en présence de l'acétate d'ammoniaque, a donné par le sulfhydrate d'ammoniaque un précipité noir, où l'on a constaté au

chalumeau, par le nitre et le carbonate de soude, la présence de notables quantités de manganèse.

*Recherche du fluor négative.* — 20 grammes de ce même dépôt ont été consacrés à une recherche spéciale du fluor : en attaquant cette matière par l'acide acétique faible, où le fluorure de calcium est insoluble, on a obtenu un résidu pesant, après dessiccation à 100°, 0<sup>g</sup>,56. Ce dernier a été mélangé avec 2 grammes de carbonate de soude pur, 0<sup>g</sup>,30 de silice précipitée, et l'on a fondu le tout au creuset de platine; le résidu a été dissous dans l'eau, on a acidifié par l'acide azotique, on l'a évaporé à siccité au bain-marie, on a repris par l'eau, puis on a filtré pour séparer la silice. La liqueur, additionnée enfin de carbonate d'ammoniaque et de chlorure de calcium, a donné un précipité de carbonate de chaux soluble sans résidu appréciable dans l'acide acétique étendu et qui ne renferme par conséquent pas de fluorure de calcium. Abandonnée à elle-même, elle a laissé déposer au bout de quelques jours une matière blanche floconneuse, qu'on a reconnue de même comme totalement exempte de fluor.

## DÉPÔT FERRUGINEUX DE LA MÊME SOURCE.

*Présence de beaucoup d'arsenic.* — Cette matière existe à l'état de boue sur les parois de la vasque; elle se convertit par la dessiccation en une poudre si ténue, qu'elle se comporte, par l'agitation, à l'intérieur des vases qui la contiennent, pour ainsi dire comme un liquide. Elle renferme beaucoup d'arsenic; une seule pincée dissoute dans un acide fournit dans l'appareil de Marsh assez de taches arsenicales pour couvrir toute la surface d'une assiette de porcelaine.

*Présence du plomb et du cuivre en quantités notables.* — On a trouvé en outre dans ce dépôt de notables quantités de plomb et de cuivre.

## DÉPÔT CALCAIRE DE LA SOURCE DE VAISSE.

*Présence des mêmes corps que ci-dessus.* — Ce dépôt, très-ferrugineux, a été recueilli sur la paroi extérieure du tube par où l'eau minérale arrive à la surface du sol; il est dur et présente une structure rubanée. Les mêmes procédés d'analyse y ont constaté beaucoup d'arsenic, du cuivre avec traces de plomb, du manganèse, du cobalt et du zinc. Ajoutons, pour prévenir toute objection, que le tube de la source est en tôle de fer et terminé par une partie en cuivre rouge sans plomb ni zinc, de sorte que la présence de ces métaux dans les dépôts provient sans contredit de l'eau minérale même et non des conduits qu'elle traverse.

## DÉPÔT CALCAIRE DE LA SOURCE DE L'HÔPITAL.

*Absence du plomb dans le dépôt de la source de l'Hôpital.* — Recueilli dans la partie de l'aqueduc qui existe au sous-sol de la place Rosalie, ce dépôt est friable et beaucoup moins ferrugineux que les précédents; on y a trouvé de même beaucoup d'arsenic, des traces infinitésimales de cuivre, mais pas de plomb.

## ARAGONITE RAYONNÉE FORMANT LA ROCHE DES CÉLESTINS.

*Présence du plomb et du cuivre dans l'aragonite des Célestins.* — Cette roche provient des dépôts formés par les sources de Vichy, à une époque où elles étaient probablement beaucoup plus chaudes et plus abondantes qu'elles ne le sont aujourd'hui; il était donc intéressant de rechercher si elle contient les mêmes matières que les dépôts actuels.

*Absence de l'arsenic.* — On a dissous 50 grammes d'aragonite dans l'acide chlorhydrique, et en traitant la liqueur par l'hydrogène sulfuré, on a obtenu un dépôt de sulfures où l'on a constaté la présence de plomb avec traces de cuivre; mais, chose remarquable, il n'y existait point d'arsenic en quantité sensible.

*Présence de l'acide phosphorique en quantité très-notable.*

— On a chassé l'hydrogène sulfuré de la liqueur par l'ébullition, on a peroxydé le fer par le chlore et l'on a ajouté de l'acétate de soude; il s'est produit alors un précipité blanc de phosphate de fer, bien reconnu pour tel en séparant l'acide phosphorique par le sulfhydrate d'ammoniaque et en précipitant cet acide par le sulfate de magnésie, qui a donné un précipité cristallin abondant de phosphate ammoniaco-magnésien.

*Absence du zinc et du cobalt.* — On n'a pu constater, comme on l'a fait dans les dépôts actuels, ni la présence du zinc ni celle du cobalt.

Telles sont les principales expériences faites sur les eaux de Vichy; nous allons décrire maintenant celles qui ont été exécutées sur les eaux de Bourbon-l'Archambault.

## EAUX MINÉRALES DE BOURBON-L'ARCHAMBAULT.

L'eau thermale de Bourbon-l'Archambault contient principalement du chlorure de sodium, une certaine quantité de bicarbonates de soude, de chaux, de magnésie et quelques autres matières. Il n'existe point d'extraction de sels dans cette station thermale; aussi avons-nous dû procéder nous-même à la concentration de l'eau minérale sur laquelle ont porté ces essais.

**Recherche de l'iode dans l'eau.**

Cette recherche a porté sur le liquide salin provenant de la concentration de 100 litres d'eau minérale réduits, par l'évaporation à feu nu, jusqu'à la consistance de  $\frac{1}{2}$  litre environ.

*Présence de l'iode.* — En prenant une portion de ce liquide, préalablement additionnée de colle d'amidon, et la saturant avec précaution par de l'acide nitrique-nitreux, on a obtenu, non point une teinte bleue, mais une teinte rosée, caractéristique aussi de la présence de l'iode, mais de quantités infiniment petites de ce métalloïde. On a pu produire également avec le même liquide la coloration rose de la benzine, de sorte que l'existence de l'iode dans l'eau minérale est certaine; toutefois il est en si faible quantité, qu'il n'a point fallu songer à le doser.

#### Recherche du brome.

Le même liquide, préalablement saturé par l'acide azotique, s'est coloré en jaune par l'eau de chlore, et il a donné ensuite avec l'éther une très-énergique réaction du brome. On en a conclu que ce métalloïde existe dans l'eau minérale en quantité bien supérieure à l'iode et l'on a cherché alors à le doser par le procédé déjà employé pour l'eau de Vichy.

*L'eau de Bourbon contient près de 7 milligrammes de brome par litre.* — 25 litres d'eau minérale ayant été concentrés jusqu'à la consistance de 1 litre environ, on a séparé les matières terreuses par le filtre, on a traité successivement deux fois le liquide par une solution de 5 grammes d'azotate d'argent dans 1 litre d'eau, et les précipités ont été soumis à l'action du chlore gazeux comme ci-dessus. Les résultats de ces opérations sont consignés dans le tableau suivant :

	POIDS DU PRÉCIPITÉ		PERTE de poids dans le chlore.	BROME correspon- dant.
	fondu.	après action du chlore.		
Premier précipité obtenu par 5 gr. de AzO <sub>3</sub> , AgO. . . . .	grammes. 4,237	grammes. 4,199	grammes. 0,088	grammes. 0,158
Deuxième précipité, <i>idem.</i> . . . .	4,205	4,198	0,007	0,013
Total du brome pour 25 litres d'eau. . . . .				0,171

La quantité de brome par litre est donc de 0<sup>es</sup>,00684, c'est-à-dire de près de 7 milligrammes.

Dans un rapport du docteur Patissier sur le service médical des établissements thermaux pour les années 1849 et 1850, cette quantité est évaluée (p. 143) à 0<sup>es</sup>,001265, chiffre six fois plus faible environ; une analyse de M. O. Henri, faite en 1842 et publiée à la page 502 du *Dictionnaire des eaux minérales* par M. Durand-Fardel et autres collaborateurs, annonce d'autre part qu'il existerait par litre dans l'eau de Bourbon 0<sup>es</sup>,025 de bromure alcalin, quantité beaucoup plus forte, car 0<sup>es</sup>,00684 de brome ne correspondent qu'à 0<sup>es</sup>,010 de bromure de potassium ou à 0<sup>es</sup>,009 de bromure de sodium.

En présence de ces résultats contradictoires, l'exactitude de notre procédé analytique, le soin apporté dans les opérations, nous inspirent la plus ferme confiance dans le chiffre que nous proposons ci-dessus.

#### Recherche du fluor.

Aucune analyse ne signale dans l'eau de Bourbon-l'Archambault la présence du fluor, qui s'y trouve cependant en quantité notable. On peut, en effet, attaquer le verre avec une très-petite quantité de sels solubles de cette eau; avec 0<sup>es</sup>,57, par exemple, on a gravé ces mots en caractères très-nets : *Gravure sur verre obtenue par le fluor de 0<sup>es</sup>,57 de sels solubles de l'eau de Bourbon-l'Archambault.*

*Fluor par litre, 0<sup>es</sup>,00268.* — Le dosage de ce corps a été opéré sur 25 litres, évaporés spécialement pour cet objet jusqu'à consistance d'un faible volume: on a séparé par le filtre les matières insolubles, on a ajouté un petit excès d'acide azotique pour précipiter la silice, puis dans la liqueur claire on a mis du carbonate d'ammoniaque et un peu de chlorure de calcium. Le précipité a été recueilli, lavé, desséché à 100°, puis traité par l'acide acétique

faible, qui a laissé un résidu insoluble de fluorure de calcium pesant 0<sup>g</sup>,14 et qui a donné par l'acide sulfurique 0<sup>g</sup>,255 de sulfate de chaux contre 0<sup>g</sup>,244 qu'indique le calcul, ce qui prouve la suffisante pureté de la matière. La quantité de fluor correspondante est de 0<sup>g</sup>,067, soit par litre 0<sup>g</sup>,00268, c'est-à-dire environ 3 milligrammes en nombre rond.

Une autre expérience avait donné un peu plus de 4 milligrammes, mais le fluorure de calcium n'était pas suffisamment pur. Aussi pensons-nous qu'il faut s'en tenir au chiffre précédent.

**Recherche du potassium, du lithium, du cæsium  
et du rubidium.**

Cette recherche a été opérée sur l'eau-mère provenant de la concentration de 100 litres où l'on a recherché l'iode, comme il est dit ci-dessus. On a pris 150 centimètres cubes de cette eau correspondant à 10 litres environ, on a saturé les carbonatés par l'acide chlorhydrique, puis on a évaporé la liqueur dans une capsule de porcelaine pour séparer la silice. Quand cette opération, pendant laquelle il s'est déposé beaucoup de chlorure de sodium, a été faite à moitié environ, on a décanté le liquide clair, et l'on a pratiqué séparément, tant sur lui que sur le dépôt salin, les opérations nécessaires pour la précipitation du sodium et de ses congénères à l'état de chlorures doubles.

*Partie liquide.* — On l'a évaporée à siccité et on a chauffé longtemps le résidu à 100° pour rendre la silice insoluble; essayée au spectroscope, cette matière a donné très-fortement la réaction de la lithine, et d'une façon assez faible celle de la potasse. Après la séparation de la silice par la méthode ordinaire, on a ajouté du chlorure de baryum à la liqueur pour enlever l'acide sulfurique; l'excès de baryte a été séparé par le carbonate d'ammoniaque, puis on a de nouveau évaporé à siccité le liquide, et l'on a

chauffé suffisamment le résidu pour volatiliser les sels ammoniacaux.

Les chlorures alcalins restants pesaient 15 grammes. On les a dissous dans l'eau, puis on a mis de l'alcool et des chlorures de platine, qui ont déterminé un précipité cristallin de couleur orangée pesant. . . . . 0<sup>g</sup>,825

*Partie solide.* — Cette matière a donné au spectroscope les mêmes raies que la partie liquide, plus faiblement toutefois celle de la potasse; on a obtenu par le même traitement. . . . . 0<sup>g</sup>,185  
de chlorure double de platine,

Soit en totalité. . . . . 1<sup>g</sup>,010

Essayé au spectroscope, ce sel double ne donnait en cet état que de faibles indices des raies du cæsium et du rubidium. Après lavage sur un filtre à l'eau bouillante de façon à réduire le poids à 0<sup>g</sup>,515, ces raies sont apparues d'une façon plus distincte, bien que toujours peu nette. Le poids étant ramené à 0<sup>g</sup>,145 par un deuxième lavage, les deux raies violettes du rubidium et les deux raies bleues du cæsium se voyaient alors très-nettement, mais elles s'éteignaient encore bien avant celles du potassium, de sorte que le chlorure double de platine contenait encore principalement ce dernier métal et de très-faibles quantités seulement des deux autres.

Il résulte en somme de cet essai que l'eau de Bourbon-l'Archambault renferme, outre le potassium, du lithium et des traces certaines de cæsium et de rubidium.

**Expériences sur les matières confervoïdes produites  
dans l'eau thermale.**

Ces matières nagent à l'état d'extrême ténuité dans les divers bassins de la source thermale; elles se réduisent par la dessiccation en masses aplaties de couleur vert foncé,

formées de longs filaments comme feutrés ensemble, et dont la pulvérisation est assez facile dans cet état.

*Recherche de l'iode.* — Une quantité de 20 grammes de cette matière a été placée dans une capsule de porcelaine avec de l'eau distillée et 5 grammes de carbonate de soude; on a évaporé le tout à siccité; on a calciné le résidu au rouge naissant, on l'a ensuite pulvérisé dans la capsule même, puis on l'a mis en digestion avec de l'alcool absolu. La liqueur alcoolique, évaporée à siccité, a laissé un résidu salin qui a donné avec l'acide azotique, l'amidon ou la benzine, une forte réaction iodifère.

Le résultat de l'essai de la même matière pour brome a été très-douteux.

*Recherche de l'acide phosphorique.* — On a traité 2 grammes de matière par l'acide azotique pour détruire la matière organique; on a repris par l'acide sulfurique de manière à convertir le tout en sulfates et à mettre l'acide phosphorique en liberté; on a ajouté du sulfate d'ammoniaque pour former des sulfates doubles avec l'alumine et la magnésie, s'il en existe. On a repris par l'alcool, on a filtré, puis on a chassé l'alcool par l'ébullition.

La liqueur contenait le fer, le manganèse et l'acide phosphorique cherché: on y a ajouté du sulfhydrate d'ammoniaque pour précipiter les métaux à l'état de sulfures; puis on a recherché l'acide phosphorique par le sulfate de magnésie, qui a donné avec la plus grande netteté des indices de sa présence.

Une autre portion de la liqueur, convenablement traitée par le molybdate d'ammoniaque, a donné d'autre part un précipité jaune caractéristique du même acide.

On a dissous enfin les sulfates doubles dans l'eau distillée, et l'on y a reconnu par les réactifs ordinaires la présence du fer, du manganèse, de quantités considérables de chaux et d'une notable proportion de magnésie.

*Recherche de la strontiane.* — On a traité 4 grammes de

matière grillée par l'acide azotique, et l'on a précipité la chaux de la solution par l'oxalate d'ammoniaque; en essayant alors au spectroscope ce précipité, préalablement calciné, puis dissous dans l'acide chlorhydrique, on a obtenu des indices certains des raies rouges et de la raie bleue caractéristiques du strontium.

**Recherche de l'arsenic et autres corps dans le dépôt manganésifère existant contre les parois du réservoir principal de la source.**

Cette matière a été recueillie lors du curage du réservoir principal de la source, dont elle recouvrait complètement les parois: à l'état humide elle est brune et se pétrit dans les mains, presque comme de l'argile plastique; desséchée, elle se réduit en une poussière brune, impalpable, tachant fortement les doigts, dans laquelle on voit çà et là des parcelles jaunes d'oxyde de fer hydraté.

Ce dépôt est dissous par l'acide chlorhydrique avec un ort dégagement de chlore et un dépôt abondant de silice gélatineuse. Pour éviter l'entraînement à l'état de chlorure de l'arsenic qu'il peut contenir, on en a pris 2 grammes qu'on a fondus au creuset de platine avec 2 grammes de nitrate de potasse et 4 grammes de carbonate de soude: l'eau était fortement colorée en vert par le manganate de potasse; on l'a décomposé par quelques gouttes d'alcool, on a filtré la liqueur, on l'a saturée par l'acide chlorhydrique, puis on y a ajouté 0<sup>g</sup>,17 de fil de fer dissous dans l'eau régale. Le précipité d'oxyde ferrique obtenu en précipitant par l'ammoniaque a été dissous dans l'acide sulfurique, puis on a traité la liqueur par l'appareil de Marsh: on a obtenu ainsi sur la porcelaine des taches brunes, faibles il est vrai, mais solubles par l'acide azotique, et dans le tube, au bout de deux heures de chauffage, un fort anneau brun offrant tous les caractères de l'arsenic.

D'après cette expérience, l'arsenic existe donc incontes-



tablement dans l'eau de Bourbon-l'Archambault, mais il doit y être en quantité très-faible; aucun chimiste d'ailleurs ne l'y avait, que nous sachions, jusqu'à présent signalé.

Nous allons maintenant nous occuper des sources de Nérès.

#### EAUX MINÉRALES DE NÉRIS.

L'eau de Nérès est très-peu minéralisée; elle renferme en dissolution par litre environ 1<sup>g</sup>,25 de sels, composés principalement de bicarbonates de soude et de chaux, de sulfate de soude, de chlorures de sodium et de silice; elle donne à peine 1 gramme de résidu par litre à l'évaporation. On a fait sur cette eau à peu près les mêmes expériences que sur celles de Vichy et de Bourbon-l'Archambault: nous allons en exposer rapidement les résultats.

#### Recherche de l'iode et du brome.

Nous n'avons point eu à notre disposition de produit d'eau de Nérès assez concentré pour permettre d'y constater l'iode; mais on l'a rencontré dans les conferves développées au sein de l'eau thermale sous l'influence de la chaleur et de la lumière. Ces végétations restent complètement perdues à Vichy et à Bourbon-l'Archambault, mais on les emploie à Nérès comme adjuvants de certains traitements; la recherche dont il s'agit avait donc à ce point de vue un véritable intérêt.

#### Présence d'une quantité notable d'iode dans les conferves.

— On a pris 100 grammes de conferves desséchées, on les a mises dans une capsule de porcelaine avec un morceau de potasse pure, et l'on a évaporé le tout à siccité. La matière sèche a été pulvérisée au mortier de fonte; on l'a grillée à une température aussi basse que possible, suffisante cependant pour détruire la matière organique; on a repris

par l'eau et l'on a filtré. Il est résulté de cette opération un liquide jaune, dont le contenu salin donnait de suite, sans aucun traitement préalable par l'alcool, une coloration bleue très-énergique avec l'amidon et l'acide azotique. D'après cela, les conferves de Nérès paraissent donc renfermer une proportion notable d'iode.

Le brome se constate facilement par le chlore et l'éther dans le résidu de l'évaporation d'un seul litre; on obtient ainsi un liquide éthéré avec une coloration jaune pâle, mais parfaitement caractéristique. Le dosage n'en a point été fait, mais il est certainement praticable sur une vingtaine de litres d'eau.

#### Recherche du fluor.

Le *Dictionnaire des eaux minérales* déjà cité indique, d'après une analyse faite par M. Lefort en 1857, des traces de fluorure de sodium seulement dans l'eau de Nérès: or il en existe évidemment bien plus, car en traitant par l'acide sulfurique une petite quantité de sels alcalins obtenus par évaporation, on grave sur le verre, et cela d'une façon beaucoup plus énergique qu'avec les eaux de Vichy et de Bourbon-l'Archambault.

*Fluor par litre* 0<sup>g</sup>,00614. — En opérant, suivant la méthode décrite dans les pages précédentes, sur l'eau-mère provenant de la concentration de 100 litres,

On a obtenu une quantité de . . . . .	1 <sup>g</sup> ,35
de fluorure de calcium, qui correspond à, fluor. . .	0,614

Soit par litre. . . . . 0,00614

et ce résultat doit être considéré comme minimum, à cause d'une certaine perte survenue pendant l'opération.

Ces 0<sup>g</sup>,00614 de fluor correspondent à 0<sup>g</sup>,01375 de fluorure de sodium; or, d'après Berthier, l'évaporation d'un litre d'eau de Nérès donne en fait de sels solubles:

Carbonate de soude neutre. . . . .	0 <sup>s</sup> ,26
Sulfate de soude. . . . .	0,57
Chlorure de sodium. . . . .	0,20
Total. . . . .	0,85

dont la quantité de fluorure de sodium ci-dessus représente par conséquent 1,6 p. 100, proportion beaucoup plus forte qu'elle ne l'est pour Vichy et pour Bourbon-l'Archambault. Le fluor joue donc ici, comme agent minéralisateur, un rôle beaucoup plus important qu'on ne le soupçonnait, et on lui doit peut-être quelques-unes des vertus thérapeutiques spéciales à l'eau de Nérès et dont la cause est encore inconnue; dans tous les cas, ce fait de la présence d'une proportion de fluorure comparable à celle des éléments habituels de composition des eaux minérales a une importance incontestable au point de vue de la science hydrologique, et de l'histoire chimique de la station thermale renommée dont nous nous occupons ici.

#### Expériences spectrales.

*Présence de la lithine.* — Essayés au spectroscope, les sels solubles de l'eau de Nérès ont donné, outre la réaction du sodium, celles du lithium et du potassium, mais cette dernière d'une façon peu intense, ce qui démontre, comme on le savait déjà, la faible teneur de ces sels en potasse.

On n'a obtenu aucun indice de la réaction du cæsium, ni de celle du rubidium.

#### RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DE CE TRAVAIL.

L'iode et le brome existent certainement dans les eaux de Vichy, de Nérès et de Bourbon-l'Archambault. L'iode est en quantité trop faible pour en permettre un dosage quelque peu certain: quant au brome, dont la prédominance est

extrême, on en a trouvé dans l'eau de Vichy (Grande-Grille) 8 dixièmes de milligramme par litre, et dans les dernières eaux-mères provenant de l'atelier d'extraction de sels annexé à l'établissement thermal de Vichy, jusqu'à 15,40 par litre. Ces eaux-mères, bien que contenant très-peu d'iode, donnent énergiquement avec l'amidon la réaction caractéristique de ce métalloïde; la même action se produit avec non moins d'énergie en traitant les conferves qui naissent spontanément dans les réservoirs des sources de Nérès et de Bourbon-l'Archambault.

On a trouvé 7 milligrammes de brome par litre d'eau de Bourbon-l'Archambault, c'est-à-dire presque dix fois plus que dans l'eau de Vichy.

Le fluor a été trouvé dans les eaux de Carlsbad par Berzelius; certaines analyses indiquent d'ailleurs des traces de fluorures dans l'eau de Nérès; mais ce corps est de ceux qu'on recherche avec une sorte de défiance et à l'aide de réactions compliquées, dans cette persuasion que la proportion dans les eaux en est toujours à peine sensible. L'erreur est grande ici, car les gaz provenant de l'action de l'acide sulfurique concentré sur les sels alcalins des trois sources en question, sur ceux de Nérès principalement, corrodent le verre d'une façon toujours suffisante pour y graver une suite de caractères parfaitement lisibles. Ces eaux contiennent donc une notable proportion de fluor; on y trouve en effet les quantités suivantes de ce corps par litre:

Dans l'eau de Vichy, près de. . . . .	8 milligr.
— de Bourbon-l'Archambault. . . . .	3 —
— de Nérès. . . . .	6 —

Cette proportion est surtout remarquable pour Nérès, eu égard à la faible minéralisation de l'eau, car le fluorure alcalin correspondant se trouve ainsi constituer à lui seul plus de 1 1/2 p. 100 des sels alcalins qu'elle renferme.

Les analyses de M. Bouquet ont indiqué la proportion

d'arsenic contenue dans les eaux de Vichy; ce corps a été retrouvé dans les eaux-mères, dans les dépôts calcaires des sources, mais surtout dans les boues ferrugineuses qui semblent constituer un véritable sous-arséniat de fer. Les boues ferro-manganésiennes de Bourbon-l'Archambault en contiennent très-peu, de sorte qu'il n'en existe que des traces impondérables dans l'eau minérale.

La présence du bore dans l'eau de Vichy, annoncée sous réserve par M. Bouquet, a été bien reconnue dans les eaux-mères et peut être aujourd'hui considérée comme certaine; il en est de même du phosphore, reconnu en outre dans les conserves de la source de Bourbon-l'Archambault.

L'acide azotique a été trouvé dans bien peu d'eaux minérales: les eaux de Vichy et de Nérès (\*) en contiennent certainement.

L'analyse spectrale a fait découvrir dans les trois eaux la lithine, vainement recherchée par les procédés ordinaires; et dans celles de Vichy et de Bourbon-l'Archambault, le cæsium, le rubidium et le strontium.

En fait de métaux, on avait seulement soupçonné le cuivre dans les dépôts des sources de Vichy: sa présence n'est pas douteuse, de même que celle du plomb, du zinc, du cobalt.

En somme, ce travail renferme, comme on voit, un certain nombre de faits nouveaux, intéressants à enregistrer pour l'histoire chimique des eaux minérales de l'Allier, et qui pourront servir un jour à expliquer les mystères de leur action thérapeutique. Nous voudrions surtout qu'il pût attirer l'attention des médecins sur les eaux-mères des laboratoires de l'établissement thermal de Vichy, où existent tant de substances actives; peut-être y trouverait-on un

(\*) L'eau de Nérès, très-concentrée par l'évaporation, a donné une coloration brune avec l'acide sulfurique et le sulfate de protoxyde de fer.

auxiliaire précieux, dans certains cas de maladies cutanées, par exemple, où l'on n'obtient aucun effet des bains d'eau minérale tels qu'on en administre aujourd'hui.

Moulins, le 10 novembre 1872.

291

### NOTE.

#### PREUVE DU PROCÉDÉ ANALYTIQUE EMPLOYÉ POUR LE DOSAGE DU BROME.

*Essai du bromure de potassium.* — L'unité de poids de bromure de potassium pur doit contenir, d'après les tables d'équivalents, 0<sup>s</sup>,681 de brome, et doit donner 1<sup>s</sup>,571 de bromure d'argent en le précipitant par l'azotate.

Pour vérifier la pureté du bromure de potassium employé à l'expérience ci-dessous, j'ai pris une quantité de 1 gramme de ce corps fondu, je l'ai dissoute dans l'eau distillée, puis j'ai précipité par une solution de 1<sup>s</sup>,80 d'azotate d'argent (l'équivalent exact à employer eût été de 1<sup>s</sup>,427).

Le bromure d'argent obtenu ainsi pesait 1<sup>s</sup>,580, chiffre très-voisin de celui que donne la théorie, de sorte qu'on peut considérer ce bromure de potassium comme suffisamment pur et contenant par conséquent 67,1 p. 100 de brome.

*Preuve analytique.* — J'ai dissous dans 2 litres d'eau commune:

Sel marin . . . . .	45 gr.
Sulfate de soude . . . . .	15
Carbonate de soude . . . . .	14
Total . . . . .	72 gr.

Ce sont à peu près les quantités des matières salines contenues dans 25 litres d'eau de Bourbon-l'Archambault; j'ai ajouté à cette solution 0<sup>s</sup>,12 de bromure de potassium fondu, qui correspond par conséquent à 0<sup>s</sup>,081 de brome, et j'ai précipité par 2 grammes d'azotate d'argent.

Le précipité argentique fondu pesait. . . . .	1 <sup>g</sup> ,710
Après traitement au rouge par le chlore gazeux, il ne pesait plus que. . . . .	1 <sup>g</sup> ,665
La perte de poids avait donc été de. . . . .	0 <sup>g</sup> ,045

et par conséquent la quantité de brome correspondante devait être de

$$0^g,045 \times \frac{\text{Br}}{\text{Br}-\text{Cl}} = 0,045 \times 1,796 = 0^g,081,$$

c'est-à-dire exactement celle qu'on avait ajoutée à la liqueur.

Il résulte ainsi de cette expérience que le procédé analytique employé ne laisse rien à désirer sous le rapport de l'exactitude.

## NOTES

## SUR QUELQUES POINTS DE LA GÉOLOGIE DU CHILI.

Par MM. MALLARD et EDMOND FUCHS, ingénieurs des mines.

Chargés de visiter des gisements argentifères situés au Chili, nous nous sommes embarqués à Bordeaux le 16 juillet 1870. Nous apprenions, au moment même de notre départ, que la guerre était déclarée, et la nouvelle de nos premiers revers de Reichshoffen et de Forbach nous parvenait à Copiapó le 18 septembre. A partir de cette date fatale, nous n'eûmes plus qu'un désir, celui de revenir dans notre malheureuse patrie, et, le 10 octobre, nous montions à bord du *Magellan* pour faire route vers l'Europe.

Les observations que nous avons recueillies dans un voyage si rapide et dans des conditions aussi peu favorables à l'étude, ne méritaient peut-être pas de voir le jour. Nous avons cru cependant pouvoir présenter quelques détails intéressants sur certains points qui ont plus particulièrement appelé notre attention.

Nous n'entreprendrons pas ici le récit de notre voyage, mais nous serions ingrats si nous ne rendions hommage à l'accueil bienveillant, à l'hospitalité gracieuse que nous avons rencontrés partout au Chili. Nous tenons surtout à remercier M. Domeyko, l'ancien élève de notre École des mines, le savant directeur de l'Université de Santiago, qui a mis avec obligeance à notre disposition ses collections particulières et les ressources de l'établissement qu'il di-

rige, ainsi que M. Pissis, notre compatriote, auquel nous avons dû de précieux renseignements.

Les deux noms que nous venons de citer ne sont point inconnus des lecteurs des *Annales*. M. Domeyko y a publié de nombreux travaux sur la minéralogie et la géologie du Chili. M. Pissis, chargé, il y a une vingtaine d'années, par le gouvernement chilien de dresser une carte géodésique et géologique de la république, a poursuivi et achevé presque seul cet immense travail qui a déjà vu le jour en partie, et il en a exposé ici même les principaux résultats dans un remarquable mémoire (\*). Les travaux de MM. Domeyko et Pissis ne sont d'ailleurs pas les seuls qui aient contribué à faire connaître en Europe les traits les plus importants de la géologie du Chili; nous citerons en particulier les publications bien connues de MM. Gay, Darwin, Grange (\*\*), Al. d'Orbigny, Bayle et Coquand, etc., auxquels nous ferons de fréquents emprunts.

#### § I. — GÉOGRAPHIE PHYSIQUE.

L'orographie du Chili est extrêmement simple. Elle se résume tout entière dans l'existence de deux chaînes faisant entre elles un angle de quelques degrés seulement et dirigées sensiblement du nord au sud; la moins élevée court parallèlement à la côte; elle prend naissance, au sud, à la hauteur des îles Chiloe et se termine, au nord, par une sorte d'archipel intérieur que forment des collines de terrain primitif, disséminées au milieu des sables du désert d'Atacama. C'est la *Cordillère de la Côte*. L'autre chaîne s'étend depuis l'extrémité de l'archipel de la Terre de Feu et va se souder au nord avec les hautes montagnes de la Bolivie. Des sommets (dont le plus élevé, l'Aconcagua, atteint

(\*) *Ann. des mines*, 5<sup>e</sup> série, t. II, 1857.

(\*\*) Voyage de l'*Astrolabe*.

6.845 mètres) et des pitons volcaniques nombreux jalonnent la crête de cette chaîne puissante, qu'on nomme la *Cordillère des Andes*, et qui figure au second rang parmi les chaînes les plus élevées du globe.

Entre ces deux cordilières, soudées en certains points par quelques chaînons transversaux, s'étend une plaine étroite et allongée formant en quelque sorte le prolongement du bras de mer qui sépare du continent les îles Chiloe.

Cette longue plaine, interrompue par les chaînons transversaux, constitue dans le sud la partie la plus fertile et la plus peuplée du territoire. Elle s'élève graduellement à mesure que l'on s'avance vers le nord, et l'altitude de Santiago, qui y est située, est de 550 mètres. Dans la région septentrionale, la cordillère de la Côte n'est plus représentée que par des pitons discontinus; la plaine, absolument stérile, qui la sépare de la chaîne des Andes, s'avance en certains points jusqu'à la mer et présente une pente fortement accusée vers le rivage. C'est le désert d'Atacama. Un chaînon transversal important relie, un peu au nord de Valparaiso, les deux cordilières de la Côte et des Andes et forme ainsi une séparation naturelle entre les deux parties de la plaine médiane, qui diffèrent entre elles, par leur richesse agricole et par leur climat, autant que le Sahara diffère de la Normandie.

Le climat de cette longue bande de terre, qui s'étend du 55° degré de latitude jusqu'au tropique du Capricorne, présente en effet des particularités bien curieuses.

Dans le détroit de Magellan, on rencontre un climat à la fois très-tempéré et très-humide.

A Port-Famine, au milieu du détroit, l'expédition anglaise du *Beagle*, sous les ordres du capitaine King, a observé une température moyenne de 5°,25. La température moyenne de l'hiver, c'est-à-dire des mois de juillet et d'août, fut de 0°,60, et la moyenne des mois les plus chauds ne dépassa pas 10°.

L'*Astrolabe* et la *Zélee* qui, sous les ordres de Dumont d'Urville, ont mouillé dans le détroit du 15 décembre au 31 janvier, c'est-à-dire en été, y ont observé un maximum de 15°,40 et un minimum de 5°,4. Des observations faites à Port-Famine par les agents du gouvernement chilien ont donné une température minima de — 6°,2. Nous n'avons pas d'observations précises sur la quantité de pluie qui tombe dans le détroit, mais elle doit être considérable, si l'on s'en rapporte aux dires des habitants de Punta-Arenas et des navigateurs qui y ont stationné longtemps.

On ne sera donc point étonné de trouver réunis, sur les côtes du détroit, des phénomènes que nous sommes habitués à considérer comme contradictoires. Les forêts qui avoisinent Punta-Arenas sont admirables; on y rencontre de belles essences à feuilles persistantes, telles que le grand hêtre antarctique, et de charmants arbrisseaux comme le *berberis ilicifolia*, dont nous avons eu le plaisir d'admirer, à la fin d'octobre, les gracieuses et innombrables grappes de fleurs jaunes. King y a rencontré des fuchsias et des véroniques arborescentes, en fleurs et très-bien développées.

Or cette riche et belle végétation, ces plantes que nous regardons comme des plantes délicates et que nous cultivons en serre, poussent à une très-petite distance des glaciers, que l'on voit, dans la partie montagneuse du détroit, porter leurs glaces jusqu'à une faible distance de la mer. C'est en quelque sorte la preuve en action que l'humidité de l'atmosphère est la condition météorologique la plus nécessaire à une grande extension des glaciers, et que cette extension n'est nullement incompatible avec une végétation vigoureuse et l'existence d'une flore ne présentant rien de commun avec celle des régions polaires.

Si l'on remonte la côte du Pacifique, à partir du détroit de Magellan, on voit le climat devenir graduellement moins humide; il l'est cependant encore beaucoup à Port Montt (lat. 41° 30'), qui se trouve au fond du bras de mer sépa-

rant le Chili de l'île Chiloé. Voici en effet le résultat des observations faites en ce lieu par le docteur Fonck (\*), pendant les six années 1859 à 1864 :

Température moyenne . . . . .	11°,47
— maxima . . . . .	27°,37
— minima . . . . .	— 0°,62
Vent dominant : N., soufflant pendant . . . . .	167 jours.
Vent sous-dominant : S., soufflant pendant . . . . .	87 —
158 jours de pluie donnant une moyenne annuelle de 2 <sup>m</sup> ,592.	

Cette dernière est extrêmement considérable, car elle dépasse de 0<sup>m</sup>,542 celle de Bergen (lat. 60° 20' N.) qui atteint 2<sup>m</sup>,25 et qui est la plus élevée de toutes celles qui ont été observées dans notre hémisphère.

Aussi les forêts qui couvrent la partie occidentale de l'île Chiloé, entre le 38° et le 35° parallèle, rivalisent-elles en richesse, au dire des voyageurs (\*\*), avec les forêts inter-tropicales; les palmiers croissent sur ces côtes, et une espèce de bambou y a été trouvée sous le 40° parallèle.

A mesure que l'on remonte vers le nord, la pluie devient de moins en moins abondante; Santiago jouit déjà d'un ciel presque toujours pur. Au nord de Santiago, la pluie cesse à peu près complètement; ce phénomène météorologique ne se montre à Copiapó que tous les cinq ou six ans, et ne dure guère, chaque fois, plus d'une heure ou deux.

Cette sécheresse presque absolue, qui stérilise environ 300 lieues de côte, favorise singulièrement la formation des dunes et le transport des sables à de grandes distances.

Aussi les montagnes qui avoisinent Copiapó et qui séparent cette ville du désert d'Atacama, dont le bord occidental s'étend jusqu'à la mer, sont-elles couvertes, sur leurs deux versants, par un sable fin emprunté à la plage. Poussé par le vent de la mer, ce sable s'élève sur le flanc occidental de la cordillère comme sur un vaste plan incliné, puis,

(\*) Petermann : *Mittheilungen*, 1869, p. 462.

(\*\*) Grange, *Voyage de l'Astrolabe*, p. 357.

trouvant un passage dans les cols de ces montagnes, retombe sur leur versant oriental, où il s'accumule dans le lit des ravins desséchés. Cette substitution d'une poussière blanche et silencieuse aux eaux mobiles des torrents est en harmonie parfaite avec l'ensemble du paysage, et contribue à augmenter l'aspect aride et désolé de cette contrée, pour laquelle les cieux sont toujours d'airain.

## § II. — FORMATION QUATERNAIRE.

*Soulèvement du sol.* — Parmi les phénomènes dont le Chili est le théâtre et qui appartiennent très-vraisemblablement à la période quaternaire, il faut ranger ceux qu'a fait connaître, pour la première fois, M. Domeyko, et qui accusent, pendant cette période, un changement très-notable dans les niveaux relatifs de la mer et du continent. M. Domeyko établit dans son mémoire (\*) que la côte chilienne présente à Coquimbo trois lignes d'anciens niveaux séparés par les hauteurs suivantes :

Terrasse supérieure. . . . .	57 <sup>m</sup> ,6	au-dessus de la mer.
— moyenne. . . . .	56 <sup>m</sup> ,8	—
— inférieure. . . . .	14 <sup>m</sup> ,3	—

Les couches qui forment ces diverses terrasses sont essentiellement marines et renferment des coquilles dont la plupart vivent aujourd'hui encore dans les eaux de l'Océan Pacifique.

Des pentes brusques relient la terrasse inférieure à la moyenne qui comprend des couches régulières, horizontales, formées de poudingues à cailloux roulés, de graviers et de sables avec fossiles marins; on y trouve des huîtres qui ne sont pas connues dans la mer actuelle.

M. Domeyko annonce avoir observé sur toute la côte

(\*) *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, XIV, 1848, p. 153 et suiv.

septentrionale du Chili une formation semblable, comprenant le même nombre de terrasses. Nous avons pu, en relâchant à Coquimbo, constater l'exactitude des faits indiqués par M. Domeyko, et recueillir une partie des fossiles marins qu'il a signalés au milieu des matériaux des terrasses.

Le soulèvement du sol, dont on voit sur la côte des traces si authentiques, explique la production d'une formation sableuse très-étendue qui recouvre le long de la mer, au nord de Vallenar, une grande plaine, absolument aride, au milieu de laquelle s'élèvent de distance en distance de véritables îlots granitiques. Cette plaine sableuse, qui constitue à proprement parler, le désert d'Atacama, se poursuit fort loin, au nord, à travers la Bolivie et jusqu'au Pérou. Elle est très-notablement inclinée de l'est à l'ouest; nous avons en effet observé, dans la portion de cette plaine qui s'étend entre Chañarcillo et Vallenar, une altitude de 571 mètres à Punta de Dias tandis que Canto del Agua situé à 14 kilomètres plus à l'ouest n'a qu'une altitude de 547 mètres, ce qui donnerait, à l'ensemble de la plaine, une pente de 0,016 vers la mer.

Ces sables marins recouvrent en certains points, d'après M. Pissis, une couche de conglomérat ponceux, formé de produits volcaniques, qui s'étend au sud jusqu'à Concepcion, en constituant un des horizons géologiques les plus nets.

La grande plaine du désert d'Atacama a été évidemment un ancien fond de mer, qui a dû être soulevé vraisemblablement pendant la période quaternaire. La direction actuelle de la côte, la pente assez forte que la plaine soulevée présente vers le rivage, portent à penser que l'axe de soulèvement doit coïncider à peu près avec l'axe de la chaîne des Andes. Les terrasses de Coquimbo et sans doute aussi celles de Vallenar, dont nous parlerons plus loin, tout en confirmant la réalité du soulèvement, montrent qu'il ne

s'est point effectué en une seule fois, mais qu'il y a eu au moins trois périodes successives d'élévation, d'une durée relativement courte, et séparées par des intervalles de calme beaucoup plus prolongés.

*Extension des glaciers.* — Nous avons vu que dans le détroit de Magellan, par 54° environ de latitude sud, des glaciers, entretenus par la grande quantité de pluie qui tombe chaque année, descendent actuellement presque jusqu'à la mer, bien que les cirques où ils prennent naissance n'aient qu'une altitude assez faible.

Sous la latitude de Santiago (35° 26' sud), les Andes qui s'élèvent jusqu'à l'altitude de 6.854 mètres (sommet de l'Aconcagua), possèdent encore, dans les hautes régions, des glaciers qu'on aperçoit de la plaine : mais ces glaciers ont eu, à une époque antérieure, une bien plus grande extension. Nous avons pu reconnaître en effet, en remontant le pittoresque ruisseau sur le bord duquel sont situées les sources thermales de Cauquenès, qu'avant d'arriver à l'établissement des bains, en un point situé à 60 ou 70 kilomètres de l'axe de la chaîne, et à une hauteur qui ne doit point dépasser, d'après la carte de M. Pissis, 5 à 600 mètres, la vallée était barrée presque complètement par un monticule transversal. Cette sorte de digue, dont la partie supérieure est dans un plan à peu près horizontal, et au travers de laquelle le torrent s'est frayé péniblement un étroit passage, est formé de matériaux confusément mêlés, sans aucun classement de grosseur, et réunis par une sorte d'argile caillouteuse.

La position de ce monticule et la nature des matériaux qui le constituent ne laissent aucun doute sur son origine. C'est bien une ancienne moraine semblable à toutes celles que l'on observe dans les régions alpines.

Cette conclusion est d'ailleurs confirmée par la présence, à divers niveaux, de blocs énormes, dont quelques-uns ont un volume de plusieurs mètres cubes, et dont les angles

sont parfaitement vifs. Ce sont certainement des blocs erratiques. Un de ces blocs, et l'un des plus volumineux se trouve au milieu même du jardin de l'établissement des bains.

L'extension des glaciers qui a eu lieu en Europe pendant la période quaternaire s'est donc produite également dans les Andes.

Nous n'avons observé aucune trace d'anciens glaciers sous la latitude de Copiapó (26° 50'), bien que nous nous y soyons élevés jusqu'à la hauteur de 2.500 mètres environ au-dessus de la mer. Il paraît d'ailleurs que, dans cette partie des Andes, il n'existe pas actuellement de glaciers, ou du moins de grands glaciers comparables à ceux que l'on rencontre au pied de l'Aconcagua et des pics élevés de la région méridionale.

*Phénomènes quaternaires dans les vallées.* — *Vallées principales.* — Mais si le nord du Chili ne montre, dans la faible partie que nous avons explorée, ni moraines anciennes, ni rochers striés, ni blocs erratiques, il offre à l'observateur le plus beau champ d'études en ce qui concerne les actions exercées par l'eau courante pendant la période quaternaire. On comprend en effet que, dans un pays où la pluie fait défaut, probablement depuis le commencement de la période actuelle, où la végétation et même la terre végétale sont à peu près absentes, où l'homme n'a pu s'établir que de loin en loin et d'une façon précaire, les moindres accidents du sol produits pendant la période géologique antérieure se soient conservés avec une religieuse fidélité. Dans cette nature, que l'on dirait figée depuis le jour où elle a reçu son modelé définitif, on peut lire l'histoire de la période quaternaire avec une bien autre facilité que dans nos pays recouverts d'une végétation luxuriante et bouleversés par les travaux de l'homme.

La partie septentrionale du Chili est sillonnée par de nombreuses vallées. Les unes, qui prennent leur origine



dans les Andes et aboutissent à la mer, sont les vallées transversales ou principales; les autres, qui sont en quelque sorte les affluents des premières, sont connues dans le pays sous le nom de *quebradas* que nous leur conserverons. Les quebradas elles-mêmes reçoivent de petits ravins latéraux de moindre importance.

Les vallées principales sont les seules dont le thalweg soit encore occupé par des cours d'eau; elles ne sont pas très-nombreuses, et dans le Chili même on n'en connaît que deux: la vallée du Huasco, dans laquelle se trouvent les villes de Vallenar et de Freirina, et la vallée du Rio de Copiapó, dans laquelle est située la ville de ce nom, la plus considérable de toute la contrée.

La vallée de Copiapó est, dans la plus grande partie de son parcours, profondément encaissée au milieu des terrains primitifs, des terrains de transition et des terrains secondaires fortement métamorphisés. Une rivière, dont les eaux sont très-chargées de sulfate de soude, arrose encore la vallée à Copiapó, mais au-dessous de cette ville, la vallée s'élargit beaucoup en rencontrant le plateau sablonneux qui forme en ce point la côte du Chili; les eaux s'infiltrant dans ce terrain perméable, et la rivière se perd complètement bien avant d'arriver à la mer. Le sulfate de soude, tenu en dissolution dans les eaux que le sol absorbe, vient s'effleurir à la surface, et la vallée n'est plus indiquée que par des efflorescences salines blanchâtres que l'on prendrait de loin pour de vastes nappes neigeuses.

Ce dessèchement de la vallée en aval de Copiapó serait, paraît-il, un phénomène assez récent. Suivant une tradition locale qui pourrait, dit-on, s'appuyer sur certains documents écrits, les bateaux, au XVIII<sup>e</sup> siècle, remontaient de la mer jusqu'à la capitale de la province. Il faudrait alors admettre que, dans ce court espace de temps, la quantité de pluie qui tombe sur la partie culminante de cette région a notablement diminué, ou que l'industrie des mines, en

détruisant la maigre végétation des montagnes, a amené un changement complet dans le régime des eaux. Nous n'avons pu nous assurer nous-mêmes de l'exactitude de la tradition que nous rapportons, mais nous n'avons pas cru cependant devoir la passer sous silence.

La vallée de Copiapó présente une pente fort considérable et qui résulte des nombres suivants :

	ALTITUDE.	DISTANCE de deux points consécutifs.	PENTE de la vallée entre deux points consécutifs.
		kilomètres.	
Embouchure de Rio de Copiapó.	0		
Copiapó. . . . .	395 (1)	75	0,0052
Cerrillo. . . . .	603	25	0,0083
Pabellon. . . . .	702	10	0,0099

(1) Nous avons adopté pour l'altitude de Copiapó le chiffre donné par M. Pissis, et confirmé par le nivellement du chemin de fer entre Caldera et Copiapó; pour celles de Cerrillo et de Pabellon, les nombres qui résultent de nos observations barométriques. L'altitude donnée par M. Pissis à Pabellon (669<sup>m</sup>) nous paraît un peu trop faible; il en résulterait, en effet, que la pente de la vallée serait seulement de 0,0049 entre Pabellon et Copiapó, c'est-à-dire plus faible que la pente entre Copiapó et la mer. Nos observations barométriques nous font d'ailleurs penser que les altitudes indiquées par M. Pissis dans cette région sont trop faibles pour la plupart.

La pente atteint donc à peu près 0,01 à 110 kilomètres seulement de la côte. On jugera combien ce nombre est excessif, si on le compare à la pente de la vallée du Grasisvaudan, près de Grenoble, qui n'est que de 0,0011; à celle du Rhin entre Bâle et Lauterbourg, qui est un peu inférieure à 0,001, à celle du Rhône de Lyon à Arles qui n'est que de 0,00055, enfin à celle de la Seine entre Paris et le Havre, qui atteint à peine 0,0005. La pente du Rio de Copiapó, dans le voisinage de la mer, est à peu près la même que celle du Rhône au pont de Sierre dans le Valais où elle s'élève à 0,0059.

La vallée du Huasco, qui a un parcours moins considérable que celle de Copiapó, présente depuis Vallenar jusqu'à la mer (distance 53 kilomètres) une pente plus forte encore. Avec l'altitude donnée à Vallenar par M. Pissis

(454 mètres), cette pente serait de 0<sup>m</sup>,0078; avec l'altitude de 513 mètres que donneraient à Vallenar nos propres observations barométriques, la pente s'élèverait jusqu'à 0<sup>m</sup>,0093.

La vallée de Vallenar porte ses eaux jusqu'à la mer, et son embouchure est marquée par des espèces de lagunes établies derrière un cordon littoral très-apparent. Cette vallée présente, à Vallenar même, sur ses deux rives, de très-belles terrasses signalées déjà par M. Domeyko, et qui offrent des particularités dignes d'intérêt.

On distingue trois niveaux de terrasses bien marqués, et la coupe ci-jointe (Pl. II, fig. 3), que nous avons relevée avec soin au moyen de nivellements barométriques, en donnera une idée très-nette. Cette coupe a été relevée sur la rive droite, mais nous nous sommes assurés que les terrasses des deux rives sont respectivement au même niveau.

Les trois niveaux principaux, que nous avons désignés sous le nom de n° 1, n° 2 et n° 3, sont terminés par des talus de 25° à 28°; chacun d'eux se poursuit sur de grandes longueurs avec une continuité et une régularité parfaites. Entre la terrasse n° 3 et la terrasse n° 2, se trouvent deux terrasses secondaires, qui se distinguent des autres en ce qu'elles s'évanouissent en certains points, et présentent un caractère un peu fugace sur l'une et l'autre rive; elles sont terminées par des talus de 14° à 15° seulement. Nous les avons désignées par les numéros 2<sub>a</sub> et 2<sub>b</sub>. Le niveau 2<sub>a</sub> paraît le plus fixe et le plus important des deux.

Voici les hauteurs relatives que nos observations assignent à ces diverses terrasses :

	ALTITUDE,	HAUTEURS au-dessus de la vallée.	HAUTEURS relatives de terrasses successives.
		mètres.	mètres.
Terrasse n° 3. . . . .	650,4	137,4	
— n° 2 <sub>b</sub> . . . . .	615,8	102,8	33,2
— n° 2 <sub>a</sub> . . . . .	596,8	83,8	19,0
— n° 2. . . . .	582,6	69,6	14,2
— n° 1. . . . .	550,6	37,6	32,0
Vallenar. . . . .	513,0	0	

Si l'on négligeait le niveau peu accusé n° 2<sub>a</sub>, on aurait quatre terrasses qui seraient presque exactement équidistantes de 33 mètres environ.

Notons que la terrasse n° 3 est séparée du contre-fort de la vallée par une sorte de canal dont le fond correspond presque exactement au niveau n° 2<sub>b</sub>.

Ces diverses terrasses sont formées de graviers assez fortement roulés et de médiocre grosseur.

Ce dépôt alluvionnel suit la vallée jusqu'à la mer. Il forme ainsi une bande allongée, à peu près perpendiculaire au rivage, et qui garde, depuis la mer jusqu'à une faible distance en aval de Vallenar, une largeur à peu près constante de 6 à 7 kilomètres. Cette bande s'épanouit alors et l'ensemble des terrasses forme autour de la ville une sorte d'amphithéâtre, dont le plus grand diamètre est de 16 à 17 kilomètres environ. En amont de ce cirque, la rivière ne coule plus que dans d'étroits défilés sur les flancs desquels il ne paraît pas exister de dépôt alluvionnel.

Au nord du contrefort septentrional de la vallée du Huasco, dont la direction générale est presque E. O., s'étend une vaste plaine de sable marin, limitée à l'E. par les Andes et bordé à l'O. par des îlots de terrains anciens, disséminés au milieu des sables et qui jalonnent en quelque sorte le bord de la mer. Cette grande plaine de formation

marine, que nous avons signalée déjà, et qui constitue le désert d'Atacama, forme une surface à peu près plane, ayant sa ligne de plus grande pente sensiblement perpendiculaire à la direction du rivage et inclinée de 0,016 environ vers la mer. Punta de Dias, petite station située au milieu de cette plaine, à 49 kilomètres de la côte, possède, d'après nos observations, une altitude voisine de 571 mètres. Si l'on remplace la surface de la plaine par un plan ayant ses horizontales parallèles à la côte et une pente de 0,016: ce plan, prolongé par la pensée jusqu'à Vallenar, qui est situé à 55 kilomètres du rivage, y aurait une altitude égale à 667 mètres environ, c'est-à-dire précisément la même (car la différence est de l'ordre des erreurs d'observation), que l'altitude de la terrasse supérieure.

Il est donc presque certain qu'au moment où la mer recouvrait la longue plaine, maintenant émergée, du désert d'Atacama, elle recouvrait aussi la vallée du Huasco jusqu'à Vallenar même; et l'on doit admettre que la large bande alluvionnelle au milieu de laquelle est creusée la vallée, représente un ancien golfe intérieur, un ancien fiord semblable à ceux de la Scandinavie, ou à ceux que l'on observe sur la côte même du Pacifique, depuis le cap Horn jusqu'aux îles Chiloé.

Ce fiord a été d'abord comblé en partie, jusqu'au niveau de la terrasse supérieure, par les matières que charriait le torrent dont les eaux venaient s'y rendre. Ce comblement était opéré, lorsqu'un premier exhaussement du sol est venu mettre à sec une partie des dépôts alluvionnels ainsi formés, et au milieu desquels le torrent dut se frayer un passage en produisant la terrasse n° 2. D'autres exhaussements du sol ont ensuite donné naissance à la terrasse n° 1, puis à la vallée actuelle.

Cette hypothèse, qui rend si aisément compte de la formation des terrasses de Vallenar, est d'ailleurs corroborée par l'observation de M. Domeyko que nous avons rap-

portée plus haut, et d'après laquelle les terrasses de Coquimbo et celles de tout le rivage septentrional du Chili sont précisément, comme celles dont nous venons de parler, au nombre de trois principales. Or, les terrasses du bord de la mer ne peuvent avoir d'autre origine que des soulèvements successifs du rivage, et puisque ces soulèvements suffisent pour expliquer aussi la formation des terrasses de Vallenar, il serait peu rationnel d'attribuer l'origine de ces dernières à des digues hypothétiques qui auraient successivement barré la vallée à des niveaux décroissants, et qui se seraient ultérieurement rompues en produisant des débâcles.

Il est d'ailleurs absolument nécessaire, pour expliquer la formation des terrasses, soit à Vallenar, soit partout ailleurs, d'avoir recours à un phénomène relativement brusque, abaissant la barrière qui règle en chaque point, dans la période d'équilibre, la hauteur du plan d'eau d'un fleuve. Si cette barrière est une digue solide, c'est la destruction de la digue qui produit la débâcle et le creusement du lit; si la barrière est le niveau de la mer, le relèvement du rivage peut seul produire le même effet.

On peut objecter que les terrasses successives sont un peu moins distantes les unes des autres à Coquimbo qu'à Vallenar; mais il en doit être ainsi, car l'amplitude du soulèvement a dû aller en croissant depuis la mer jusqu'à la ligne, sensiblement parallèle au rivage, qui formait l'axe du soulèvement.

*Quebradas.* — On désigne au Chili sous le nom de *quebradas*, des vallées souvent fort larges, qui ne diffèrent des vallées principales, dans lesquelles elles débouchent, que parce qu'elles ne prennent pas leur origine dans la haute chaîne des Andes, ou parce que leur bassin de réception est beaucoup moins étendu. Ces vallées ne possèdent aucun cours d'eau apparent et celui qu'elles possèdent à leur origine se perd à une assez grande distance en amont du débouché dans la vallée principale.

Rien ne saurait rendre l'aspect désolé de ces larges vallées, dans lesquelles il semble que l'eau coulait encore hier; où l'on ne voit, au lieu de l'herbe des prés, que des graviers arides; dont le silence absolu n'est troublé par aucun être animé et que bordent, sur chaque rive, des montagnes rocheuses, absolument stériles et dénuées même d'un manteau de terre végétale. Le nom de *quebradas* (ruinées) qu'on leur a donné en traduit fidèlement le triste caractère.

Le profil transversal de ces quebradas est remarquablement horizontal; leur profil longitudinal est extrêmement incliné. Dans la quebrada de *Paipote*, qui débouche près de Copiapó dans la grande vallée, nous avons relevé, avec le perpendiculaire de la boussole, une pente de 0<sup>m</sup>,02. Dans la quebrada moins considérable de Cerrillo, nous avons observé, à l'aide d'un nivellement barométrique et en mesurant les distances par le nombre des tours de roue de notre véhicule, une pente de 0<sup>m</sup>,05. Ces pentes excessives sont du reste en parfaite concordance avec celles que nous avons assignées précédemment aux vallées principales dont ces quebradas sont les affluents éteints, si l'on nous permet d'employer l'heureuse expression que M. Surell a rendue classique.

Ces vallées si considérablement inclinées ont souvent 2 à 5 kilomètres de largeur; le sol en est formé par une accumulation de blocs anguleux, à peine roulés, et dont les dimensions, assez constantes, ne dépassent guère 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,50 en tous sens. Avec ces blocs, qui composent la majeure partie du terrain alluvionnel, s'en trouvent d'autres plus petits, et le tout est en quelque sorte cimenté par un limon très-sableux et peu abondant. Aucune couche particulière de sable, de limon ou de terre végétale ne recouvre cette formation.

Les plus importantes des quebradas, celles qui prennent leur origine dans la partie élevée de la chaîne des Andes, possèdent encore aujourd'hui un cours d'eau qui

s'interrompt à une distance plus ou moins grande de la source. Les eaux courantes se perdent en partie par évaporation, en partie par infiltration à travers les dépôts meubles de la vallée. Mais leur disparition n'entraîne point celle du lit qui les encaisse, et ce dernier se prolonge jusqu'à la vallée principale tout en n'étant plus occupé que par des sables fins, des limons et des graviers très-roulés, en général de faible grosseur. Le point où l'eau cesse de couler est en général assez fixe; il ne varie que lorsque les pluies, aujourd'hui si rares dans ces régions, enflent le cours d'eau actuel et le font descendre assez notablement au-dessous de sa limite habituelle.

La rivière actuelle, au point où elle cesse d'être apparente à la surface, continue encore son cours souterrainement. Ce sont ces rivières souterraines qui fournissent l'eau nécessaire aux agglomérations très-clair-semées qui se sont établies près des mines exploitées. Des puits creusés dans le remplissage caillouteux de la Quebrada forment ce qu'on appelle des *aguadas*, où les *arrieros* viennent chercher à dos de mulets le liquide bienfaisant pour le distribuer aux populations minières.

Ces aguadas atteignent l'eau à des profondeurs très-variables qui témoignent de la profondeur plus ou moins grande à laquelle circule la rivière souterraine, et sont sans doute en relation avec la puissance du remplissage caillouteux de la vallée. En général, cette puissance paraît aller en croissant, au moins dans certaines limites, à mesure que l'on se rapproche de l'origine de la quebrada. C'est ainsi qu'à Copiapó même, le cours d'eau souterrain qui existe dans la vallée principale et qui remplace complètement le cours d'eau superficiel à quelque distance en aval de la ville, a son niveau supérieur à 6 mètres au-dessous du sol.

Sur le chemin de Copiapó aux mines de Tres Puntas, à Chulos, où les voitures qui transportent à la ville les produits des exploitations s'arrêtent d'ordinaire, l'eau se

trouve à 8 mètres du sol. Dans la quebrada voisine de Tres Puntas, où est établie l'*aguada* qui pourvoit aux besoins des ouvriers, l'eau n'est rencontrée qu'à une profondeur beaucoup plus considérable qu'on nous a affirmée être voisine de 200 mètres.

Ces faits permettent de résoudre avec une quasi-certitude une question qui a beaucoup préoccupé les autorités chiliennes, celle de savoir s'il ne serait pas possible de disputer à la stérilité générale quelques lambeaux du sol, en creusant des puits artésiens et créant des sources jaillissantes. Il ne faudrait évidemment pas compter, pour alimenter ces sources, sur les nappes aquifères que pourraient renfermer les couches des terrains anciens ou secondaires soulevés par la chaîne des Andes. Ces couches sont, en effet, tellement bouleversées et redressées, qu'elles ne peuvent contenir nulle part de nappes aquifères d'une certaine continuité.

Restent les eaux qui s'infiltrent dans les dépôts perméables des vallées. Or il est évident que ces eaux ne forment pas des nappes retenues à un niveau inférieur à leur niveau hydrostatique par l'action de terrains imperméables susjacents. Elles constituent, comme nous l'avons dit, des cours d'eau souterrains, dont la pente très-forte est employée à vaincre les résistances considérables qui s'opposent à leur mouvement, et dont la vitesse doit être très-faible. Les *aguadas* creusées dans les quebradas rencontrent donc l'eau à une hauteur peu considérable au-dessus du niveau réel du cours souterrain, et nulle part on ne peut avoir l'espérance de provoquer des sources jaillissantes. Il faut donc renoncer, dans le désert d'Atacama, à utiliser l'ingénieux procédé qui a pu rendre la fertilité à certaines parties du Sahara.

Les cours d'eau superficiels qui parcourent les vallées principales sur presque toute leur longueur, ainsi que ceux qui arrosent des parties plus ou moins considérables des

grandes quebradas, n'occupent d'ailleurs qu'une partie fort restreinte de la largeur de la vallée. Il en est exactement de même des cours d'eau desséchés qui n'en sont que la continuation, et dont on suit encore avec étonnement tous les méandres aussi nets, aussi frais en quelque sorte que si la rivière qui les a formés coulait encore hier. Un point important à noter, c'est que, nulle part, ces rivières, actuelles ou éteintes, ne reçoivent aucun affluent des petits ravins latéraux qui prennent naissance dans les contreforts de la vallée. Ces cours d'eau n'ont donc jamais été alimentés, même aux époques de leur plus grande extension, que par l'eau venant des Andes. Depuis le commencement de la période pendant laquelle ils ont coulé, et qui doit peut-être se confondre avec la période actuelle, la pluie fait complètement défaut sur la surface du pays. Il faut en outre admettre que depuis le commencement de cette période, la pluie qui tombe sur les Andes, et par conséquent l'eau qui en descend, a été graduellement en diminuant.

Cette hypothèse d'un climat plus humide dans les hautes régions des Andes au commencement de l'ère actuelle est corroborée par diverses circonstances, qui permettent de penser qu'à la même époque le climat des parties relativement basses de la contrée était plus humide aussi, sans que les pluies y fussent assez abondantes pour donner naissance à des cours d'eau ne puisant pas leurs sources dans les hautes montagnes.

Actuellement certaines parties élevées de la contrée où la pluie est absente empruntent cependant à l'eau hygrométrique de l'air assez d'humidité pour se recouvrir, au commencement du printemps, d'une parure végétale fort belle. Ce sont des plantes ou des arbustes dont les belles fleurs contrastent avec l'aridité du sol. Toute cette végétation dure peu de semaines, et les chaleurs de l'été la font disparaître assez rapidement jusqu'au printemps suivant. Nous avons pu l'observer, au commencement d'octobre, à

Agua Amarga, à 50 kilomètres de Vallenar, et à une altitude de 11 à 1.400 mètres. Les quebradas plus septentrionales qui avoisinent Copiapó n'offrent pas même cette éphémère végétation, mais elle a dû exister autrefois, car on rencontre (\*), dans les parties les plus arides, des souches desséchées d'une espèce végétale, le *prosopis siliquatum*, qui croît encore abondamment dans les plaines arrosées du Pérou et du Chili. Ces souches sont même quelquefois exploitées pour les besoins de l'industrie.

*Cônes de déjection.* — Les points d'intersection des ravins latéraux avec les grandes quebradas et les vallées principales, sont marqués par des cônes de déjection semblables à ceux qui ont été si bien décrits dans le Dauphiné par M. Surell et par M. Scipion Gras.

Les cônes de déjection, qui se rencontrent au débouché des ravins latéraux de peu d'importance, sont en général à pentes fort roides; ils ont un développement très-considérable et qui paraît au premier abord hors de proportion avec les bassins de réception du torrent qui a dû leur donner naissance. Ils sont très-intacts et s'étalent sur le remplissage caillouteux de la vallée. Aucun d'eux ne s'avance jusqu'au lit du cours d'eau, desséché ou non, qui occupe, comme nous l'avons dit, le milieu de cette vallée.

On remarque encore des cônes de déjection au débouché de ravins plus considérables, tels que celui qui descend des hauteurs du minéral de Chancoquin, celui qui prend son origine dans les montagnes du minéral de Jésus-Maria, et qui viennent l'un et l'autre rencontrer la grande vallée à Copiapó même. Tel est encore le ravin qui, descendant des montagnes de Chañarcillo, vient rencontrer la grande plaine sableuse qui s'étend jusqu'à la mer. Ces cônes, très-considérables, sont entièrement démantelés, et de petites

(\*) Pissis, *Annales des mines*, 5<sup>e</sup> série, t. IX, p. 143.

vallées secondaires s'y sont creusées à peu près suivant des génératrices de la surface conique. Ce n'est que par la pensée que l'on peut réunir les arêtes saillantes qui séparent ces petites vallées en miniature et reconstituer le cône primitif. Cette reconstitution idéale peut d'ailleurs se faire aisément et ne laisse aucun doute sur l'origine et la forme première de ces dépôts.

L'origine de ces grands cônes de déjection, aujourd'hui si profondément ravinés, est postérieure à la première apparition de l'appareil volcanique dans les Andes.

On trouve, en effet, sur l'un des flancs du grand cône que nous avons signalé près de Chañarcillo, une butte volcanique dont le sommet ne s'élève que de 40 mètres environ au-dessus de la surface de ce cône. Cette butte est formée exclusivement de scories peu cohérentes, souvent décomposées, fortement colorées en rouge; on y reconnaît aisément un petit cône formé par les déjections atmosphériques d'un volcan. Or les alluvions de la vallée s'appuient sur ce monticule, et ne sont nullement mêlées, dans le voisinage, de produits volcaniques. Le cône volcanique est donc certainement antérieur à la production du dépôt alluvionnel.

Les faits que nous venons de décrire succinctement, et qui frappent les yeux de l'observateur le moins attentif, nous permettent de reconstituer les traits principaux de l'histoire physique de la région septentrionale du Chili pendant la période quaternaire. Au début de cette période, les volcans existaient déjà avec leur appareil ordinaire, sinon dans la partie centrale de la chaîne des Andes, ébauchée depuis longtemps, au moins dans des points plus ou moins nombreux disséminés sur les versants de la Cordillère. La côte présentait à peu près la direction qu'elle suit actuellement; seulement, en certains points, la bande étroite qui forme le Chili était plus étroite encore; la mer s'étendait presque jusqu'à Copiapó; et la côte, dans la partie septen-

trionale, était bordée par une série de petites îles rocheuses formées par les terrains anciens. L'Océan pénétrait assez profondément dans l'intérieur des terres, et formait des fjords comme celui que nous avons signalé à Vallenar.

Un soulèvement, qui a atteint à Vallenar une amplitude de 650 mètres, et dont le commencement a peut-être coïncidé avec l'apparition des volcans dans l'axe même de la chaîne, s'est fait sentir pendant la période quaternaire. Ce soulèvement a été produit par trois actions brusques séparées par de longues périodes de calme.

En même temps que se produisait ce grand soulèvement, qui n'a que légèrement modifié l'étroite bande chilienne, mais qui a sans doute émergé la plus grande partie du territoire argentin (\*), le climat du Chili éprouvait de profondes modifications.

Dans le sud, les glaciers qui, au commencement de la période, avaient une grande extension, suivent la même marche décroissante qu'en Europe. Dans le nord, on voit diminuer les eaux pluviales qui, à l'origine de la période, tombaient abondamment sur les parties les plus basses de la contrée, formaient au pied des torrents ces grands cônes de déjection, aujourd'hui démantelés, que nous avons signalés près de Copiapó et de Chañarillo, et accumulaient, dans le fjord de Vallenar, une épaisseur considérable de matériaux roulés.

Peu à peu les orages deviennent moins fréquents, et les grands cônes de déjection sont ravinés plus ou moins profondément; c'est à cette époque aussi qu'il faut probablement rapporter les derniers cônes de déjection situés au débouché des ravins latéraux d'importance secondaire, et le remplissage définitif des quebradas, qui avaient, dans le

(\*) Les observations de M. A. d'Orbigny sont d'accord avec les idées que nous exprimons ici.

principe, une pente moindre que celle qu'elles présentent actuellement.

Enfin une dernière modification se produit dans le climat; les pluies torrentielles qui tombaient encore sur les parties basses de la contrée cessent tout à fait. A partir de ce moment, la pluie ne tombe plus que sur la cime des Andes, et les rivières ne sont plus alimentées que par l'eau qui descend des parties les plus élevées de la chaîne. Cette révolution a été soudaine, car on n'observe, comme nous l'avons remarqué, aucune liaison, aucune transition entre le large lit du grand torrent ancien et le lit restreint de la rivière actuelle. On peut d'ailleurs regarder cette dernière révolution comme le commencement de la période actuelle, qui n'a plus été signalée que par une diminution lente et progressive dans la quantité d'eau qui tombe annuellement sur les sommets des Andes.

Si l'on rapproche cette histoire de la période quaternaire, faite pour une région de l'hémisphère austral, de celle que les observations géologiques ont permis de reconstruire pour les régions de notre hémisphère, on apercevra dans l'ensemble de frappantes analogies. Dans les deux hémisphères, la période quaternaire ne s'ouvre qu'après l'apparition de l'appareil volcanique; elle est marquée à son début par une grande extension des glaciers qui vont sans cesse en rétrogradant pendant la durée de la période. On peut comparer à l'exhaussement quaternaire du continent américain, celui qui a été constaté à une époque contemporaine dans la presqu'île scandinave et a émergé les grandes plaines de l'Allemagne du Nord, ces pampas européennes, et sans doute aussi les tufs de Naples et les couches de la Sicile. Il n'y a pas jusqu'aux trois périodes brusques de l'exhaussement, séparées par de longs temps d'arrêt, qui n'aient été indiquées avec précision dans les terrasses de la Scandinavie.

On sait d'ailleurs que dans notre hémisphère, le régime

des eaux courantes a suivi exactement la marche que nous avons pu constater au Chili. Au début de la période quaternaire, des pluies abondantes produisaient dans les régions alpines de vastes cônes de déjection, et permettaient à la Seine, si bien étudiée par M. Belgrand, de charrier un volume d'eau capable d'occuper toute sa largeur. Puis brusquement (et M. Belgrand a très-bien démontré la soudaineté du phénomène), les eaux cessent de tomber en aussi grande quantité, les grands torrents s'éteignent, et nos maigres cours d'eau viennent prendre, dans le thalweg des larges vallées, l'humble place qu'ils y occupent encore de nos jours.

Il faut conclure, il nous semble, de ces analogies si précises entre les phénomènes contemporains dans les deux hémisphères, que ces phénomènes ont été produits, non point par des causes secondaires et locales, mais par des causes générales, s'étendant à tout le globe terrestre.

Si les volcans ont apparu à la même époque sur toute la surface de la terre; si l'Amérique du Sud a été émergée à trois reprises différentes, comme la Scandinavie; si les glaciers ont crû ou décrû simultanément dans les Alpes comme dans les Andes; si le climat du Chili a suivi à la même époque les mêmes phases que le climat européen, c'est qu'une même cause se faisait sentir d'un pôle à l'autre, et produisait partout les mêmes effets. Nous sommes amenés ainsi à entrevoir cette grande loi de l'unité de développement de l'histoire physique du globe terrestre, à laquelle conduisent tous les faits géologiques, et qui n'occupe peut-être pas dans la science toute la place qui lui est due.

## § III. — TERRAIN TERTIAIRE.

Le terrain tertiaire du Chili est surtout intéressant par les couches de lignite exploitables qu'il renferme et qui sont d'un précieux secours dans un pays où le terrain houiller paraît faire à peu près complètement défaut. La portion de ce terrain qui avoisine Concepcion a déjà été l'objet de descriptions étendues publiées dans ces *Annales* par M. Dorneyko (\*) et M. Crosnier (\*\*). Nous avons pu étudier le bassin tertiaire de Lota (ou Coronel), près de Concepcion, et celui de Punta Arenas, dans le détroit de Magellan. Cette étude a été fort rapide, puisqu'elle n'a pu se faire, dans chacune de ces deux localités, que pendant une relâche d'une journée. Nous croyons cependant pouvoir en dire quelques mots ici, avec d'autant plus de raison qu'il n'a encore été publié, à notre connaissance, aucun renseignement sur le gisement de Punta Arenas.

Le terrain tertiaire paraît former une bande plus ou moins continue le long de la côte chilienne, depuis Concepcion jusqu'au détroit de Magellan, se reliant peut-être avec la formation tertiaire si développée dans la république Argentine.

Aux environs de Concepcion, cette formation est, comme on le sait, formée de couches arénacées et argileuses superposées, contenant intercalés des bancs de lignite dont la puissance ne dépasse guère 1<sup>m</sup>,50. Ces lignites sont actuellement exploités assez activement dans les environs de Lota et de Coronel, un peu au sud de Concepcion. Les vapeurs anglais, sur lesquels nous nous sommes embarqués à l'aller et au retour, et qui vont de Liverpool à Lima par le Magellan, relâchent à Coronel pour y renouveler leur provision de combustible.

(\*) 4<sup>e</sup> série, t. XIV, 1848, p. 165.

(\*\*) 4<sup>e</sup> série, t. XIX, p. 185.



Le terrain tertiaire occupe à Coronel une bande parallèle à la côte, limitée à l'est par les terrains primitifs. Il est recouvert par des formations arénacées, parmi lesquelles M. Pissis mentionne un conglomérat ponceux sur lequel repose, à son tour, la formation des sables marins du désert d'Atacama. Ce terrain à lignites est donc certainement antérieur aux couches quaternaires du nord. Nous n'y avons point rencontré de fossiles déterminables, et il est difficile d'avoir une idée précise sur son âge géologique. On peut cependant le comprendre entre des limites assez rapprochées, ainsi que nous le verrons tout à l'heure.

La formation de Coronel comprend des grès presque blancs, principalement quartzeux avec un ciment argileux peu abondant et quelques lamelles micacées peu nombreuses; ils sont peu cohérents et s'égrènent assez aisément. Ces grès passent à des roches arénacées argileuses à grains très-fins. On y trouve des rognons d'une argile très-onctueuse et très-fine qui paraît de formation chimique. Les couches de lignite sont en général accompagnées de couches d'argile schisteuses, d'un gris noirâtre, bitumineuses, renfermant de nombreux débris indéterminables de végétaux. Dans les grès on trouve, paraît-il, des empreintes de plantes dicotylédones que nous n'avons point rencontrées.

Toute la formation repose sur des roches primitives dont elle est séparée par un lit de conglomérat grossier.

Nous donnons ci-joint (Pl. II, *fig.* 1 et 2) une carte et une coupe du terrain tertiaire de Coronel qu'on a eu l'obligeance de nous communiquer à l'Université de Santiago. On remarquera, dans la coupe, que les couches ne sont pas horizontales, mais légèrement inclinées vers la mer, et de plus assez fortement disloquées par des failles très-nettes. Ce caractère suffirait à lui seul pour distinguer toute cette formation, du terrain quaternaire du nord avec lequel M. Domeyko paraît l'avoir confondue.

Voici, du reste, l'énumération et la puissance des couches rencontrées dans le foncement du puits A de la coupe.

mètres.	
15,60	Grès argileux.
2,70	Grès calcaire.
6,55	Grès argileux.
1,90	Grès calcaire.
1,70	Grès argileux.
0,85	Lignite pyriteux (couche n° 1).
8,20	Argile molle bitumineuse.
0,70	Lignite (couche n° 2).
0,75	Grès argileux.
0,90	Lignite (couche n° 3).
10,00	Grès argileux avec lits minces intercalés d'argile schisteuse.
7,80	Argile dure.
6,70	Alternances de grès blancs ou gris avec ciment argileux ou calcaire.
1,40	Grès argileux.
0,40	Argile schisteuse.
0,20	Lignite (couche n° 4).
2,30	Argile schisteuse.
4,00	Grès durs blancs ou grisâtres avec bois fossiles bien conservés.
1,00	Lignite de bonne qualité, exploitable (couche n° 5).
0,10	Argile bitumineuse avec nombreux débris de végétaux.
2,00	Argile durcie noirâtre et micacée.
2,10	Grès calcaires et argileux.
0,07	Lignite.
0,50	Argile bitumineuse.
1,15	Grès.
0,19	Lignite.
0,40	Argile.
1,50	Lignite (couche n° 6).
0,40	Argile bitumineuse.
1,20	Grès.
0,19	Lignite.
0,40	Argile.
1,50	Lignite.
0,40	Argile bitumineuse.
1,30	Argile dure de couleur grisâtre.
23,60	Grès à ciment généralement argileux.
0,40	Argile dure.
0,06	Lignite.
7,90	Couches argileuses dures avec bancs intercalés d'argile molle.
4,50	Grès argileux.
<hr/>	
125,72	Profondeur totale du puits.

Au-dessous viennent 70 mètres au moins d'un conglomérat quartzeux rougeâtre qui repose sur les micaschistes. Toute la formation tertiaire aurait donc, en ce point, une puissance de 200 mètres environ.

Dans la rapide visite que nous avons faite aux mines de Coronel, nous n'avons pu recueillir de plantes fossiles. Il serait à désirer que celles que signalent les Ingénieurs Chiliens fussent examinées avec soin, car elles nous donneraient de précieux renseignements sur la flore du continent américain pendant la période tertiaire, et peut-être pourrait-on arriver, par la comparaison avec les flores tertiaires d'Europe, à déterminer avec précision l'époque géologique de la formation.

L'aspect des roches rappelle complètement celui des couches du terrain éocène inférieur parisien. Les faits suivants donnent une assez grande vraisemblance à ce rapprochement. L'île de Quiriquina située dans la baie de Talcahuano à 45 kilomètres au nord de Coronel, est formée de couches schisteuses métamorphiques sur lesquelles reposent des lits d'argile verdâtre, de grès calcaires et micacés avec bancs de lignite et bois silicifié. Or, dans ces couches métamorphiques, on a rencontré des fossiles assez nombreux qui ont été retrouvés dans les couches métamorphiques du détroit de Magellan. Ces fossiles ont été déterminés par M. Alcide d'Orbigny, qui y a reconnu avec certitude la faune qu'il a désignée sous le nom de *sénonienne* (craie supérieure) (\*).

D'un autre côté, M. Pissis (\*\*) rapporte que, dans la partie inférieure du terrain à lignites de la province de Concepcion, on a trouvé une grande quantité de *baculites* disséminés

(\*) *Voyage de l'Astrolabe, géologie et minéralogie*, par M. Grange, t. II, p. 174, et d'Orbigny (Alcide), *Cours élémentaire de paléontologie*, t. II, p. 672.

(\*\*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1865, t. LX.

dans une couche de grès très-friable, où ils sont accompagnés de cardiums et autres bivalves, ainsi que de quelques empreintes végétales. « Ce grès, ajoute M. Pissis, forme la base du terrain à lignites et affleure sur plusieurs points de la baie d'Arauco, dans les environs de Concepcion et plus au sud, près du Rio-Levu. En tous ces points, sa stratification ne diffère en rien de celle des couches tertiaires qui le recouvrent, de telle manière qu'il faut nécessairement admettre que le tout a été soulevé en même temps. »

Si l'on admet que l'extinction des baculites s'est produite au Chili comme en Europe au commencement de la période éocène, on est conduit à rapporter à cet étage le terrain à lignites de Concepcion, qui serait ainsi l'équivalent américain de l'argile plastique parisienne. On sait d'ailleurs que les baculites se rencontrent dans le bassin de Paris, au milieu de couches du calcaire pisolitique, qui supportent les argiles à lignites et sont en discordance très-nette avec les assises de la craie blanche sous-jacente. Cette discordance de stratification, si anciennement observée aux environs de Paris, se retrouve donc, d'une manière bien plus accentuée, sur les rives du Pacifique, et correspond sans doute à l'une des phases les plus importantes du soulèvement de la chaîne des Andes, puisque la craie blanche est représentée, sur leur versant occidental, par des couches profondément métamorphisées et disloquées, tandis que les baculites se rencontrent dans des assises qui gardent encore leur facies primitif, et qui n'ont été qu'assez légèrement bouleversées.

Le terrain tertiaire se retrouve dans le détroit de Magellan, mais seulement sur le versant oriental de la grande Cordillère. Ce détroit est ouvert au milieu de formations très-différentes les unes des autres, et offre en raccourci une coupe complète de l'Amérique du Sud. A l'est, après avoir doublé le cap des Vierges qui marque l'entrée du détroit du côté de l'Atlantique, on rencontre des terrains sensiblement

horizontaux qui sont le prolongement de la grande plaine de la république Argentine. Les îles de l'archipel, au milieu duquel les navires doivent s'engager, sont également formées de couches arénacées à peine inclinées, et la navigation y est rendue difficile par la présence de nombreux bancs de sable. Cette formation arénacée, peu ou point bouleversée, cesse vers le milieu du détroit, entre Punta Arenas, la nouvelle station chilienne, et Port Famine où cette station avait été d'abord établie. A partir de ce point, et particulièrement à l'ouest du cap Forward, le détroit devient un canal souvent fort resserré, bordé de chaque côté par des montagnes escarpées et pittoresques, dans les plis desquelles on voit de beaux glaciers descendre presque jusqu'au niveau de la mer. Ces montagnes sont le prolongement de la chaîne des Andes et accompagnent le navigateur jusqu'au cap Pilares et aux roches des Quatre Évangélistes, qui signalent l'extrémité du détroit du côté du Pacifique. Dans cette dernière partie, la navigation est rendue dangereuse par des écueils sous-marins, contre lesquels autrefois plus d'un navire est venu se briser.

Punta Arenas est une station pénitentiaire établie par le gouvernement chilien et où les vapeurs font relâche; c'est le seul point habité par la race blanche dans le détroit de Magellan. La petite ville naissante, qui compte déjà de nombreuses familles de colons libres, est bâtie près de l'embouchure d'une petite rivière et sur un terrain de transport probablement formé par cette rivière elle-même. On voit à la surface et jusqu'à une assez grande hauteur, des blocs évidemment venus de la montagne et formés, pour la majeure partie, de roches amphiboliques et diallagiques. En remontant le cours de la rivière, on entre, à 1 kilomètre environ de Punta Arenas, au milieu d'une vaste forêt dont la principale essence est le beau hêtre à feuilles persistantes (*fagus antarctica*) et sur les bords de laquelle nous avons déjà signalé la présence d'un charmant

arbrisseau couvert de grappes de fleurs jaunes (*berberis ilicifolia*).

A 6 ou 7 kilomètres environ de la station on rencontre, sur la rive gauche de la rivière, une exploitation récente de lignite, où nous avons relevé la coupe suivante.

mètres.

- 8,00 Sable argileux bariolé.
- 0,50 Argiles un peu schisteuses et sableuses.
- 0,40 Lignite.
- 2,00 Grès micacé verdâtre et glauconieux.
- 0,50 Grès compacte avec empreintes de plantes.
- 8,00 Grès sableux tendre, schisteux en grand; la schistosité qui n'est point d'accord avec la stratification est dirigée N. 45° E. et plonge de 60° vers le S.
- 0,40 Grès compacte qui se décompose sphéroïdalement.
- 6,00 Grès sableux schisteux en grand.
- 0,30 Grès compacte.
- 6,00 Sable bariolé glauconieux.
- 0,20 Grès compacte.
- 8,00 Sable glauconieux.
- 0,50 Argile sableuse schisteuse.
- 0,60 Lignite.
- 0,75 Grès sableux et schisteux.
- 2,10 Lignite exploité.
- Grès verdâtres et glauconieux.

Ces grès glauconieux de la partie inférieure de la coupe sont tufacés, tendres, et s'égrènent très-aisément sous les doigts. Ils sont principalement formés de grains quartzeux mélangés de grains noirs de fer oxydulé, de lamelles micacées, enfin de grains verdâtres lamelleux qui sont sans doute du pyroxène ou de l'amphibole. La présence de roches amphiboliques dans les montagnes qui dominent Punta Arenas, présence rendue certaine par la nature des blocs erratiques que nous avons mentionnés, explique suffisamment la composition minéralogique de ces grès. On y trouve de nombreux fossiles parmi lesquels nous citerons une huître de grande taille qui nous a paru être l'*O. patagonica* (\*) de

(\*) M. Grange (*Voyage de l'Astrolabe*) signale l'*O. patagonica* dans les couches horizontales de Havre-Peckel, situé un peu à l'est de Punta-Arenas.

d'Orbigny, un peçoncle et un certain nombre d'autres coquilles bivalves, dont le test est devenu très-friable et qu'il n'est guère possible de déterminer spécifiquement.

Toutes ces couches sont presque horizontales et présentent vers la mer un très-léger plongement dont la pente paraît inférieure à 0,002. Elles se continuent, sans dénivellation notable, de l'autre côté de la vallée; on les y voit surmontées d'un ensemble de bancs ayant 50 à 60 mètres de puissance et composés presque exclusivement de sables meubles jaunâtres ou légèrement bariolés.

Cette formation tertiaire de Punta Arenas paraît bien identique avec celle que d'Orbigny a désignée sous le nom de *Terrain patagonien* et qui est caractérisée par l'*O. patagonica*. La présence du lignite pourrait faire regarder, au premier abord, cette formation comme contemporaine de celle de Lota et de Concepcion. Il est probable pourtant qu'elle est d'une époque plus récente, car le *Terrain patagonien* ne constitue pas, sur le versant oriental des Andes, la base du terrain tertiaire, tandis que nous avons été conduits à admettre que c'était précisément là l'horizon géologique qu'il fallait assigner aux couches de la baie de Concepcion.

La différence d'âge que nous signalons ici est d'ailleurs accusée par la régularité et l'horizontalité des assises de Punta Arenas, qui contrastent avec l'inclinaison et la fissuration notables de celles des environs de Lota. Toutefois, la seule conclusion qui se dégage directement de l'étude des lieux, c'est que le terrain lignitifère est d'un âge plus récent que celui de la craie blanche, puisque les fossiles caractéristiques de cet étage se rencontrent à Port Famine, situé à quelques kilomètres à l'ouest de Punta Arenas, dans des roches profondément métamorphosées et fortement redressées.

L'exploitation de gisement de lignite de Punta Arenas était à peine ébauchée lors de notre visite; pourtant un

chemin de fer à petite section, analogue à nos chemins de mine, et présentant un développement de 6 kilomètres environ, reliait, dès cette époque, à la mer les travaux commencés, et aboutissait à une jetée permettant le chargement direct du combustible sur les bateaux. Les renseignements qui nous ont été communiqués depuis notre retour nous font penser que cette exploitation a pris aujourd'hui un grand développement, et l'on peut sans crainte lui prédire un avenir considérable, si les assises de lignite présentent réellement la régularité et la continuité qu'une inspection rapide de lieux nous a permis de leur supposer.

Nous n'avons pu songer à étudier, pendant le séjour de quelques heures que nous avons fait à deux reprises à Punta Arenas, la formation quaternaire du détroit de Magellan. On trouvera de curieux détails sur ce sujet dans la relation du voyage de l'*Astrolabe* par M. Grange. Nous dirons seulement que la vallée, sur les bords de laquelle sont ouverts les travaux d'exploitation de lignite, renferme quelques sables aurifères. Des lavages d'or assez nombreux, mais encore peu développés, y étaient en activité au moment de notre visite. L'or y semblait surtout concentré dans des sables alluvionnels anciens remplissant de petites anses, à une hauteur d'une dizaine de mètres environ au-dessus du niveau de la vallée actuelle.

Les éléments de richesse minérale que nous venons de signaler ont une valeur d'autant plus grande que le détroit de Magellan tend à devenir une des grandes voies de communication interocéaniques. Pendant longtemps, la faible largeur de ce détroit, fréquemment inférieure à 4 kilomètres, les récifs dont est semée son extrémité occidentale, les bancs de sable et les bas-fonds non moins redoutables que recèle l'autre moitié de sa longueur, en ont fait regarder la navigation comme dangereuse, sinon impossible, et en ont éloigné, non-seulement les vaisseaux à voile, mais encore les navires à vapeur. Les uns et les

autres étaient obligés de doubler le cap Horn et d'affronter les tempêtes qui sont en quelque sorte le phénomène météorologique normal de ces redoutables parages. Les voyages étaient ainsi tout au moins allongés, et le retard qui en résultait s'élevait à cinq ou six jours pour les vapeurs et pouvait atteindre plusieurs semaines pour les voiliers. La voie de Panama était donc devenue, malgré le double transbordement qu'elle entraîne, la route choisie pour les communications rapides entre l'Europe et les côtes méridionales du Pacifique.

Depuis quelques années, grâce aux travaux hydrographiques des marines française et anglaise, la configuration des côtes et celle du fond même du détroit ont été relevées avec soin; les récifs et les bas-fonds sont indiqués aujourd'hui sur des cartes dont l'exactitude ne laisse rien à désirer, et les vapeurs munis de ces précieux renseignements n'hésitent plus à s'engager dans cet étroit canal où la prudence peut conjurer tous les périls.

Dès 1868, une compagnie anglaise (*Pacific Steam navigation Company*) établit, entre Liverpool et Valparaiso, un service mensuel de paquebots touchant à Bordeaux, Lisbonne, Rio de Janeiro, Montevideo et Punta Arenas. Le prix du fret était fixé à 75 francs par tonne pour les substances minérales telles que les métaux, le salpêtre, les minerais de cuivre et d'argent, etc. La durée totale de la traversée était de trente-deux jours de Bordeaux à Valparaiso, et de trente-cinq jours en sens inverse, c'est-à-dire plus courte de près de huit jours que celle du voyage de Saint-Nazaire à Valparaiso par la voie de Panama. Les avantages offerts par la nouvelle ligne de paquebots furent rapidement appréciés.

Dès le début, elle absorbait en totalité et sans concurrence possible tous les transports qui se faisaient entre le Chili et l'Europe par la voie de Panama, et elle rendait difficile, pour les marchandises que nous avons citées, la

concurrence de voiliers. Moins de deux ans après la création du service, la compagnie trouvait avantage à substituer, à Valparaiso, le Callao (Lima) comme station extrême, et trouvait ainsi le moyen, en étendant jusqu'au Pérou le bas prix du fret, d'enlever à la voie de Panama une portion considérable des transports du Pérou et de la Bolivie. En 1870, l'abondance de trafic était si grande que non-seulement le service était devenu bimensuel, mais qu'on était forcé d'intercaler fréquemment des départs supplémentaires. Enfin les exigences croissantes du commerce ont paru telles, qu'en 1872 une autre compagnie anglaise (*Wite Star Line*) a cru qu'il y avait place pour une concurrence, et a rendu régulièrement hebdomadaires les communications entre l'Europe et les côtes occidentales de l'Amérique du Sud.

Le jour où l'établissement, depuis longtemps souhaité, d'un service de remorqueurs permettra aux voiliers de s'engager à leur tour dans le détroit, dont la faible largeur leur défend jusqu'à présent l'accès, la route du cap Horn sera définitivement abandonnée par la navigation, et le détroit de Magellan sera devenu l'une des routes commerciales les plus considérables du monde. Les gisements de lignite de la côte patagonienne auront acquis alors une importance de premier ordre, et la colonisation de cette région du globe prendra un rapide essor.

Peu de contrées présentent, en effet, aux colons plus d'avantages réunis. Le climat est, il est vrai, humide, mais la température est très-uniforme, et notre race s'y acclimata aisément. La végétation forestière est superbe, et les montagnes recèlent vraisemblablement plus d'un de ces gisements minéraux qui se montrent, presque sans interruption, dans la chaîne des Andes, depuis la Californie jusqu'au Chili. La population indigène est pacifique; on n'a guère à redouter que les incursions des sauvages habitants de la Terre de Feu, dont on est séparé par le détroit, et qui

sont si peu nombreux qu'une colonie quelque peu sérieuse n'aurait point à s'en préoccuper. Enfin des paquebots à grande vitesse viennent, tous les huit jours, apporter des nouvelles des deux mondes, et offrent au commerce d'inappréciables auxiliaires.

On peut donc sans crainte prédire un brillant avenir à ce coin du globe, qui était, il y a quelques années encore, à peine exploré, et qui maintenant est bien plus près de nous que ne l'étaient les États-Unis avant la navigation à vapeur.

---



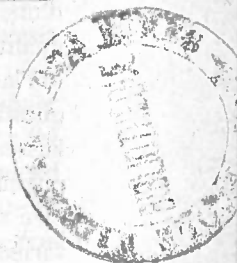
---

## FABRICATION

DES FONTES BESSEMER ET LEUR CONVERSION EN ACIER.

Par M. JANOYER, ingénieur-directeur de forges.

---



Nulle découverte n'aura, à juste titre, fait autant de bruit dans le monde métallurgique que la transformation de la fonte en acier par le procédé Bessemer. Nous ne trouvons rien en sidérurgie qui puisse avoir sur les arts et l'industrie une influence aussi considérable et comparable à cette transformation merveilleuse d'un produit de faible valeur en un produit riche, qui, par ses qualités remarquables, est appelé à remplacer le fer dans un avenir assez rapproché.

C'est une des plus belles découvertes des temps modernes. C'est le point de départ d'une métallurgie toute nouvelle. Tout est nouveau depuis la fonte jusqu'à la confection des objets marchands en acier Bessemer.

Cette invention, comme on le sait, n'est point le résultat d'appréciations scientifiques, elle est l'œuvre patiente et persévérante d'un homme dont l'intuition fut supérieure aux spéculations de la science.

Présentée à l'attention du monde savant, elle ne reçut pas un accueil bien favorable, elle ébranlait les théories admises.

Aujourd'hui, sanctionnée par la pratique, elle a pris place dans la fabrication courante, et s'il existe encore dans certains esprits indécision sur la valeur de l'invention, elle disparaîtra à mesure qu'il sera possible de se rendre un compte fidèle des phénomènes très-complexes que présente l'opération.

*Objet du mémoire.* — La théorie du procédé Bessemer

manque; il manque le moyen sûr d'obtenir, à peu près d'une manière constante, de l'acier Bessemer de bonne qualité.

Placé dans d'excellentes conditions pour étudier cette question et persuadé qu'en donnant une théorie du procédé Bessemer, je rendrais un service marqué à l'industrie, j'ai rassemblé mes observations faites pendant quinze mois au pied du convertisseur, sur des fontes de compositions très-variées. Aidé de l'analyse chimique des produits et des fontes, j'ai cherché à élucider les points obscurs et j'ai formé de tous ces travaux un ensemble qui, je crois, permettra aux ingénieurs et aux praticiens de suivre une voie sûre dans la fabrication des fontes et leur conversion en acier Bessemer.

Loin de moi l'idée d'avoir épuisé le sujet, d'avoir tout dit sur la matière; je fais encore des vœux d'être suivi dans cette étude par des successeurs qui, riches de nouvelles observations, pourront, tout en corrigeant mes erreurs, compléter ce point nouveau de la sidérurgie.

Quinze mois d'essais de toute nature n'ont conduit parfois à des déceptions, parfois à des succès très-marqués. Au milieu de mes recherches, souvent très-laborieuses, surgissaient sur les résultats des critiques sévères; mais connaissant leur source et leur valeur, j'allais toujours mon chemin, persuadé que le métallurgiste intelligent me tiendrait compte au moins de mes efforts.

#### Partie mécanique.

Je ne dirai que quelques mots de la partie mécanique et des engins mis en jeu dans l'opération Bessemer, ce mémoire s'adressant surtout aux personnes qui s'occupent de la fabrication des fontes et de la marche des opérations, c'est-à-dire de la partie chimique du procédé.

Le vase dans lequel se fait l'opération Bessemer est une

cornue en tôle de 15 millimètres environ d'épaisseur, garnie à l'intérieur de sable un peu argileux et très-réfractaire (*fig. 1*, Pl. III). Le sable de Voreppe (Isère) réussit très-bien. La forme de cette cornue rappelle assez celles des cornues dont on se sert dans les laboratoires de chimie. Elle est munie au centre extérieurement d'un cercle en fer ou en acier KK', qui porte deux tourillons (axe transversal de la cornue) reposant sur deux paliers en fonte. L'un des tourillons est *plein* et porte un engrenage mû par une crémaillère fixée à l'extrémité d'une tige de cylindre à vapeur ou hydraulique.

En admettant une pression hydraulique ou de vapeur sur le piston PP' (*fig. 2*, Pl. III), on imprime à la cornue un mouvement circulaire autour des axes AA' qui permet d'abaisser ou de relever l'appareil.

Par l'autre tourillon, qui est *creux*, arrive le vent destiné à l'oxydation des matières unies au fer.

La cornue est renflée de manière à présenter une panse ou bien, ce qui revient au même, le corps est cylindrique, mais l'axe vertical de la cornue et l'axe de l'appendice formant la gueule du convertisseur se rencontrent sous un angle assez grand, de manière à former réservoir où la fonte et l'acier se réunissent sans obstruer les tuyères lorsque le convertisseur est horizontal.

A la partie inférieure du convertisseur se trouve fixé, au moyen de boulons, un grand cercle OO' en fonte à deux brides. L'une de ces brides sert à le fixer à la tôle de la cornue et l'autre est destinée à recevoir le fond (plaque de fonte ou de tôle) obturateur de tout le système. Ce cercle OO' a en général 0<sup>m</sup>,25 de hauteur totale, 1<sup>m</sup>,50 de diamètre et 50 à 55 millimètres d'épaisseur. A l'intérieur, ainsi que l'indique le plan, se trouve un disque CC' fixé au moyen de vis de pression ou de coins.

Ce disque est généralement percé de 7 ou 9 trous, dans lesquels s'engagent des tuyères en terre réfractaire qui sont

elles-mêmes percées de 7 ou 9 trous destinés à admettre le vent, qui doit brûler le carbone et les métaux étrangers de la fonte. Un fond plat DD' de 30 à 40 millimètres (ainsi que je l'ai indiqué plus haut) ferme d'une manière complète la base du convertisseur, c'est-à-dire de tout ce système.

Des regards E sont ménagés dans ce fond et obturés, pendant la marche des opérations, au moyen de tampons en fonte et de verrous FF'. Ces regards servent à vérifier l'état des tuyères après chaque opération. Le joint gg' n'est défait que pour le remplacement des tuyères.

Le vent arrive en vv' entre le fond et le *disque porte-tuyères*, au moyen d'un conduit HH' qui fait corps avec le convertisseur.

Le tourillon creux A dont j'ai parlé plus haut, communiqué avec ce conduit et permet, par une disposition identique à celle des machines à vapeur oscillantes, l'introduction du vent.

#### Confection du fond en briques ou en pisé réfractaire.

Avant d'introduire la fonte dans l'appareil, on établit sur le *porte-tuyères* un fond MM', soit en briques réfractaires, soit en pisé réfractaire; ordinairement il est en pisé.

Ce fond doit être fait avec un soin tout particulier, car c'est le point le plus fatigué durant la marche de l'opération; non-seulement il a à résister à la haute température, mais encore à l'érosion que produit l'agitation continuelle de la fonte. Sans prétendre que ce soit la seule terre à employer, je désignerai ici la terre réfractaire de MM. Rosset père et fils, de Voiron (Isère), comme donnant d'excellents résultats. Des fonds en pisé, obtenus avec cette terre, résistent très-bien à 20 et 25 opérations, dans lesquelles on traite 4.000 à 4.500 kilogrammes de fonte.

Voici la composition exacte de cette terre :

Au moment de l'emploi :		Séchée à 100° :	
	p. 100.		
Eau . . . . .	6,66	Perte au feu . . . . .	0,50
Sable quartzeux . . . . .	53,00	Silice . . . . .	85,10
Argile . . . . .	40,54	Alumine . . . . .	11,30
	100,00	Peroxyde de fer . . . . .	1,95
		Manganèse . . . . .	traces
		Chaux . . . . .	»
		Magnésie . . . . .	0,80
			99,45

Connaissant exactement cette composition, on pourra toujours préparer de toutes pièces de la terre réfractaire se rapprochant de celle dont je viens de donner l'analyse. Elle doit son excellente qualité à la grande quantité de quartz qu'elle contient; elle est essentiellement siliceuse.

Pour employer cette terre avec succès, il faut au préalable la piler et l'humecter un peu. 6 à 7 p. 100 d'eau, ainsi que l'indique l'analyse, est une proportion très-convenable. Trop mouillée, elle se damerait mal et l'on ne la sécherait que difficilement; un trop grand retrait serait à craindre. Si elle était trop sèche, elle s'égrènerait sous l'agitation de la fonte.

Avant de procéder à la confection du fond, l'ouvrier introduit dans les trous du disque *portes-tuyères* des tuyères TT' en terre réfractaire qui ont ordinairement 0<sup>m</sup>,50 de longueur. Il serre ensuite la terre réfractaire autour de ces tuyères. Lorsqu'il en a damé environ 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur, il en serre une deuxième assise de même épaisseur et ainsi de suite, jusqu'à l'établissement complet du fond. Il faut avoir soin de *piocher* un peu chaque assise avant de damer la terre de la couche supérieure, pour qu'il n'y ait pas de séparation dans les nœuds.

Le fond doit présenter un tout très-compacte.

Le serrage de la terre se fait au moyen de dames plates et de dames en forme de coins un peu obtus, jusqu'à ce que le fond présente presque la dureté de la pierre.



**Séchage et cuisson.**

Le fond achevé, on procède au séchage qui demande aussi de grands soins. *Du séchage et de la cuisson dépend la durée.* On met le convertisseur vertical et l'on établit un feu avec du coke que l'on entretient pendant douze heures environ ; l'air qui arrive par les trous des tuyères suffit pour alimenter ce foyer. Si on laissait le convertisseur constamment dans cette position, évidemment on se trouverait dans de mauvaises conditions de cuisson ; le tirage se faisant de bas en haut, la flamme et les gaz chauds ne feraient qu'échauffer la partie supérieure de la cornue ; d'ailleurs les cendres du combustible ne tarderaient pas à faire une couche épaisse sur le fond, qui ne recevrait que peu ou point de calorique. Au bout de douze heures de feu dans la position verticale, le convertisseur est nettoyé, c'est-à-dire débarrassé des cendres, et l'on refait un deuxième feu de coke et de houille en *maintenant cette fois le convertisseur aussi incliné que possible*, pour que la flamme et les gaz chauds s'élèvent contre le fond en sortant par les tuyères. On doit même, pour faciliter cette ascension et la marche du courant chaud, sortir une ou deux tuyères que l'on remettra en place après cuisson complète.

Après dix ou douze heures de feu dans cette position, le convertisseur est nettoyé et il peut recevoir la fonte.

Comme finalement cette confection du fond des convertisseurs est une opération longue et délicate, dans certaines usines, le Creuzot, par exemple, où toutes les questions sont étudiées avec ce soin et ce calme remarquables qui assurent la réussite, on a établi des convertisseurs avec des *fonds mobiles*. Lorsque le fond est usé, on n'a qu'à sortir trois ou quatre gros boulons ou clavettes pour le retirer et le remplacer par un autre préparé à l'avance. Ce changement n'exige que très-peu de temps. Il n'est pas nécessaire

de s'appesantir sur les avantages que présente cette disposition ; ils sont considérables au point de vue de la marche des convertisseurs et de la grande production de l'acier.

**Tuyères.**

Les tuyères, que l'on emploie généralement, sont en terre très-réfractaire. Elles doivent être fabriquées avec des matières bien pulvérisées et être fortement comprimées, de manière à présenter le plus de compacité possible, et par suite, tout en résistant à la haute température, ne pas craindre l'érosion que produit l'agitation de la fonte.

Les tuyères, ainsi que je l'ai dit plus haut, portent 7 ou 9 trous chacune (\*); *ces trous ont 9 millimètres de diamètre.* La durée dépend bien de la nature des matériaux employés, mais elle dépend bien aussi de la nature des fontes et surtout de la pression du vent dont on dispose.

Certaines fontes sont légères au vent, produisent une allure très-vive, ne pèsent pas sur le fond. D'autres au contraire, *avec la même pression de vent*, sont lourdes, fouettent violemment le fond et produisent l'effet d'une masse très-lourde qui tomberait sur les tuyères, la flamme sort avec peine du convertisseur.

Ces dernières fontes usent rapidement les tuyères et les usent d'autant plus que la pression de vent dont on dispose est faible. Comme en général ce caractère de fonte lourde est un indice de bonne qualité de l'acier, il y a lieu d'établir de puissantes souffleries.

---

(\*) Si le convertisseur est très-grand de manière à traiter un poids considérable en fonte, on augmente le nombre des tuyères, mais généralement le nombre de trous de chaque tuyère ne varie pas. C'est toujours sept ou neuf.

**Soufflerie.**

Pour déterminer et établir les dimensions d'une soufflerie Bessemer, il faut répondre aux questions suivantes :

1° A quelle pression doit-on lancer le vent et quelle quantité doit-on lancer par minute ?

2° Quelle puissance faut-il pour faire ce travail ?

La pression du vent doit évidemment être capable d'équilibrer le poids de la fonte qui pèse sur la tuyère, et de plus de tenir constamment la masse soulevée et en agitation.

L'expérience m'a démontré que pour des hauteurs de fonte sur le fond variant de 40 à 55 centimètres, il faut au vent une *pression double* en centimètres de mercure, c'est-à-dire que pour 0<sup>m</sup>,55 de hauteur de fonte il faut au moins au vent une pression de 1<sup>m</sup>,10 de mercure, soit à très-peu près *une atmosphère et demie*. Pour une bonne marche, le vent ne devrait jamais avoir une pression inférieure.

On obtient ainsi de très-bonnes conditions d'allure, autant au point de vue du travail de la fonte qu'au point de vue de la conservation des appareils.

Quelle quantité de vent doit-on lancer par minute sous cette pression ?

Pour la déterminer, comme c'est une combustion que nous devons opérer, il y a lieu de fixer la durée des opérations et le poids de la fonte à traiter.

L'expérience m'a encore démontré que la durée des opérations pour des poids quelconques de fonte varie de 50 à 40 minutes, soit *35 minutes en moyenne*. Dans ces limites la combustion du carbone n'est pas trop rapide et les métaux étrangers ont le temps de disparaître avant la décarburation complète, *condition essentielle de réussite*. D'un autre côté, la combustion marche encore assez vite pour donner au bain de métal une température suffisante pour la tenir parfaitement liquide.

Ceci posé, supposons que nous ayons à traiter dans le convertisseur (*fig. 1, Pl. III*) 4.200 kilogrammes de fonte. Le bain de fonte présentant une hauteur d'environ 50 à 55 centimètres, la pression (d'après ce que j'ai dit plus haut) sera de 1  $\frac{1}{2}$  atmosphère, soit en colonne de mercure 1<sup>m</sup>,14.

La question se trouve réduite à chercher quelle sera la quantité de vent à lancer *sous cette pression* pour brûler en 35 minutes le carbone, le silicium et le manganèse (\*) contenus dans 4.200 kilogrammes de fonte.

Les fontes grises à traiter pouvant être considérées comme contenant environ :

4 p. 100	Carbone,
2	— Silicium,
3	— Manganèse,

Cela revient à dire, pour le cas particulier que je me suis donné, que nous aurons à brûler en 35 minutes :

168	kilogrammes	Carbone,
86	—	Silicium,
126	—	Manganèse,

qui exigeront (\*\*):

168	kilogrammes	Carbone.	environ	1.478	mètres	cubes	d'air,
84	—	Silicium	—	505	—	—	—
116	—	Manganèse	—	121	—	—	—
Total . . . . .				1.902	(***)	·	

ramenés à zéro et à 0<sup>m</sup>,76 de pression.

(\*) Je néglige les autres métalloïdes et métaux qui se trouvent en quantité si faible dans les fontes qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

(\*\*) Sachant que 1 kilogramme oxygène correspond à 5<sup>m</sup>,320 air à zéro.

(\*\*\*) J'ai arrondi tous les chiffres, négligeant les décimales, attendu que les quantités de corps à brûler varient dans la fonte, et que nous ne pouvons prétendre qu'à une approximation.

Ce chiffre représente la quantité de vent qui doit traverser le bain de fonte pour l'affiner en 35 minutes, soit 54 mètres cubes par minute ou  $0^m,900$  par seconde.

Il convient d'ajouter à ce chiffre *au moins* 25 p. 100 pour les pertes. La machine devra donc être construite de manière à fournir un volume de  $1^m,123$  par seconde pour convertir 4.200 kilogrammes de fonte en acier. *Soit par tonne de fonte et par minute* 16 mètres cubes de vent.

On peut encore arriver à déterminer par le calcul seul cette quantité.

Le convertisseur, dans lequel on opère, est (je suppose) garni de 7 tuyères à 7 trous chacune de 9 millimètres de diamètre pour chaque trou.

Le vent débité dans une 1" par une buse sous une pression déterminée est donné par la formule :

$$Q = 289 d^2 \sqrt{\frac{\mu}{P + \mu} (1 + 0,004 \times t)}$$

$d$  étant le diamètre de la buse. . . . . =  $0^m,009$   
 $P$  — la pression atmosphérique. . . . . =  $0^m,75$   
 $\mu$  — la pression du vent. . . . . =  $1^m,14$   
 $t$  — la température de l'air. . . . . =  $12^\circ$

Substituant dans la formule les valeurs de  $d$ ,  $P$ ,  $\mu$  et  $t$ , nous avons :

$$Q = 289 \times 0,009^2 \sqrt{\frac{1,14}{0,75 + 1,14} (1 + 0,004 \times 12)},$$

d'où

$$Q = 0,018727.$$

Telle est la quantité de vent débité par un trou de tuyère. Puisque le fond compte 49 trous, la totalité du vent débité par seconde et par les 7 tuyères sera  $0^m,018727 \times 49$ , soit  $0^m,917$ , quantité sensiblement égale à celle que nous avons obtenue en nous basant sur d'autres considérations.

En ajoutant encore à ce résultat 25 p. 100 pour les pertes de vent, nous arrivons au chiffre  $1^m,145$  par seconde,

pour 4.200 kilogrammes de fonte, soit encore 16 mètres cubes environ par minute et par tonne.

Cette quantité de vent nécessaire à la conversion d'une tonne de fonte étant déterminée, il sera facile d'établir les dimensions du cylindre soufflant.

J'entrerai plus loin dans quelques détails sur sa construction.

Reste maintenant à déterminer la puissance nécessaire pour lancer  $1^m,145$  de vent *par seconde* sous la pression d'une atmosphère et demie, soit  $1^m,14$  de mercure.

Le travail réel du vent peut être représenté en kilogrammètres par le produit suivant (\*):

$$13.599 \times 1^m,14 \times 1^m,145.$$

En divisant cette quantité par 75 on aura la force théorique en chevaux et comme le rapport du travail réel du vent au travail moteur des machines à vapeur n'est que de 0,50, il s'ensuit que pour le cas particulier qui m'occupe, la force en chevaux nécessaire sur la machine pour produire le travail sera :

$$\frac{13.599 \times 1,14 \times 1,145}{75 \times 0,50} = 474 \text{ chevaux.}$$

Telle est la puissance pour convertir 4.200 kilogrammes de fonte en acier Bessemer, soit 113 chevaux par tonne de fonte.

J'ai eu occasion de vérifier ce résultat dans une usine où l'on opérait sur 8 tonnes de fonte environ. On comptait environ 900 à 1.000 chevaux sur le convertisseur, chiffre se rapprochant très-sensiblement du résultat que me donne le calcul.

En terminant l'étude des conditions que doivent remplir

(\*) 13.599 est le poids du mètre cube de mercure.

$1^m,14$  représente la pression du vent en colonne de mercure.

les souffleries Bessemer, j'entrerai dans quelques détails sur les données pratiques de leur construction.

Il faut éviter les grandes vitesses; 20 à 30 tours par minute sont des vitesses que l'on ne devrait jamais dépasser. Au delà le rendement des machines diminue bien vite, l'usure des organes est très-rapide. Le cylindre à vent s'échauffe au point de brûler les garnitures, les clapets en caoutchouc, etc.

Comme dans toutes espèces de machines soufflantes, il faut rechercher les grandes courses.

Une pièce qui exige surtout de grands soins de construction dans la machine Bessemer, c'est le piston soufflant.

Généralement il est composé de deux plateaux en fonte entre lesquels se trouvent des segments en bois dur (de l'acajou, par exemple), qui sont poussés à la circonférence par des ressorts plus ou moins bien entendus.

J'ai imaginé et appliqué avec beaucoup de succès (fig. 3, Pl. III) un ressort en spirale SS' fabriqué avec un feuillet d'acier ayant 6 à 7 millimètres d'épaisseur et en largeur la distance des deux plateaux entre lesquels se trouvent les segments de bois. Cette spirale tend constamment à chasser les segments NN' à la circonférence jusqu'à leur usure complète.

Ce piston ainsi construit, la machine a donné un rendement plus considérable, le vent ne pouvant plus passer d'un côté du piston à l'autre. Les segments se sont usés très-uniformément, les cylindres n'ont plus chauffé autant qu'avec d'autres ressorts plus imparfaits, et par suite les garnitures, presse-étoupes, clapets, ont présenté des durées plus considérables.

#### Pompes foulantes.

La mise en mouvement de tous les appareils Bessemer (convertisseurs, grues, etc...) se fait au moyen de l'eau soumise à une pression considérable, 30 atmosphères environ.

Cette eau est fournie par des corps de pompe à pistons pleins. Pour le cas de convertisseurs de 4 à 4.500 kilogrammes de fonte, 4 corps de pompe de 0<sup>m</sup>,12 de diamètre et 0<sup>m</sup>,12 de course sont suffisants. Le cylindre à vapeur pour les mettre en mouvement a généralement 0<sup>m</sup>,50 de diamètre intérieur et 0<sup>m</sup>,50 de course; la pression de la vapeur doit être de 3 à 4 atmosphères, 3 1/2 en moyenne.

Tout le système peut être horizontal ou vertical au gré du constructeur.

Pour que les pompes marchent bien régulièrement, il est nécessaire d'envoyer l'eau dans un accumulateur qui en régularise le débit. Cet accumulateur consiste essentiellement en un corps de pompe de grande dimension dans lequel se meut un piston plein que l'on charge d'un poids faisant équilibre à la pression que l'on veut obtenir pour manœuvrer les grues et les convertisseurs. Au moment où tous les appareils Bessemer sont au repos, les pompes continuant à fonctionner, l'accumulateur monte; si l'on vient à ouvrir les robinets pour les mettre en marche, l'accumulateur descend en fournissant l'eau qui excède la production des pompes. Ces dernières ayant ainsi toujours la même pression à vaincre et le même débit d'eau, fonctionnent très-régulièrement.

La partie mécanique du procédé Bessemer se rencontre à peu près toujours la même, telle que je viens d'en esquisser rapidement quelques détails les plus importants; je vais passer maintenant à la partie chimique, fabrication des fontes et leur conversion en acier.

#### Fabrication des fontes Bessemer.

Bien que l'acier Bessemer soit aujourd'hui du domaine de la métallurgie, on le connaît plus par les produits que par les procédés de fabrication. Chaque usine qui se livre

à la conversion de la fonte en acier Bessemer a tenu et tient encore cachés tous les procédés mis en œuvre.

Tout au plus sait-on que telle usine produit, pour y arriver, des fontes très-grises, que telle autre produit des fontes moins carburées, que tel fourneau marche avec des laitiers très-basiques et tel autre avec des laitiers plus acides, etc... Mais rien n'a été dit de positif, rien qui puisse guider le métallurgiste qui désirerait en cette matière suivre une route certaine.

Karsten, dans son *Traité de métallurgie*, t. III, sur l'acier, et M. Gruner, inspecteur général des mines; mon excellent maître, dans un beau travail *Sur l'acier et sa fabrication*, ont bien posé des jalons et établi des données essentielles sur la fabrication des fontes; mais je ne les crois pas assez complètes pour le métallurgiste qui au pied du haut-fourneau veut fabriquer de bonnes fontes Bessemer.

Karsten a dit (il y a un demi-siècle) :

« Si la qualité de la fonte s'étend à celle du fer forgé, « elle exerce encore une grande influence sur les propriétés de l'acier. Tous les vices que le fer en barres reçoit « de la fonte se manifestent à un plus haut degré dans « l'acier. On ne doit donc convertir en acier que la fonte « jouissant d'une grande pureté et ne contenant presque « d'autres substances étrangères que le carbone. »

Le dire du savant métallurgiste est encore très-exact pour la fonte Bessemer.

Mais la condition de pureté, qui est une condition *sine qua non*, ne suffit pas. Il y a bien d'autres conditions que doivent remplir les fontes Bessemer.

Ces fontes doivent être siliceuses. Quelle quantité de silicium doivent-elles contenir? Si elles doivent être manganésées, quelle quantité de manganèse doivent-elles contenir? Quel rapport doit-il y avoir entre le silicium et le manganèse?

Ces fontes doivent-elles être très-grises?

Ce sont autant de questions que je me propose de développer ici, en indiquant finalement la composition des fontes, les dosages pour les obtenir et l'allure des hauts-fourneaux.

#### Ce qu'on entend par pureté des fontes.

Les fontes Bessemer ne doivent pas contenir de soufre, d'arsenic et de phosphore..., en un mot de substances étrangères qui résistent à une action oxydante énergique. On sait très-bien que le protosulfure de fer n'est pas décomposé, ou du moins très-imparfaitement, et que le phosphore ne disparaît en partie que dans de certaines conditions particulières. Il y a donc lieu d'éliminer de la fabrication des fontes tous les minerais *trop* pyriteux et phosphoreux. Je dis *trop* pyriteux, car il est possible de produire des fontes entièrement exemptes de soufre, bien que le coke et le minerai en contiennent des quantités peu considérables.

#### Épuration par la chaux.

En 1871, appelé à fabriquer au coke des fontes Bessemer et n'ayant pas d'autres notions sur la nature de ces fontes que celles de pureté indiquées par M. Gruner dans son excellent travail sur l'acier et sa fabrication, et par Karsten, j'essayai de produire *des fontes très-graphiteuses avec excès de chaux considérable dans les laitiers*. Pour obtenir ces roulements, je me basai sur mes travaux publiés *Annales des mines*, tome XX, 1851.

Écartant l'influence du manganèse dont les alliages avec le fer sont très-cassants, je ne cherchai qu'à obtenir, avec des laitiers très-basiques, des fontes très-grises.

L'allure que j'obtins me donna des laitiers dont ci-dessous la composition :

Silice. . . . .	30,00
Alumine. . . . .	14,10
Chaux. . . . .	53,00
Protoxyde de fer. . . . .	0,27
Protoxyde de manganèse. . . . .	0,28
Soufre. . . . .	2,55
	100,00

Ce laitier, exposé à l'air, fusait et tombait complètement en poussière. Je ne pouvais avoir cette énorme quantité de chaux que grâce à la température élevée à laquelle était produite la fonte.

Le vent était chauffé à 400° et la consommation de coke était de 1.700 kilogrammes par tonne de fonte. La fonte obtenue noire, à très-grosses facettes, présentait une résistance considérable. Elle pliait sous le marteau, et s'aplatissait au lieu de se casser. En coulant elle présentait très-peu de fluidité et laissait déposer des quantités considérables de graphite.

La dissolution de cette fonte dans l'eau régale, traitée par le chlorure de baryum, ne donnait pas marque de trouble; il y avait absence complète de soufre.

Analyse de cette fonte :

	p. 100.
Graphite. . . . .	3,70
Silicium. . . . .	2,00
(*) Manganèse. . . . .	1,25
Carbone combiné. . . . .	0,37
Phosphore. . . . .	»
Soufre. . . . .	»
Fer. . . . .	92,68
	100,00

Cette fonte, d'une pureté exceptionnelle, donna au con-

(\*) Le manganèse provenait exclusivement du minéral de Mokta, les autres minerais du lit de fusion n'en contenant pas.

vertisseur des résultats parfaits. Le travail de l'acier ne laissa rien à désirer.

Je reviendrai plus loin sur le traitement de cette fonte et sa conversion en acier; c'est la première fonte Bessemer que j'ai faite dans ma carrière métallurgique.

Dès maintenant, je dirai que je la considère comme un type au point de vue de la qualité de l'acier; c'est même la seule fonte à rechercher pour deuxième fusion lorsqu'il s'agit d'obtenir de l'acier d'une ténacité extrême (\*), tel que celui qui est demandé pour canons, frettes, essieux, etc.

Cette fonte, comme je viens de le dire, est un type de qualité exceptionnelle; l'acier obtenu est véritablement de l'acier au carbone.

Mais à côté de ces avantages se trouvent des inconvénients: d'abord elle coûte fort cher, vu la quantité énorme de combustible employé; l'allure du haut-fourneau est difficile à tenir; le laitier très-réfractaire encombre parfois le creuset; le traitement au convertisseur est quelquefois incertain à cause de sa grande quantité de graphite, et enfin, coulant difficilement elle se fige dans les chenaux.

Ces inconvénients réunis m'engagèrent à abandonner cette allure pour produire, ainsi que cela se pratique dans les usines qui font couramment du Bessemer, de la fonte moins graphiteuse suffisamment épurée avec des laitiers moins basiques.

Emploi du manganèse et de la chaux.

Mettant à profit la grande affinité du manganèse métallique pour le soufre, j'augmentai dans le dosage du lit de fusion la quantité de manganèse, tout en diminuant un peu la chaux, pour avoir une allure plus facile.

(\*) Cette fonte n° 1, traitée en première fusion au convertisseur, serait un peu trop grise; le n° 2 serait préférable.

Comme conséquence de ce principe, je devais avoir dans le haut-fourneau une température assez élevée pour réduire l'oxyde de manganèse, et par suite la silice devait être saturée par la chaux et l'alumine, pour neutraliser l'affinité de la silice pour l'oxyde de manganèse.

La saturation de la silice par la chaux et l'alumine était une question simple; il suffisait de former dans le haut-fourneau des laitiers de la composition B. S., ou du moins s'en rapprochant beaucoup.

Quant à la réduction du manganèse, il suffisait d'obtenir des fontes grises n° 2, avec 14 ou 1.500 kilogrammes de coke par tonne de fonte. Le type principal pratique de ces fontes se présente sous l'aspect suivant :

La moitié supérieure du gueuset ou saumon de fonte est grise, à grains plats quarrés, et la moitié inférieure est plus ou moins serrée ou cendreuse.

L'allure du haut-fourneau établie dans ces conditions avec des doses variables de manganèse dans la charge, j'obtins des fontes qui présentèrent les caractères suivants: Toutes les fois que, dans le dosage, je dépassais en manganèse métallique 3 p. 100 du poids de la fonte que produisait la charge, j'avais des fontes dont le traitement au convertisseur était incertain, la chute de la flamme était masquée par les fumées qui se dégageaient en abondance à la fin de l'opération. Au milieu d'opérations très-bonnes se trouvaient des opérations mauvaises. Les lingots offraient de l'irrégularité dans le travail. Les produits acier ne présentaient pas toujours une ténacité irréprochable. Ainsi, en août 1872, des fontes qui contenaient 3,60 p. 100 de manganèse donnaient des produits incertains et peu résistants. En septembre même année, la fonte à 2 p. 100 de manganèse donna, à cet endroit-là, toute satisfaction; le travail de l'acier était très-bon. C'était la fonte à obtenir.

Par des essais très-rapprochés et répétés, je fus conduit à admettre que, dans une fonte grise n° 2, produite avec

un dosage donnant en manganèse 3 p. 100 du poids de la fonte, avec 1.500 kilogrammes de coke par tonne de fonte, du vent chauffé à 360° et des laitiers de composition BS, la quantité de manganèse restant dans la fonte oscillait de 1,70 à 2 p. 100.

C'était donc l'allure à imprimer au haut-fourneau.

L'analyse des laitiers correspondants à cette allure, poursuivie pendant une période assez longue, m'accusa, en effet, une teneur en manganèse se rapprochant toujours sensiblement de 1,50 p. 100. Comme avec les minerais dont je disposais, je produisais 800 kilogrammes de laitiers par tonne de fonte, j'avais en manganèse métallique dans ces laitiers :

$$\frac{800 \times 1,50}{100}, \text{ soit } 10^k,40 \text{ de manganèse,}$$

la quantité totale apportée par le lit de fusion étant de 30 kilogrammes par tonne de fonte.

La fonte (sauf quelques légères pertes par les gaz) devait bien contenir 19<sup>k</sup>,60 de manganèse, soit 1,96 p. 100.

Toutes les fois que je me suis rapproché de ces données, la fonte n° 2 produite a donné toute satisfaction dans sa conversion en acier (\*).

Les laitiers du haut fourneau dont je donne ci-dessous la composition sont des laitiers-types de cette allure. Vitreux un peu à la surface, ils sont pierreux, lithoïdes à l'intérieur avec une forte teinte verdâtre ou vert #jaune annonçant la présence du manganèse.

(\*) Ce qu'elle présente aussi de remarquable, c'est la facilité de l'arrêt des opérations dans le convertisseur. La fin correspond généralement très-bien avec la disparition des raies vertes dans le spectroscope.

Composition de ces laitiers-types :

Silice. . . . .	35,00	S <sup>18</sup> ou plus exactement S <sup>90</sup> .
Alumine. . . . .	14,50	} B <sup>19</sup> — B <sup>97</sup> .
Chaux. . . . .	45,50	
Manganèse. . . . .	1,25 (*)	
Soufre. . . . .	1,60	
Protoxyde de fer. . . . .	2,20	
	100,05	

Je dois observer ici que si le laitier est plus basique que nous l'avons indiqué, puisque sa formule est sensiblement B<sup>19</sup>S<sup>98</sup>, cela tient au passage d'une certaine quantité de silice à l'état de silicium dans la fonte et à l'entraînement d'une partie dans les poussières déposées par les gaz. Le métallurgiste ne doit point se préoccuper de ce fait; il ne doit avoir en vue que la formation d'un laitier BS. lorsqu'il établit le dosage du haut fourneau. Produite dans cette allure, la fonte a toujours donné à l'analyse des traces sensibles de soufre. Les aciers de cette provenance ont toujours accusé sa présence par le procédé Eggertz. J'en ai même rencontré qui exceptionnellement ont donné jusqu'à 0,0004 de soufre. L'épuration, malgré cela, est tout à fait suffisante pour un bon travail de l'acier, et le laminage pour rails se fait dans de très-bonnes conditions.

Une précaution à prendre, c'est d'éviter toutes les causes qui pourraient amener un trop grand abaissement de température dans le haut fourneau; car alors l'oxyde de manganèse ne serait plus réduit, il passerait dans les laitiers à l'état de protoxyde sans produire aucune action épurante. Ainsi que je l'ai annoncé plus haut et comme le prouveront d'une manière irrécusable les analyses que je donnerai en traitant des fontes Bessemer très-manganésées, tout le manganèse se trouve dans les laitiers à l'état de sulfure.

(\*) Tout le manganèse se trouve, comme nous le verrons dans la suite de ce travail, à l'état de sulfure.

Dans l'allure que je viens d'établir, allure qui est adoptée dans les usines du midi de la France, il est facile de voir que *le manganèse et la chaux agissent concurremment pour l'épuration*, car la quantité de manganèse 1,25 p. 100 dans les laitiers ne pourrait pas enlever tout le soufre, 1,60 p. 100. 100 parties de sulfure de manganèse contenant :

Soufre. . . . .	36,77
Manganèse. . . . .	63,23

Comme application des principes que je viens de développer et pour les rendre plus sensibles, je vais donner un exemple pour établir le dosage des lits de fusion dans cette allure.

Je supposerai qu'on ait à traiter en fonte Bessemer du *minerai moyen de Mokta*, concurremment avec deux autres minerais B et C, dont je donne ici la composition :

## Mokta.

Perte au feu. . . . .	1,50	
Silice. . . . .	6,10	
Alumine. . . . .	1,50	
Chaux. . . . .	0,45	
Peroxyde de fer. . . . .	88,25	Fer. . . . . 62 p. 100
Oxyde rouge de manganèse. . . . .	2,50	Manganèse. 1,80 —
	100,30	

## B

Perte au feu. . . . .	6,00	
Silice. . . . .	55,50	
Alumine. . . . .	1,50	
Peroxyde de fer. . . . .	39,20	Fer. . . . . 27,60
	100,20	

## - C

Perte au feu. . . . .	9,50	
Silice. . . . .	10,50	
Alumine. . . . .	3,10	
Peroxyde de fer. . . . .	69,20	Fer. . . . . 48,75
Oxyde rouge de manganèse. . . . .	7,50	Manganèse. 5,40
	99,80	



La dimension du haut fourneau nous engage à mettre 1.200 kilogrammes de coke à la charge.

Comme, d'après ce que j'ai établi précédemment, il faudra 1.500 kilogrammes de coke par tonne de fonte, la charge devra produire  $\frac{1.200 \times 1.000}{1.500} = 800$  kilogr. de fonte. De plus, la charge devra fournir en manganèse 3 p. 100 du poids de la fonte, c'est-à-dire 24 kilogrammes environ.

Parmi toutes les combinaisons qu'il sera possible de faire avec ces minerais pour remplir ces deux conditions, la suivante, 1.080 kilogrammes Mokta, 100 kilogrammes minerai B, 100 kilogrammes minerai C, y satisfait complètement. En effet,

1.080 <sup>k</sup> Mokta à 62,00 p. 100 fer, donnent . . . . .	670 <sup>k</sup> ,00
100 B à 27,60 — . . . . .	27 <sup>k</sup> ,60
100 C à 48,75 — . . . . .	48 <sup>k</sup> ,75
	746 <sup>k</sup> ,35
Ajoutant à 746 <sup>k</sup> ,35 de fer environ 7 1/2 p. 100 pour le carbone et les métaux étrangers, soit . . . . .	57 <sup>k</sup> ,00
	803 <sup>k</sup> ,35

nous avons bien pour la production de la charge environ 800 kilogrammes de fonte (\*).

Quant à la quantité de manganèse fournie par cette même charge, elle sera bien de 24 kilogrammes environ.

1.080 <sup>k</sup> de Mokta moyen à 1,80 p. 100, donnent 19 <sup>k</sup> ,40 manganèse.	
100 B (Il n'est point manganésifère). » —	—
100 C à 5,40 p. 100, donnent 5 <sup>k</sup> ,40 —	—
Total . . . . .	24 <sup>k</sup> ,80 —

(\*) Dans le calcul, nous trouvons pour la fonte et le manganèse des quantités qui excèdent un peu celles que nous devrions trouver. Elles doivent cependant satisfaire le métallurgiste, car en grand, au haut fourneau il est impossible d'arriver à quelque chose de mathématique, une approximation est suffisante.

Les deux conditions de quantité de fonte et de manganèse étant remplies, reste à former avec la gangue des trois minerais un laitier de composition BS, en y ajoutant les cendres du coke.

Supposons encore que nous ayons à notre disposition du coke à 17 p. 100 de cendres, et que ces cendres se composent simplement de 52 p. 100 de silice et de 34 p. 100 d'alumine. Nous aurons :

	SILICE.	ALUMINE.	CHAUX.
1.200 <sup>k</sup> Coke . . . . .	106,00	69,00	»
1.080 Mokta . . . . .	66,00	16,00	5,00
100 B . . . . .	53,50	1,50	»
100 C . . . . .	10,50	3,00	»
Total . . . . .	236,00	89,50	5,00

Négligeant les 5 kilogrammes de chaux que donne le minerai de Mokta, c'est une quantité insignifiante qui ne peut influencer un roulement. Nous avons :

236 <sup>k</sup> ,00 Silice qui donnent, oxygène . . . . .	122,60
89 <sup>k</sup> ,50 Alumine — . . . . .	41,80
	80,80
Différence . . . . .	80,80

qui représente l'oxygène que doit fournir la chaux à introduire dans le laitier pour compléter la formule BS.

Or 100 de chaux contiennent 28 d'oxygène.

La quantité de chaux correspondant à 80,80 sera donc de  $\frac{80,80 \times 100}{28} = 288$  kilogrammes; telle est la quantité

de chaux à introduire dans le lit de fusion.

Comme en grand on admet que 100 kilogrammes de calcaire donnent 50 kilogrammes de chaux, il faudra par charge 576 kilogrammes de castine. La charge définitive sera donc :

Coke. . . . .	1.200 <sup>k</sup>
Makta moyen. . . . .	1.080 (moitié menu, moitié gros morceaux).
B. . . . .	100
C. . . . .	100
Castine. . . . .	576

Comme vérification, la somme totale des éléments composant le laitier (\*) étant :

Silice. . . . .	256 <sup>k</sup> ,00
Alumine. . . . .	89 <sup>k</sup> ,50
Chaux. . . . .	288 <sup>k</sup> ,00
	613 <sup>k</sup> ,50

la composition rapportée à 100 sera :

Silice. . . . .	38,46
Alumine. . . . .	14,58
Chaux. . . . .	46,96
	100,00

C'est bien à très-peu près la composition de nos laitiers-types.

Si l'on avait à fabriquer des fontes Bessemer avec du minerai non manganésifère, tel que le minerai de Rio (île d'Elbe), il y aurait lieu de le mélanger avec un minerai riche en manganèse, tel que le minerai de Polomarès (Espagne), qui contient 10 p. 100 de manganèse métallique ou bien avec un minerai de manganèse, et l'établissement du dosage se ferait comme il vient d'être exposé. Si l'on avait le choix, il vaudrait mieux le mélanger avec un minerai manganésifère qu'avec un minerai de manganèse. Le fer, dans le minerai manganésifère, sert de véhicule au manganèse dans la fonte; la réduction du manganèse est plus facile.

(\*) Comme dans tous les calculs que je viens d'établir, on ne peut prétendre qu'à des approximations, j'ai arrondi en grande partie les chiffres en négligeant les fractions.

**Emploi du manganèse à forte dose dans la production des fontes Bessemer.**

Les fontes produites dans les allures que je viens de déterminer ne contiennent que 2 p. 100 *au plus* de silicium, et je me hâte de dire que je considère cette quantité comme un maximum que l'on ne saurait dépasser impunément. C'est déjà une quantité considérable, mieux vaudrait se tenir au-dessous. Cette appréciation résulte d'un grand nombre d'analyses comparatives sur des fontes donnant de bons résultats et sur d'autres donnant des résultats détestables. Les fontes très-siliceuses ne sont pas très-carburées, et il est à craindre que dans leur conversion en acier, le carbone soit tout brûlé, lorsqu'il reste encore du silicium dans la masse.

Quant au manganèse, il n'en est pas de même, les fontes Bessemer peuvent en tenir des doses considérables.

Plusieurs visites que j'ai eu occasion de faire au Creuzot me permettent d'affirmer que l'on peut obtenir d'excellentes (\*) fontes Bessemer avec des teneurs en manganèse variant de 4 à 4 1/2 p. 100.

M. Judey, mon excellent ami, directeur des hauts-fourneaux du Creuzot, a été le premier à faire jouer au manganèse le rôle le plus considérable dans les fontes Bessemer et dans l'opération au convertisseur.

En introduisant à haute dose du manganèse dans le lit de fusion, *il a combattu le passage du silicium dans les fontes.* Il est arrivé à *l'expulsion la plus complète du soufre*

(\*) Je dis *excellentes* au point de vue *du laminage* et *du travail* en général qui se font au Creuzot dans des conditions exceptionnellement bonnes et vraiment remarquables. Quant à la ténacité de l'acier, je n'ai aucune donnée, et jusqu'à preuve du contraire, je crois préférables les fontes à faible teneur en manganèse, lorsqu'il s'agit d'obtenir des produits très-résistants.

dans les laitiers; il a pu, par une teneur considérable de ce métal dans les fontes, arriver à développer dans le convertisseur la température qui lui aurait fait défaut par le manque de silicium. Enfin, par la même raison, il a pu traiter au convertisseur des fontes presque truitées, à nuance grise claire cendreuse, dont le prix de revient est très-réduit. C'est le succès le plus complet!

Cette allure du haut-fourneau présente d'immenses avantages. Au lieu d'obtenir des fontes avec 1.500 kilogrammes de coke à la tonne de fonte, on peut, toutes choses égales d'ailleurs, les obtenir avec 1.100 kilogrammes (\*). Le Creuzot réalise ainsi une économie immense, immense dans un moment surtout où le coke est à des prix excessifs (année 1872). La production du haut-fourneau est plus considérable.

Le roulement du haut-fourneau est facile à tenir; on peut chauffer le vent autant qu'il est possible sans craindre un passage considérable du silicium dans les fontes, qui est constamment combattu d'un côté par la présence d'une grande quantité de manganèse, et de l'autre par la grande quantité de minerai à fondre pour une quantité donnée de coke.

Il faut introduire dans le lit de fusion, en manganèse au moins 5 à 5  $\frac{1}{2}$  p. 100 du poids de la fonte, car il en passe, comme épurant, une quantité considérable dans les laitiers, qui varie de 1,20 à 1,50 p. 100. Par le poids des laitiers produits, il est au reste facile de calculer cette perte de manière à avoir 4 à 4  $\frac{1}{2}$  p. 100 dans les fontes.

Dans cette allure, la fonte est vive, étincelante; elle pré-

(\*) Cet établissement, par des modifications nouvelles dans l'agencement des usines, réalise aujourd'hui des résultats bien autrement remarquables qu'il m'a été donné de connaître.

Je ne pourrais les publier ici sans manquer de délicatesse vis-à-vis des personnes qui ont bien voulu mettre tous ces renseignements à ma disposition.

sente les caractères d'une fonte avancée; elle est rugueuse à la surface après le refroidissement. Sa cassure est gris cendreuse, un peu truitée sur les bords; elle est dure; elle casse et ne fléchit point sous le marteau.

Voici la composition de ces fontes :

Silicium. . . . .	1,558	} Ces fontes ne donnent pas trace de soufre; l'acier, qui en dérive, en est complètement exempt.
Graphite. . . . .	2,733	
Manganèse. . . . .	4,200	
Carbone combiné. . . . .	0,350	
Fer. . . . .	91,050	
Soufre. . . . .	néant.	
	99,891	

Nous verrons plus loin, en calculant la chaleur développée par la combustion du carbone, du silicium et du manganèse de ces fontes, qu'elles dégagent autant de chaleur que les fontes très-grises et très-carburées dont j'ai donné l'analyse au début de ce travail.

*Analyse du laitier correspondant à cette fonte.*

Silice. . . . .	56,50	S <sup>18</sup>	} B.S.
Alumine. . . . .	14,90	B <sup>18</sup>	
Chaux. . . . .	42,50		
Magnésie. . . . .		traces	
Sulfure de calcium. . . . .		1,80	
Sulfure de manganèse. . . . .		2,20	
Protoxyde de fer. . . . .		2,40	
		100,50	

Comme on le voit par cette analyse, le manganèse a une action épurante considérable. Il se trouve en totalité dans le laitier à l'état de sulfure. Il est probable que le fait ne se produit pas constamment ainsi et que dans certains essais on trouverait un peu de manganèse à l'état d'oxydure dans le laitier.

Pour ne pas laisser d'incertitude dans l'esprit du lecteur au sujet du résultat analytique ci-dessus, je vais entrer ici

dans quelques détails sur la méthode que j'ai employée pour séparer le sulfure d'avec la partie du laitier à l'état de silicate.

Pour arriver à déterminer la partie de manganèse à l'état de sulfure d'avec celle qui pourrait se trouver à l'état de silicate de protoxyde, j'ai eu recours à la méthode indiquée par Rivot (*Docimasia*, page 219, tome I).

J'ai fait passer un courant de chlore à travers une dissolution chaude de potasse caustique, dans laquelle le laitier bien porphyrisé a été mis en suspension.

L'acide sulfurique qui se produit se combine au fer et à mesure de sa formation avec la potasse, tandis que le manganèse et la chaux sont dissous sous forme de permanganates, de chlorures et de chlorates et en partie déposés sous forme de peroxyde de manganèse hydraté. La partie de laitier à l'état de silicate n'est pas attaquée.

Il est facile alors, dans la liqueur, de doser le soufre total et la chaux. On forme le sulfure de calcium, et l'excédant du soufre se trouve nécessairement combiné au manganèse.

S'il se trouvait également du fer dans la liqueur, il ne pourrait être aussi dans le laitier qu'à l'état de sulfure.

#### Trois types de fontes Bessemer.

Si les proportions de manganèse les plus convenables dans les fontes sont (d'après ce que je viens d'établir) 2 et 4 1/2 p. 100, toutes les proportions comprises entre ces quantités donneront encore des fontes Bessemer. Mais, ainsi que je l'ai dit précédemment, l'acier correspondant est incertain de qualité, les fontes au convertisseur présentent moins de netteté d'allure, ne donnent pas des fins aussi tranchés et des produits aussi fixes. C'est ce qui m'engage à ne considérer que trois types d'allure au haut-fourneau donnant de bonnes fontes Bessemer :

1° Allure très-peu manganésée, avec grand excès de chaux, laitier très-basique, haute température.

2° Allure avec 3 p. 100 de manganèse du poids de la fonte dans le dosage et des laitiers neutres B.S.

La fonte grise n° 2 et 3 contiendra 1,70 à 2 p. 100 Mn.

3° Allure avec 5 1/2 de manganèse du poids de la fonte dans le dosage et des laitiers neutres B.S.

La fonte grise n° 4 contiendra environ 4 à 4 1/2 p. 100 Mn.

J'ai dit plus haut, au début de ce travail, que pour arriver à une épuration complète des fontes, on pouvait employer la chaux à très-haute dose dans les laitiers et j'ai indiqué par des analyses les quantités maxima que j'avais introduites dans leur composition. Dans cette allure, les hauts-fourneaux donnent en général de l'excellente fonte. Aussi les laitiers correspondants présentent-ils un intérêt tout particulier. Les observations que je résume ici seront au moins intéressantes pour la science, si elles ne le sont pas pour les praticiens.

#### Analyse très-complète d'un laitier fusant.

		A L'ÉTAT de silicates.	A L'ÉTAT libre.
Silice . . . . .	29,500	29,50	"
Alumine . . . . .	14,900	14,90	"
Chaux combinée . . . . .	50,330	50,33	"
Chaux libre . . . . .	0,280	"	0,280
Sulfate de chaux . . . . .	0,385	SO <sup>3</sup> = 0,225 CaO = 0,160	0,385
Sulfure de calcium . . . . .	4,009	"	4,009
Protoxyde de fer . . . . .	0,590	0,59	"
Manganèse . . . . .	traces	"	"
	99,994	95,32	4,674

D'après ces résultats, on voit qu'une partie de la chaux a échappé à l'action de la silice et a été entraînée mécaniquement, soit à l'état de chaux libre, soit à l'état de sulfure de calcium. Évidemment dans ces conditions tout le soufre a dû passer dans les laitiers, il n'est pas possible d'avoir une action désulfurante plus énergique.

Le sulfure de calcium, exposé à l'air humide pendant un

temps assez court, est décomposé et transformé en sulfate, sans dégagement d'acide sulfureux, au fur et à mesure que le laitier fuse et tombe en poussière. La décomposition est produite par l'oxygène de l'air. Il se forme une espèce de combustion lente, *oxydation du soufre et du calcium*, et formation de sulfate, ainsi que je l'ai déterminé par l'analyse donnée ci-dessus.

Ce qui m'a conduit à faire cette recherche, c'est l'état *pyrophorique* que j'ai eu occasion d'observer une fois ou deux dans des laitiers fortement fusants. M. Détanger, jeune ingénieur, élève de l'École centrale lyonnaise, a eu occasion d'observer avec moi ce phénomène. Ce laitier pyrophorique conserve, pendant tout le temps qu'il fuse, une température qui permet de le tenir dans la main, et dans l'obscurité il a l'aspect phosphorescent.

Ce phénomène, qui peut paraître *à priori* extraordinaire, trouve tout naturellement sa raison d'être lorsqu'on se rappelle (d'après Berthier, t. I, p. 414, *Essais par voie sèche*), que cet état pyrophorique se remarque très-bien lorsqu'on prépare du sulfure de potassium. Ce pyrophore alcalin, par son affinité très-grande pour l'oxygène, présente encore des phénomènes plus remarquables de combustion spontanée.

L'analyse donnée ci-dessus est celle d'un laitier fusant pris immédiatement après avoir fusé, quelques heures seulement après sa sortie du haut-fourneau.

Persuadé que, par son exposition plus prolongée à l'air humide, la décomposition du sulfure de calcium serait complète, j'ai pris la poussière de ce laitier exposé à l'air sous une halle depuis un mois environ. Cette poussière a donné en sulfate de chaux la quantité de 0,486 p. 100, qui excède de beaucoup celle trouvée dans le laitier, quelques heures seulement après sa sortie du haut-fourneau.

#### Allure des hauts-fourneaux en fonte Bessemer.

Il ressort de tout ce que je viens d'exposer que la fonte Bessemer et les produits annexes, laitiers, etc..., sont de vrais produits chimiques, dont la composition ne saurait varier beaucoup sans amener une perturbation dans la fabrication. Le métallurgiste doit donc rechercher par tous les moyens à avoir une allure régulière aux hauts-fourneaux.

Il convient de rechercher du coke aussi régulier que possible et d'une teneur en cendres aussi constante que possible. Les minerais doivent aussi très-peu varier de composition.

Il faut aussi s'attacher à obtenir une très-grande uniformité dans la température du vent, car elle peut faire varier, dans des limites assez grandes, la teneur en silicium.

Je signalerai encore comme cause de variation dans la composition des fontes l'*accumulation d'une trop grande quantité de fonte* dans le creuset du haut-fourneau.

Aussi convient-il d'épuiser, à chaque opération du convertisseur, toute la fonte qui se trouve dans le creuset.

Par l'accumulation et un séjour prolongé de la fonte dans les régions à haute température, il y a une sorte de liquation des métaux étrangers qui viennent à la partie supérieure du bain métallique du haut-fourneau.

Ainsi de la fonte, prise après douze heures d'accumulation, m'a donné à l'analyse :

Graphite. . . . .	5,15 p. 100
Manganèse. . . . .	2,25 —
Silicium. . . . .	2,00 —

Une fois épuisée, j'ai analysé le même jour la même fonte au fur et à mesure de sa formation.

Le résultat analytique a été le suivant :

Graphite. . . . .	2,80 p. 100
Manganèse. . . . .	1,85 —
Silicium. . . . .	1,90 —

L'allure du haut-fourneau a été constamment très-régulière.

Il est évident que la conversion en acier de l'une et de l'autre fonte ne présentera pas les mêmes caractères. La température développée par la première sera considérablement plus élevée.

Il y a donc lieu, comme conséquence de ce fait, d'épuiser toute la fonte du haut-fourneau lorsque la quantité sera suffisante pour une opération au convertisseur; il y aura également avantage, comme conservation des parois du creuset du haut-fourneau.

#### Construction des hauts-fourneaux pour fonte Bessemer.

Cette construction ne présente rien de bien particulier. Les hauts-fourneaux doivent être construits de manière à produire constamment et facilement des fontes grises et dans les meilleures conditions de prix. De cette observation découle naturellement un profil donnant un ouvrage très-élevé et relativement étroit.

#### Prix de revient des fontes Bessemer.

Il me serait bien difficile d'appliquer des prix aux matières constituant le prix de revient de ces fontes. Ces prix sont trop variables en ce moment (1872-73); ils sont tout à fait anormaux par suite de la pénurie de houille.

Aussi je ne donnerai ici que les éléments du prix de revient, sauf aux intéressés à appliquer les prix suivant la localité où l'on agira.

Dans tout le midi de la France, les consommations se rapprochent sensiblement des chiffres suivants :

Coke. . . . .	1.500 <sup>t</sup>	} par tonne de fonte (le minerai rendant en fer 60 p. 100).
Minerais. . . . .	1.660	
Castine. . . . .	700	
Houille. . . . .	250	

Il faut y ajouter la main-d'œuvre et les frais généraux qui varient en général de 11 à 12 francs par tonne (\*).

#### Conversion de la fonte en acier.

Dans la conversion de la fonte en acier Bessemer, deux cas peuvent se présenter : on peut avoir à transformer de la fonte venant directement du haut-fourneau ou de la fonte refondue au cubilot ou au four à réverbère.

Dans l'un et l'autre cas, la conversion se fait toujours dans le convertisseur, tel que je l'ai décrit au commencement de ce mémoire; la nature des fontes seule varie. Il faut pour la deuxième fusion des fontes plus grises, car la fusion, soit au cubilot, soit au réverbère, amène toujours un affinage qui élimine une partie du carbone, du silicium et du manganèse. Des fontes, qui seraient déjà pauvres de ces corps étrangers, ne développeraient plus assez de chaleur.

Un mélange qui réussit bien en deuxième fusion est le suivant :

40 p. 100, fonte n° 2 ou n° 3.
60 — fonte grise n° 1.

Ce mélange donne toujours beaucoup de chaleur; on est même souvent obligé d'ajouter des riblons (vieux aciers) pendant la marche de l'opération.

Pour la première fusion, on doit toujours rechercher au haut-fourneau des fontes grises n° 2 ou n° 2-3.

Les n° 3 et 4 ne sont employés avec avantage qu'au Creuzot, ainsi que je l'ai démontré en traitant de la fabrication des fontes.

La refonte de la fonte dans le cas de deuxième fusion

(\*) Ces chiffres ne s'appliquent pas à certaines usines, le Creuzot, par exemple, où tous les détails étudiés avec un soin particulier permettent de réaliser de sérieuses économies.

peut se faire, avons-nous dit, ou dans un cubilot ou dans un réverbère analogue à ceux employés dans les fonderies.

Au cubilot, il convient d'employer des coques de toute première qualité provenant de houille bien lavée, afin d'avoir le moins possible de cendres, et par suite le moins possible de substances *sulfurantes* capables de détériorer la fonte. Dans le réverbère, il faut fondre rapidement pour avoir le moins possible d'oxydation.

Quelles que soient les précautions prises, le cubilot, comme le réverbère, amène toujours un commencement d'affinage qui peut nuire à la marche de l'opération, en enlevant une trop grande quantité de substances étrangères, nécessaires à l'opération dans le convertisseur.

Pour en donner une idée, j'ai fait peser le laitier provenant de la refonte au réverbère de 6.775 kilogrammes de fonte Bessemer. Le poids du laitier étant 310 kilogrammes, l'analyse a donné une teneur de 11,70 p. 100 manganèse métallique, ce qui fait sur la fonte une perte totale de 36<sup>k</sup>,27 de manganèse. Sans rechercher la perte en silicium et carbone, ce résultat montre amplement combien la refonte peut modifier le métal.

Dans la fusion au réverbère, l'entraînement des poussières (cendres) du combustible par l'appel des cheminées est encore une cause grave de détérioration. Une partie de ces poussières, entraînées par le tirage ou poussées par les ventilateurs, tombe dans le bain de fonte, et comme elles contiennent des quantités notables de protosulfure de fer, elles détériorent la fonte. Pour m'assurer de l'inconvénient de ce mode de fusion, j'ai fait détacher des flancs d'une chaudière chauffée à la houille une certaine quantité des poussières qui s'y étaient déposées. Soumises à l'analyse, elles ont donné 2,20 p. 100 de soufre.

En face de ce résultat, il n'y a pas à hésiter de refondre la fonte dans un réverbère chauffé par *les gaz d'un appareil*

*Siemens ou Ponsard.* Ces fours doivent incontestablement éviter les inconvénients signalés.

Malgré le déchet relativement faible provenant de la refonte (1  $\frac{1}{2}$  p. 100 environ), la grande consommation de coke au cubilot (400 kilogrammes par tonne de fonte) et la grande consommation de houille au réverbère (550 à 600 kilogrammes par tonne) doivent être une raison pour bannir de la fabrication de l'acier Bessemer le travail en deuxième fusion, qui ne présente aucun avantage.

#### Travail au convertisseur.

Avant d'introduire la fonte dans le convertisseur, il faut avoir soin de le chauffer fortement jusqu'à ce qu'il soit au rouge blanc intérieurement.

On introduit alors la fonte en tenant le convertisseur horizontal et l'on fait fonctionner les machines soufflantes de manière à avoir le vent à une forte tension dans le régulateur et les conduits de vent, pour éviter que la fonte, au moment du relevage du convertisseur, ne pénètre dans les trous des tuyères.

Le convertisseur relevé et le vent admis, l'affinage de la fonte commence.

Cet affinage peut se diviser en deux périodes très-distinctes. La première est celle de la combustion des métaux étrangers : silicium, manganèse; la deuxième celle du carbone.

Au début de l'opération, il ne sort que peu de flammes par la gueule du convertisseur : on n'aperçoit qu'une gerbe d'étincelles plus ou moins abondantes, jaunes rouges. Cette période varie en général de cinq à quinze minutes. Il ne se brûle pendant ce temps-là que peu de carbone, et le produit de sa combustion n'est que *de l'acide carbonique* (\*).

(\*) Ainsi que le démontrent à l'évidence les recherches de M. Snelus sur la composition des gaz sortant du convertisseur.

A la fin de cette période, que j'appellerai de *scorification*, j'ai retiré du métal de l'intérieur de la cornue. Ce n'était encore que de la fonte blanche très-dure, cassante et ne fléchissant pas sous le marteau.

A cette période succède la période du grand blanc; elle est caractérisée par la disparition de la gerbe d'étincelles qui est remplacée graduellement par une flamme blanche très-vive uniquement due à la combustion du carbone à l'état d'oxyde de carbone. En retirant du métal de la cornue à la fin de cette période, on a un fer plus ou moins affiné qui s'aplatit sous le marteau.

A cette flamme très-vive succède enfin un trouble accompagné de fumées, et la flamme tombe plus ou moins brusquement.

C'est l'indice de la fin de l'opération.

On rabat le convertisseur et l'on arrête le vent.

Comme pendant tout le temps qu'a duré l'affinage il s'est produit des oxydes en assez grande abondance et que l'on a en définitive un fer qui contient plus ou moins d'oxygène et de matières oxydées, on introduit dans la cornue un corps qui, très-avide d'oxygène, réagit sur les oxydes en les réduisant et en absorbant l'oxygène libre.

Ce corps est le manganèse métallique qui, au moment de son introduction dans le convertisseur, produit une réaction plus ou moins violente se manifestant par une flamme plus ou moins abondante à la gueule du convertisseur et par un bouillonnement très-marqué du bain métallique. Le manganèse, à cause de son oxydabilité, ne peut être introduit à l'état de liberté. On prépare à l'avance une fonte cristalline très-manganésée (à 10 p. 100 de manganèse environ) que les Allemands ont désignée sous le nom de *spiegel* (*miroir*), fonte miroitante.

Cette fonte refondue sert de véhicule au manganèse et a de plus l'avantage d'introduire aussi le carbone nécessaire à l'aciération du métal affiné de la cornue.

Ainsi, en résumé, en introduisant du *spiegel*, on atteint deux buts: celui de réagir sur les oxydes qui se trouvent interposés dans le métal et d'aciérer le métal.

On recherche en général du *spiegel* très-cristallin, afin d'avoir en quelque sorte un liquide titré à introduire, car une substance cristalline se forme toujours avec les mêmes éléments et en quantité déterminée. Avec une quantité constante de *spiegel* très-cristallin, on introduira donc toujours et à très-peu près la même quantité de carbone.

Comme de la quantité de *spiegel* ajouté dépend la quantité de carbone introduite pour l'aciération, le plus ou moins grand degré de dureté de l'acier dépendra donc de la quantité de *spiegel* ajouté.

J'ai eu occasion de rencontrer dans ma carrière métallurgique des praticiens qui, ne voyant dans l'introduction du *spiegel* que l'apport du carbone, et n'ayant probablement aucune idée de la réaction simultanée du manganèse sur les matières oxydées, étaient très-étonnés de voir qu'en diminuant outre mesure le *spiegel*, l'acier perdait de sa ténacité. Le fait, qui était incompréhensible pour eux, aurait été de la plus grande simplicité pour celui qui aurait eu les plus élémentaires connaissances en chimie. En diminuant le *Spiegel* outre mesure, en vue d'introduire une quantité de carbone plus faible, on diminuait également la réaction si nécessaire du manganèse; il restait des oxydes interposés qui enlevaient toute la ténacité de l'acier. Le métal n'était pas régénéré.

Il y a donc une limite inférieure que l'on ne saurait franchir, en diminuant le *spiegel*, sans compromettre la résistance de l'acier.

C'est cette impossibilité de diminuer la quantité de *spiegel*, au delà de certaines limites, et le besoin d'avoir de l'acier très-doux qui ont engagé la compagnie des forges de Terre-Noire (Loire) à fabriquer un métal à grande teneur en manganèse et à faible teneur en carbone.



Cette compagnie arrive à réduire dans un four à réverbère un mélange de minerai de fer, de minerai de manganèse et de houille et obtient une fonte qui contient 40 à 50 p. 100 de manganèse (\*).

L'emploi de ce métal manganésé présente, au point de vue de l'acier doux, des avantages incontestables. Le manganèse s'y trouvant en dose très-considérable, il n'est pas nécessaire d'en ajouter une grande quantité dans le convertisseur pour produire la réaction; cette petite quantité de métal manganésé introduite n'apportera dans le bain métallique qu'une très-faible quantité de carbone qui donnera un acier très-doux. A mon avis, ce serait plutôt du fer acié-reux que de l'acier proprement dit.

Si la fabrication de ce métal à forte dose de manganèse pouvait se faire économiquement, l'emploi s'en généraliserait et l'on aurait résolu la question de fabrication du fer par le procédé Bessemer; car le produit a plutôt les propriétés du fer doux que celles de l'acier.

Le spiegel, dans l'opération Bessemer, jouant un rôle considérable au point de vue de la réaction du manganèse, il y a lieu en le refondant de se mettre autant que possible à l'abri de l'oxydation. Les fours Siemens et Ponsard présenteraient à ce point de vue-là de sérieux avantages. Dans les fours ordinaires à réverbère, le spiegel perd des quantités considérables de manganèse. J'ai analysé un spiegel qui, avant la fusion, contenait: silicium 0,57 p. 100, et manganèse 8,50 p. 100. Après la fusion il ne contenait plus que: silicium 0,328 et manganèse 5,30 p. 100.

La perte en manganèse était donc 3,20 p. 100.

Ce n'est que par le tâtonnement que l'on est arrivé jus-

---

(\*) Je ne garantis pas l'exactitude de ces chiffres qui me sont parvenus par voie très-indirecte. Quant à moi, je ne connais pas d'alliage au-dessus de 30 p. 100 de manganèse.

qu'à présent à déterminer la quantité de spiegel à ajouter dans un bain métallique affiné du convertisseur.

Pour la fabrication des rails durs, on emploie généralement 10 p. 100 du poids de la fonte traitée; pour des rails doux, on ajoute environ 7 p. 100.

Pour l'acier très-doux, la quantité ajoutée varie de 4 à 5 p. 100, et enfin pour les canons et tubes de canons pour lesquels l'acier doit à la fois présenter de la résistance et à la fois de la dureté, la quantité de spiegel la plus convenable semble être 6 p. 100 du poids de la fonte traitée. L'acier fabriqué avec une addition de 6 p. 100 de spiegel contient en carbone une quantité se rapprochant de 0,35 p. 100.

Le spiegel ajouté dans le convertisseur, l'opération de la conversion de la fonte en acier est terminée. Reste à couler l'acier. Jusqu'à présent, dans les ateliers où l'on fabrique de l'acier Bessemer, on se sert d'une poche placée à l'extrémité de bras en forte tôle, 30 à 40 millimètres d'épaisseur sur 300 à 400 de largeur attachés à une grue hydraulique.

On verse l'acier dans cette poche qui porte dans le fond un siège de soupape en terre très-réfractaire. La soupape ou bouchon est fixée à l'extrémité d'une tige recourbée en col de cygne garnie de terre réfractaire. Au moyen de la grue, on amène la poche sur la lingotière où doit être coulé l'acier. Un levier extérieur à la poche agissant sur l'extrémité du col de cygne sert à soulever la soupape; l'acier s'écoule dans la lingotière. Dans le cas de plusieurs lingotières, après avoir rempli la première, on ferme la soupape, on passe à la seconde et ainsi de suite.

Cette opération ne présente d'ailleurs aucune difficulté. L'acier coulé dans les lingotières présente divers caractères qui sont déjà pour le praticien des indices de bonne ou de mauvaise qualité. La surface de l'acier, après le coulage, présente ordinairement un léger bouillonnement qui est

d'autant plus saillant que l'opération a été poussée plus loin. C'est toujours l'indice d'un acier qui contient peu de carbone et peu ou pas de silicium. Cet acier est de bonne qualité.

Si *immédiatement* après le coulage, la surface de l'acier forme une croûte qui se soulève un peu et semble se détacher de la masse, s'il n'y a aucun bouillonnement et si la croûte formée a de la peine à être percée par l'acier encore liquide qui se trouve au-dessous, on peut être certain que l'on a un acier très-dur contenant des métaux étrangers et surtout du silicium en quantité assez notable pour rendre l'acier très-mauvais.

Enfin un caractère qui est bien le critérium de la bonne qualité de l'acier, c'est l'état plus ou moins ferreux de l'acier et sa tendance à se figer très-promptement dès qu'il touche un corps froid. Au contraire un acier fluide, qui ne se fige que *difficilement*, est toujours l'indice d'un *mauvais acier chargé de silicium*. Le contre-maître exercé ne se trompe jamais sur ce dernier caractère.

Le laitier qui sort du convertisseur en même temps que l'acier peut se présenter sous des aspects très-différents. Il peut être gras, visqueux, drapant comme le laitier un peu siliceux du haut-fourneau, ou au contraire fluide comme de l'eau, très-coulant et ne drapant pas. Le premier correspond à des fontes plutôt siliceuses que manganésées et le deuxième à des fontes plutôt manganésées que siliceuses. Ces derniers laitiers très-fluides sont très-basiques par la grande quantité de manganèse qu'ils contiennent. Généralement l'acier correspondant contient lui-même de fortes doses de manganèse.

L'aspect de ces laitiers peut donc encore servir à modifier l'allure du haut-fourneau et la marche de l'opération Bessemer, en poussant l'opération plus ou moins loin pour se débarrasser par exemple d'un excès de manganèse.

La période de scorification (début de l'affinage de la

fonte dans le convertisseur) s'annonce presque toujours, ainsi que je l'ai déjà dit, par l'absence de flamme et par la production d'une gerbe d'étincelles très-abondantes, sortant par la gueule du convertisseur. Cette période dure environ 10 à 15 minutes. C'est ce qui se passe le plus fréquemment.

Il arrive cependant parfois que, pour certaines fontes, cette période d'étincelles est presque nulle et que la flamme blanche, vive, se manifeste dès le relevage de l'appareil.

C'est le cas des fontes très-manganésées, de ces excellentes (\*) fontes que fabrique le Creuzot, et qui lui donnent, au point de vue du laminage, cette supériorité si marquée.

Ces fontes, comme nous l'avons vu, sont peu siliceuses; l'action du vent se fait donc immédiatement sur le manganèse, dont la combustion s'annonce par une flamme blanche très-abondante. L'oxydation du silicium et d'un peu de carbone se fait bien en même temps, mais elle est masquée par la flamme due au manganèse.

J'ai annoncé, en traitant de la fabrication des fontes Bessemer, que des fontes très-manganésées, truitées ou tout au moins peu grises, avaient l'avantage de pouvoir être passées au convertisseur. Elles se comportent aussi bien pendant l'opération que des fontes très-graphiteuses, dont la composition, 2 p. 100 silicium, 3,70 graphite, 1,25 de manganèse et 0,37 carbone combiné, a été donnée au commencement de ce mémoire. Elles développent tout autant de calorique.

Si nous comparons cette dernière composition à celle d'une fonte truitée grise, manganésée à :

(\*) Je répète encore ici que le mot *excellentes* s'applique au travail de l'acier. Je n'ai pas de données assez précises sur la qualité de cet acier comme résistance.

1,558. . . . .	Silicium,
2,733. . . . .	Graphite,
4,200. . . . .	Manganèse,
0,350. . . . .	Carbone combiné,

et si nous déterminons la chaleur développée par la combustion des éléments de l'une et l'autre fonte, nous trouverons presque égalité.

Le silicium en brûlant développe. . . . .	7.830 calories.
Le carbone — (à l'état d'oxyde de carbone). . . . .	2.473 —
Le manganèse — — — — —	1.880 —

Si nous faisons tous les calculs (\*), le pouvoir calorifique des éléments étrangers au fer dans la fonte peu manganésée et très-graphiteuse sera représenté par. 27.160

Et celui de la fonte truitée grise, cendreuse très-manganésée par. . . . . 26.854

Ces deux nombres, très-rapprochés l'un de l'autre, nous indiquent que la chaleur développée dans le convertisseur par ces deux fontes sera sensiblement la même, malgré la grande différence de composition et la grande différence de température à laquelle ces deux fontes auront été produites.

Il arrive quelquefois que la fonte, par une cause de refroidissement, ne contient plus en assez grande quantité les éléments combustibles nécessaires pour maintenir le bain métallique très-liquide. La matière présentant une grande action au vent, il se forme des oxydes de fer qui, réagissant avec violence sur le carbone, produisent dans un temps très-court une masse considérable de gaz qui

(\*) J'ai laissé de côté, dans le calcul, le carbone combiné qui est sensiblement le même dans l'une et l'autre fonte, pour ne m'occuper que de la chaleur développée par les trois corps : silicium, graphite et manganèse. De plus, le carbone brûlé à l'état de  $\text{CO}^2$ , n'étant que très-faible dans le volume des gaz de l'opération entière, j'ai supposé que tout le carbone était brûlé à l'état de  $\text{CO}$ .

soulèvent la matière et la projettent hors du convertisseur. On a dans ce cas *une opération froide à projections*.

Cet accident peut encore se présenter, bien que la fonte soit produite à une température relativement élevée. C'est le cas où le manganèse se trouvant en grande quantité dans la fonte, le silicium ferait à peu près défaut. La faible quantité de silicium promptement oxydé est saturée par le manganèse, les oxydes de fer qui se forment au moment où le carbone disparaît, se trouvant en liberté, réagissent sur la masse et produisent exactement l'effet que nous venons de décrire dans l'opération froide. Les projections sont encore dans ce cas assez considérables. Ce qui prouve bien l'exactitude de l'explication donnée, c'est qu'en ajoutant un peu de quartz, on fait cesser (dans ce cas seulement) assez promptement les projections.

#### Spéctroscope.

La fin des opérations Bessemer s'annonce au bout de 30 à 40 minutes, selon la composition des fontes, par la chute de la flamme plus ou moins accentuée. Cela se passe surtout de cette manière quand on traite des fontes de deuxième fusion; car alors on a très-peu de métaux étrangers à brûler, et la fin de l'opération est nette. L'œil reconnaît très-bien la fin.

Mais en première fusion, les choses ne se passent pas ainsi, surtout lorsqu'on traite des fontes très-manganésées. Généralement les opérations sont fumeuses, le carbone et le manganèse se trouvant en quantité plus notable. Il est quelquefois, dans ces conditions, difficile d'apprécier la fin.

On se sert alors avec un grand succès du spectroscope, instrument qui, sans être d'une exactitude mathématique, a au moins l'avantage de restreindre le cercle des erreurs.

Lorsque avec cet instrument on regarde la flamme qui sort de la gueule du convertisseur, on aperçoit dans le

vert du spectre un groupe de raies qui sont acceptées comme accusant la combustion du carbone (\*). Elles disparaissent complètement à la fin des opérations, et il ne reste plus que la raie jaune très-accentuée, qui est considérée par toutes les personnes qui se livrent aux études spectrales comme étant la raie du sodium.

Le spectre lavé, c'est-à-dire lorsqu'il ne reste plus que cette raie du sodium, l'opération Bessemer est achevée ; on doit généralement arrêter là l'affinage, renverser le convertisseur, ajouter le spiegel et couler l'acier.

Je ferai seulement remarquer que dans les opérations très-chaudes, à fonte très-graphiteuse, le départ du carbone se faisant moins rapidement que dans les opérations froides, il est nécessaire de *pousser* les premières quelques secondes après la disparition des raies, tandis qu'il faut arrêter exactement à la disparition, lorsque l'opération est froide.

Quelques métallurgistes praticiens prétendent qu'il est absurde (c'est le mot que j'ai entendu) de pousser les opérations. Je ne prendrai pas la peine de répondre, j'abandonnerai leur manière de voir aux hommes compétents qui se prononceront. Pour mon compte, je pense qu'il est des cas où il convient de pousser les opérations, mais il faut alors ajouter une plus forte proportion de spiegel pour régénérer le métal qui aurait été attaqué.

Par tout ce que je viens de dire sur la conversion de la fonte en acier, il est facile de voir que l'opération Bessemer n'a rien de compliqué ; bien que la qualité de l'acier en dépende un peu, la réussite est surtout due à la bonne qualité de la fonte.

(\*) L'étude sur la composition des gaz produits dans l'appareil Bessemer pendant l'opération, par M. Snelus, traduite de l'anglais par M. Amiot (*Annales des mines*, t. II, 5<sup>e</sup> livraison, 1872, p. 352) prouve bien avec évidence que le groupe des raies vertes dans le spectroscope appartient à l'oxyde de carbone.

Ce travail vient donner une fois de plus raison aux métallurgistes qui considèrent le spectroscope comme un guide indispensable dans l'opération Bessemer.

### Prix de revient de l'acier.

Le prix de revient de l'acier Bessemer variant essentiellement avec celui de la fonte, je me bornerai à dire (sans m'écarter beaucoup de la vérité) qu'une fonte étant donnée, il faut 60 francs par tonne pour la convertir en lingots d'acier. Ainsi, avec une fonte coûtant 120 francs la tonne, on doit produire des lingots à 180 francs la tonne au maximum.

### Aciers Bessemer.

Les aciers que l'on produit dans le convertisseur Bessemer participent à un haut degré des propriétés de la fonte. Si la fonte est pure, c'est-à-dire exempte de soufre, l'acier est pur. Si les fontes sont trop siliceuses, l'acier est siliceux et présente un caractère très-saillant : il est très-fluide et se solidifie moins rapidement. C'est l'écueil que le métallurgiste doit chercher à éviter avec le plus grand soin ; c'est celui qui se présente le plus fréquemment. Je ne parlerai pas du manganèse, car il est constant qu'une proportion considérable dans les aciers ne nuit pas au travail (laminage.....).

Ainsi les aciers A et B qui contenaient :

A		B	
Carbone. . . . .	0,400	Carbone. . . . .	0,580
Silicium. . . . .	0,072	Silicium. . . . .	0,048
Manganèse. . . . .	0,220	Manganèse. . . . .	0,300

ont donné bon résultat comme travail au marteau et au laminoir. L'acier C contenant :

C	
Carbone. . . . .	0,400
Silicium. . . . .	0,100
Manganèse. . . . .	0,310

a encore donné des résultats passables; l'acier n'est plus malléable au delà de cette teneur en silicium.

On peut déduire de ces exemples que pour un bon laminage, on ne saurait dépasser pour les aciers Bessemer :

Une teneur en silicium de . . .	0,001
— en manganèse de . . .	0,003 à 0,0035

Ces quantités sont des maxima.

Un acier Bessemer de première qualité doit contenir au plus 0,0002 à 0,00025 de silicium.

Comme conséquence, il y a lieu de chercher à produire des fontes peu chargées de silicium; 1,25 à 1,50 p. 100 est une teneur très-convenable.

Je viens de citer quelques compositions d'acier Bessemer qui, malgré leur peu de pureté, se laissent encore bien travailler. Ces aciers, au point de vue de la résistance, seraient bien loin de donner complète satisfaction.

Les aciers D et E, dont ci-dessous est la composition, donnent de très-bons résultats pour rails et pièces ne demandant pas une résistance exceptionnelle. Ils satisfont encore, mais irrégulièrement, aux épreuves exigées par les compagnies des chemins de fer pour essieux, bandages, etc...

D		E	
	p. 100.		p. 100.
Silicium . . . . .	0,0288	Silicium . . . . .	0,0584
Manganèse . . . . .	0,1950	Manganèse . . . . .	0,2040
Carbone . . . . .	0,2200	Carbone . . . . .	0,2500
Phosphore . . . . .	traces	Phosphore . . . . .	traces

tandis que l'acier F, à la composition suivante,

F	
	p. 100.
Silicium . . . . .	0,019 (soit 0,00019)
Manganèse . . . . .	0,125 (soit 0,00125)
Carbone . . . . .	0,260 (soit 0,00260)
Phosphore . . . . .	traces

donne des résultats tellement bons et tellement remarquables, que je suis tenté de le désigner *acier incassable*.

En comparant ces trois dernières compositions, on voit que l'acier *incassable* contient à très-peu près moitié moins de silicium et de manganèse que les aciers D et E qui déjà donnent eux-mêmes d'assez bons résultats.

Je crois que pour atteindre cette qualité, il faut produire des fontes à 1,50 p. 100 de silicium au plus et 1,25 p. 100 de manganèse; il faut les produire *grises* et avec un laitier *extracalcaire*, comme celui dont j'ai donné la composition au début de ce mémoire. On aura ainsi le vrai acier au carbone contenant peu de métaux étrangers, et qui par suite doit présenter le plus de résistance (\*).

#### Observations sur quelques résultats analytiques.

Je ne terminerai pas ce mémoire sans adresser de sincères remerciements au jeune chimiste Francis Barral qui a été mon collaborateur dans les questions chimiques, et qui a exécuté sous ma direction la plupart des analyses délicates sur lesquelles sont basées mes études. Ces analyses ont été faites avec le plus grand soin.

Nous avons constamment recherché si, dans les résidus obtenus en dissolvant la fonte et les aciers dans les acides

(\*) Les aciers D, E, F contiennent des quantités très-faibles, impondérables, de phosphore. A l'examen du trouble de la liqueur, j'ai considéré ces quantités comme identiques, et je me crois autorisé à dire que c'est le silicium surtout qui différencie la qualité. A mon avis, c'est de ce côté que le métallurgiste doit diriger toute son attention.

Un homme supérieur, M. Schneider, directeur du Creuzot, fait poursuivre en ce moment des recherches sérieuses au point de vue de l'influence du phosphore sur les résistances relatives des aciers. Ces travaux, qui sont tout à fait au début, offriront certainement un intérêt considérable et compléteront les renseignements scientifiques qui nous manquent encore sur l'influence des corps étrangers dans l'acier.

énergiques, il ne s'y trouvait pas (comme l'indiquent Wöhler et Brunner) du siliciure de manganèse.

Non-seulement nous l'avons trouvé dans les résidus provenant des fontes manganésées, *mais encore dans certains aciers très-manganésés*, ce qui, je crois, jusqu'à présent n'a été indiqué par aucun chimiste.

Aussi recommandons-nous à tous les métallurgistes qui se livrent à des travaux analytiques sur les aciers obtenus avec des fontes manganésées de rechercher si, dans les résidus, il ne s'y trouve pas, avec la silice, une certaine quantité de manganèse.

Si l'on se contente de dissoudre (comme cela est indiqué généralement dans les ouvrages de chimie), 3 grammes de fonte ou 20 grammes d'acier dans l'eau régale, d'évaporer à sec pendant douze heures, de détacher soigneusement de la capsule le résidu de l'évaporation pour le porter au rouge dans un creuset de platine, de redissoudre ce résidu dans l'acide chlorhydrique pur, d'évaporer une deuxième fois, de reprendre par l'acide chlorhydrique étendu, de filtrer, laver et calciner le résidu, on obtient généralement un poids de silice, et par suite de silicium beaucoup trop considérable.

Une partie du résidu est composée de siliciure de manganèse, complètement indécomposable par les acides les plus énergiques, même par l'eau régale.

Pour décomposer ce siliciure, il faut fondre ce résidu au creuset de platine avec trois ou quatre fois son poids d'un mélange d'une partie chlorate de potasse, deux parties de carbonate de potasse, deux parties de carbonate de soude. On reprend le résidu par l'acide chlorhydrique étendu, et après filtration et lavage à l'eau bouillante et calcination au rouge, *le résidu est bien de la silice pure*.

Dans la liqueur filtrée, on peut doser le manganèse par l'ammoniaque et le sulhydrate d'ammoniaque. C'est ainsi qu'en attaquant une fonte manganésée par l'eau régale,

nous avons trouvé pour résidu insoluble 2,16 p. 100. Ce résidu, fondu et traité comme il vient d'être dit, nous a donné :

Silicium. . . . .	1,44 p. 100.
Manganèse. . . . .	0,72 —
	<hr/>
	2,16 —

Un acier de mauvaise qualité nous a donné, attaqué par l'eau régale, un résidu considérable, 0,28 p. 100. Fondu au creuset de platine avec les carbonates alcalins, ce résidu a été décomposé en :

Silicium. . . . .	0,19 p. 100.
Manganèse. . . . .	0,09 —
	<hr/>
	0,28 —

Cette quantité de siliciure de manganèse est d'autant plus considérable dans les fontes et aciers, que l'on traite des minerais à gangue exclusivement quartzéuse. Dans les parties encore élevées du haut-fourneau, au rouge, la silice ne s'étant point encore combinée avec la chaux et l'alumine du lit de fusion, et présentant une affinité considérable pour l'oxyde de manganèse, forme probablement un silicate de protoxyde de manganèse. Ce silicate, très-difficilement réductible, arrive dans la partie inférieure du haut-fourneau; il est réduit là par contact avec le combustible, et une partie rentre dans la fonte à l'état de siliciure sans se décomposer. Il serait difficile d'expliquer autrement la combinaison de ces deux corps dans les fontes et aciers.

#### Travail de l'acier.

Les lingots d'acier obtenus, il faut les chauffer pour les travailler et les amener à certaines dimensions et formes marchandes. Cette élaboration demande des soins, de l'habileté de la part de l'ouvrier, et certains aménagements dans l'outillage. Avec un outillage mal compris à la forge,

le meilleur lingot peut donner de mauvais résultats. Cette question (travail de l'acier) sortant du programme que je me suis tracé, je la laisse de côté, ne faisant qu'indiquer la nécessité pour le fabricant d'étendre encore ses observations au delà de la simple production du lingot.

## OBSERVATION.

La détermination du volume d'air nécessaire à la conversion en acier d'un poids donné de fonte (pages 111 et 112 du mémoire), sans être rigoureusement exacte, répond très-bien aux exigences de la pratique.

La formule  $Q = 289 d^2 \sqrt{\frac{\mu}{P + \mu} (1 + 0,004 \times t)}$  donne le débit du vent par une buse dans l'atmosphère; mais dans le convertisseur Bessemer le vent doit encore vaincre la résistance qu'oppose la fonte. Par suite, si l'on voulait calculer très-exactement ce volume, il faudrait tenir compte de la contre-pression exercée à la sortie du vent par la fonte dans le convertisseur, et donner à P une valeur égale à la pression atmosphérique augmentée de la colonne de mercure qui ferait équilibre à la résistance à vaincre dans la cornue.

Dans le cas particulier que je me suis donné au début de ce travail, j'ai supposé que la fonte atteignait dans le convertisseur une hauteur de 0<sup>m</sup>,50. La colonne de mercure correspondante sera 0<sup>m</sup>,26 et l'on aura :

$$P = 0^m,75 + 0^m,26 = 0^m,99.$$

Substituant dans la formule (page 112) cette valeur de P, on a :

$$Q = 289 + \frac{0,009^2}{0,99 + 1,14} \sqrt{\frac{1,14}{0,99 + 1,14} (1 + 0,004 \times 12)}.$$

D'où

$$Q = 0^m^3,017557.$$

Telle est la quantité de vent rigoureusement exacte que donnera par 1" la buse de 9 millimètres de diamètre, en tenant compte de la contre-pression exercée par la fonte dans le convertisseur.

En négligeant cette contre-pression j'ai trouvé :

$$Q = 0^m^3,018727.$$

La résistance, qu'a opposée la fonte, a donc amené dans le débit une diminution de 0<sup>m</sup>^3,00117, qui est exactement 6 p. 100 du volume obtenu en ne tenant pas compte de cette contre-pression.

Cette diminution n'a qu'une très-faible influence sur l'opération Bessemer.

En négligeant la contre-pression exercée par la fonte, le débit par une buse de 9 millimètres de diamètre est (par 1") de 0<sup>m</sup>^3,018727, soit (par 1') de 1<sup>m</sup>^3,1256.

En tenant compte de cette résistance, le débit est 0<sup>m</sup>^3,017557, soit (par 1') 1<sup>m</sup>^3,0554.

Par les quarante-neuf petites buses, dont le fond est percé, l'écoulement total pendant les 35' (durée supposée de l'opération) sera :

Dans le premier cas de . . . . .	1.925 mètres cubes.
Dans le deuxième cas de . . . . .	1.807 —
Différence . . . . .	118 —

Ce qui représente simplement une augmentation de 2 à 3 minutes dans la durée de l'opération. On peut donc dans la pratique, où un excès d'air est toujours un immense avantage, calculer le vent nécessaire à une opération Bessemer, comme je l'ai fait pages 111 et 112 de ce mémoire.

## OBSERVATIONS SUR LE MÉMOIRE DE M. JANOYER.

Par M. L. GRUNER.

En publiant le mémoire de M. Janoyer sur le procédé Bessemer, la commission des *Annales* n'entend garantir en aucune façon les faits et les théories avancés. Elle accepte le mémoire sans le juger, et en laisse la responsabilité à qui de droit. Si je fais cette observation préliminaire, je ne veux personnellement ni blâmer ni approuver l'intéressant mémoire en question ; j'apprécie les travaux de M. Janoyer, et suis de son avis sur la plupart des points qu'il traite ; seulement je crois devoir faire quelques réserves ; je regrette en particulier que l'auteur ait trop complètement passé sous silence les publications antérieures, parues sur la matière tant en France qu'à l'étranger.

Ma première remarque est relative à la conclusion trop absolue de M. Janoyer quant à la nature des fontes propres à donner de l'acier Bessemer. On sait, depuis longtemps, que le procédé Bessemer, comme toute autre méthode d'affinage pour acier, exige des fontes *pures manganésifères*. On sait aussi qu'une condition spéciale de bonne marche de l'appareil Bessemer est une certaine teneur en *silicium*, qui seul peut développer la chaleur voulue. La proportion rigoureuse dépend de la nature des autres éléments, mais ne doit pas s'éloigner beaucoup, en général, de la limite de 2 p. 100, recommandée par M. Janoyer.

Il faut enfin, comme troisième condition, que la fonte soit *très-chaude* au moment où on la coule dans l'appareil, et que celui-ci aussi ait été suffisamment chauffé, pour que le métal n'ait pas la tendance à se figer ou à s'épais-

sir, sous la première impression du vent froid ; mais en dehors de ces trois conditions, je comprendrais difficilement que les fontes à 2 et à 4 1/2 p. 100 de manganèse, — si d'ailleurs l'opération est bien conduite, — soient forcément appelées à donner de meilleurs résultats que les fontes à teneurs *intermédiaires* de manganèse.

Il suffit de consulter les nombreuses analyses de fontes Bessemer, publiées par divers auteurs, telles que celles des fontes anglaises d'hématites, celles de Suède, de Styrie, etc., pour être convaincu que la composition des fontes pour acier Bessemer n'est pas aussi étroitement liée à des formules exclusives que le pense M. Janoyer.

J'observerai ensuite, en ce qui concerne les fontes riches en manganèse, que, bien avant l'introduction du procédé Bessemer au Creuzot, on a eu recours ailleurs à de pareilles fontes, et même à des fontes relativement peu grises, n° 3 à 4. Je citerai celle de *Neuberg*, tenant 3,46 p. 100 de Mn pour 1,96 p. 100 de Si (\*), celle de *Fagersta* en Suède, 2,926 de Mn pour 0,641 de Si, qui est truitée (\*\*); celle de *Hest* en Carinthie tenant 4,24 de Mn pour 1,79 de Si (\*\*\*) ; et celle de *Hoerde* (Westphalie), tenant au moins 3 p. 100 de Mn pour une dose de silicium peu supérieure à 1 p. 100 (\*\*\*\*).

On a constaté depuis longtemps, en Autriche, que des fontes peu siliceuses, même riches en manganèse, sont exposées à donner des explosions par défaut de chaleur ; c'est le motif pour lequel on a été amené à injecter, à Neuberg, du charbon de bois en poudre fine avec le vent, et c'est aussi ce qui a conduit M. Tunner à réclamer le vent chaud pour l'appareil Bessemer. Mais on peut remédier plus simplement à l'inconvénient en question en soufflant

(\*) *Annales des mines*, t. XII, pag. 258.

(\*\*) (\*\*\*) et (\*\*\*\*) *Revue de l'Exposition de 1867*, par M. Jordan (n° 6), p. 147 ; (n° 8) p. 583 et (n° 10), p. 345, 391 et 392.



le haut-fourneau lui-même avec du vent très-chaud, afin que le métal possède toujours, au moment de la coulée, une température élevée, même quand la fonte n'est pas très-grise. C'est aussi, pour avoir une fonte non refroidie, qu'il convient de vider complètement à chaque coulée le creuset des hauts-fourneaux. Ce n'est pas tant la *liquation* des métaux étrangers qui est à craindre que le refroidissement causé par le contact prolongé des parois froides.

La fonte se refroidit toujours par un séjour prolongé dans le creuset d'un haut-fourneau, et lorsque le creuset est plein, les couches inférieures sont, par ce motif, toujours moins chaudes que les couches supérieures.

## NOTE

SUR DEUX ACCIDENTS PAR ASPHYXIE DANS DES CONDUITES DE GAZ CHAUDS.

Par M. Eug. DE FOURCY, inspecteur général des mines.

Le ramonage des conduites de gaz chauds a produit deux graves accidents, dans le département de la Loire, l'un le 7 janvier 1872, à l'usine de la Chaléassière, l'autre le 24 novembre suivant, à celle de Terre-Noire.

## PREMIER ACCIDENT.

A l'aciérie de la Chaléassière, les fours Martin et les fours à réchauffer sont alimentés par un gazogène à la houille, au moyen d'une conduite en tôle horizontale de 46 mètres de long sur 1<sup>m</sup>,20 de diamètre, supportée par six colonnes creuses, dont trois sont inférieurement munies d'ouvreaux servant de dégagement à la suie; trois autres ouvreaux sont pratiqués de distance en distance, sur l'arête inférieure de la conduite.

Tous les mois, un dimanche matin, deux postes de six hommes, se relayant alternativement, enlèvent la suie et le goudron accumulés dans l'appareil, au moyen de râclettes à manche plus ou moins long. Chaque ouvrier entre à son tour dans la conduite et y demeure aussi longtemps que ses forces le lui permettent, cinq à six minutes au maximum. L'opération dure de trois à quatre heures.

Le jour de l'accident, la conduite était déjà nettoyée sur 17 mètres. Un ouvrier qui s'y était introduit ne revenant

pas après le temps voulu, un de ses camarades se met à sa recherche, le trouve sans mouvement, enfoui dans la suie, et tombe en appelant au secours. Deux ouvriers entrent aussitôt dans le tuyau, et, après avoir ramené le premier près de l'entrée, s'affaissent eux-mêmes suffoqués. Les deux derniers hommes du poste, revenant à ce moment pour reprendre leur tour de travail, tirent au jour la plus proche des quatre victimes, qui reprend bientôt ses sens ; mais, au lieu de continuer le sauvetage, ils courent éperdus par l'usine et rencontrent le fondeur Noiry qui, sans souci du danger, pénètre résolument dans la conduite et ramène l'un après l'autre les trois ouvriers asphyxiés, dont l'un gisait à 18 mètres et un autre à 25 mètres de l'entrée ; ces deux derniers n'ont pu être rappelés à la vie. Noiry a été honoré d'une médaille d'or.

Les ingénieurs n'ont pu déterminer exactement ni la nature ni la source des gaz délétères, qui ont envahi la conduite après son complet refroidissement. Ils pensent qu'un des ouvriers aura crevé quelque poche emprisonnée dans le goudron, et que cette poche contenait de l'hydrogène carboné et de l'oxyde de carbone, gaz essentiellement vénéneux.

## DEUXIÈME ACCIDENT.

Un accident tout semblable au précédent est arrivé dans une conduite de 1 mètre de large, recueillant les gaz chauds des hauts-fourneaux de l'usine de Terre-Noire pour les conduire aux chaudières à vapeur et aux appareils à chauffer l'air des souffleries. Ces gaz déposent des cadmies, dont une partie est pulvérulente et dont l'autre adhère assez à la tôle pour qu'on soit obligé de piquer l'intérieur des tuyaux. Pour faire le nettoyage, qui a lieu toutes les quatre ou cinq semaines, on arrête le vent des hauts-fourneaux, on ouvre la fermeture hydraulique des gueulards, on abaisse les vannes des prises de gaz chauds, et l'on

ouvre les trous d'homme, ainsi que les regards placés de 4 en 4 mètres le long de la génératrice inférieure de la conduite-maitresse. C'est le ramonage de cette dernière qui a causé l'accident du 24 novembre 1872 : il a coûté la vie à un ouvrier, qui y est tombé frappé d'asphyxie.

Les ingénieurs attribuent la mort de la victime, soit à l'action vénéneuse de l'oxyde de carbone contenu mécaniquement dans les cadmies, soit plutôt à l'obstruction des voies respiratoires par la poussière de ces dépôts, composés de cendres de coke et de chaux caustique.

## OBSERVATIONS.

Ces deux accidents, survenus à un intervalle de dix mois, démontrent le danger du nettoyage des grandes conduites de gaz chauds, même les mieux refroidies. Il convient, pour y parer, de multiplier les ouvreaux ou regards, et surtout d'en installer quelques-uns sur l'arête supérieure des conduites. Ces derniers rendront plus facile le nettoyage par l'extérieur, et, de plus, placés en alternance avec les regards inférieurs, ils détermineront des courants d'air emportant rapidement au dehors les substances délétères qui tendent à se dégager des dépôts liquides ou pulvérulents. Il y aurait aussi lieu d'examiner si l'on ne pourrait point lancer utilement dans les conduites des jets d'air ou de vapeur empruntés aux souffleries ou aux chaudières de l'usine.

## DÉSARGENTATION ET RAFFINAGE DU PLOMB

AU MOYEN DE LA VAPEUR D'EAU (\*)

DANS L'USINE DE MM. LUCE FILS ET ROZAN, A SAINT-LOUIS-  
LÈS-MARSEILLE.

Par M. Luce ROZAN fils, ancien élève de l'École des mines de Paris.

Les premiers résultats, obtenus par le procédé de désargentation par la vapeur d'eau, ont été publiés en 1871. Nous nous proposons aujourd'hui, par la publication des résultats déduits du traitement de 5.398 tonnes de plomb d'œuvre à 123 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de plomb, pendant l'année 1872, de donner la sanction de la pratique à ce procédé que l'on pouvait encore considérer en 1871 comme à l'état d'essai.

Depuis cette époque, le nombre des appareils a été porté à Saint-Louis de 1 à 4 et l'on a installé :

- 2 appareils dans l'usine de M. Roux, à Carthagène (Espagne).
- 2 appareils dans l'usine de Figueroa (Espagne).
- 2 appareils dans l'usine de Pontgibaud (Puy-de-Dôme).
- 2 appareils dans l'usine de la Piçè (Gard).

**Description du procédé.**

Au lieu d'agiter le bain de plomb pendant la cristallisation, avec une pince, comme dans le pattinsonage ordinaire, ou au moyen d'ailettes en fer mues par une machine à vapeur, comme dans le système Laveyssière, on a recours

(\*) Le procédé est breveté en France et à l'étranger.

à l'action directe de la vapeur d'eau. La vapeur en s'échappant produit dans la masse un bouleversement semblable à celui d'un liquide très-dense en ébullition. Cette agitation violente et continue est très-favorable, comme le démontre l'expérience, à la séparation du plomb et de l'argent sous forme de cristaux pauvres et de plomb liquide enrichi.

L'action de la vapeur est ici essentiellement mécanique. Quant à son action chimique, bien qu'elle soit faible, en raison de ce qu'elle se trouve en présence de métaux (plomb, cuivre, argent, antimoine) qui ne la décomposent pas à la température d'environ 330° à laquelle on opère, elle ne laisse pourtant pas de se faire sentir, puisque le plomb subit dans cette opération un raffinage, indépendamment de celui qu'il subit pendant la fusion au rouge sombre qui précède la cristallisation. On se dispense même de tout raffinage préalable pour les plombs moyennement durs ; les plombs très-durs seuls sont soumis à un raffinage préparatoire.

Si l'on supposait nulle l'action chimique de la vapeur d'eau, on pourrait attribuer exclusivement la pureté du plomb marchand, à laquelle on arrive sans raffinage préalable, à la série des raffinages partiels auxquels le plomb est soumis par le fait d'un grand nombre de refontes au rouge sombre. Mais un fait qui tend à faire attribuer à la vapeur un rôle actif dans le raffinage, c'est que les oxydes qui se produisent, d'abord jaunâtres et terreux au commencement de l'opération (cristallisation), deviennent, vers la fin, noirs et fortement chargés de cuivre, circonstance qui ne se produit pas dans les chaudières de pattinsonage, malgré le brassage le plus énergique. Le plomb, vers la fin de chaque opération, pendant que la vapeur barbote encore dans la partie liquide, où se sont concentrés, avec l'argent, le cuivre, l'antimoine et l'arsenic, se trouve ainsi dépouillé du cuivre qu'il contient. Quant à l'antimoine, il ne produit aucun phénomène semblable et se trouve éliminé peu à

peu, grâce à l'action oxydante de l'air extérieur, pendant les refontes successives auxquelles le plomb est soumis. On a même remarqué que les plombs doux donnent une quantité d'oxydes plus grande que les plombs durs, notamment que les plombs antimonieux, et cela dans les mêmes circonstances, ce qui prouve que l'antimoine, en présence du plomb, s'oxyde le premier et préserve en partie ce dernier de l'oxydation.

En résumé, quelque explication que l'on donne à l'action de la vapeur dans le raffinage, cette action n'en est pas moins certaine et efficace; c'est un fait d'expérience que les plombs marchands, obtenus par ce nouveau mode de travail, sont parfaitement doux; leur teneur en argent varie de 1<sup>er</sup>,2 à 2 grammes au maximum par 100 kilogrammes. — La teneur en argent du plomb riche, propre à passer à la coupelle, s'élève, suivant la nature et la teneur du plomb traité, de 1.600 à 2.000 grammes p. 100 kilogrammes. Bien que ces teneurs soient atteintes dans quelques usines par le pattinsonage, nous pensons que leur réalisation, devenue courante par le procédé nouveau, ne peut être obtenue par l'ancien qu'aux dépens du nombre d'opérations. La haute teneur du plomb riche n'est pas sans influence sur le prix de revient total de la désargentation que nous donnerons plus loin comparativement à l'ancien.

Outre la suppression d'une opération spéciale pour le raffinage, l'emploi de la vapeur, tel que nous allons le décrire, offre plusieurs avantages que nous allons énumérer avant de les faire ressortir par des chiffres.

*Diminution*, et, pour les plombs d'Espagne, *suppression* des frais d'épuration préalable.

*Moindre oxydation du plomb*, et, comme conséquence, *diminution des frais et déchets* à la réduction.

On ne produit que 200 à 220 kilogrammes d'oxydes au lieu de 400 à 550 que donnait le pattinsonage par tonne de plomb traité.

*Économie de temps et de main-d'œuvre.* — Cette économie est due non-seulement à la rapidité de l'opération, (on cristallise en moins de temps, que par le pattinsonage, 13 à 16 tonnes de plomb au lieu de 9 à 10 tonnes) et à la réduction du personnel, mais encore à l'accroissement de rapidité dans l'enrichissement d'un côté et l'appauvrissement de l'autre.

*Teneurs successives.*

	PLOMB riche.											PLOMB marchand.
Procédé vapeur. . . . .	1.600 <sup>g</sup> à 2.000 <sup>g</sup>	1.000	550	300	170	89	45	25	12	6	3	1 <sup>er</sup> ,2 à 2 <sup>es</sup>
Pattinsonage. 1.180	Plomb riche. 870	500	290	185	120	70	45	25	13	7	4	2 <sup>es</sup> ,5
		$\frac{2}{7}$ et $\frac{4}{7}$			$\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$							

La séparation du plomb en cristaux et en plomb enrichi s'effectue pour toutes les teneurs dans le nouveau procédé par  $\frac{1}{3}$  et  $\frac{2}{3}$ .

Dans le pattinsonage, pour les teneurs au-dessus de 120, on ne séparait que par  $\frac{2}{7}$  et  $\frac{4}{7}$  afin d'avoir du plomb assez riche. On mettait de côté  $\frac{1}{3}$  en cristaux dont la teneur était la même que la teneur primitive et qui faisait par conséquent retour à la chaudière.

Nous terminerons cette énumération, en faisant remarquer que le travail aux appareils exige des ouvriers moins exercés que pour le pattinsonage et assure ainsi aux chefs d'usine une plus grande indépendance; que les 10.000 à 12.000 francs d'installation d'un appareil sont rapidement amortis, et que le développement de bâtiments nécessaires est moindre que celui nécessité par le pattinsonage.

Afin de bien préciser ce qu'on peut espérer, dans chaque cas particulier, nous consignerons ici quelques observations relatives à l'influence de la nature des plombs sur leur manière de se comporter à la cristallisation. On sait qu'une

partie des corps étrangers (antimoine, et surtout arsenic) suivent l'argent dans sa concentration et finissent par s'y substituer partiellement; on peut estimer que les  $\frac{2}{3}$  de l'antimoine sont éliminés à l'état d'oxydes et que le  $\frac{1}{3}$  restant se retrouve dans le plomb à coupeller; quant à l'arsenic, il passe en majeure partie dans le plomb enrichi où son influence est des plus nuisibles au point de vue de l'enrichissement. Le cuivre est enlevé presque en entier par oxydation. Les exemples suivants feront ressortir l'importance des effets dus aux impuretés dans le travail de plombs de dureté différente.

*Plombs d'Espagne.* — Les plombs d'Espagne contiennent :

Rarement au-dessus de  $\frac{1}{2}$  p. 100 d'antimoine.  
 Environ. . . . .  $\frac{1}{4}$  p. 100 de fer, cuivre et soufre.  
 Des traces d'arsenic.

Ces plombs nécessitaient autrefois, avant d'être soumis au pattinsonage, une épuration préalable. L'ensemble des frais d'épuration préalable et d'affinage des plombs, provenant de la réduction des oxydes, représentaient 4<sup>f</sup>,60 par tonne; ces plombs sont aujourd'hui livrés directement aux appareils; les frais d'épuration se réduisent ainsi aux frais d'affinage du plomb *provenant des crasses riches des appareils*, ils représentent 0<sup>f</sup>,93 par tonne. — Ce chiffre est trop élevé pour les plombs d'Espagne, car il comprend les frais d'épuration préalable de 125 tonnes de plomb de Grèce qui ont été traités en 1872 et sont compris dans les 5.598 tonnes traitées dans l'année.

Le rôle de l'antimoine et de l'arsenic, indiqué plus haut, explique pourquoi les oxydes, provenant des plombs enrichis à une teneur supérieure à 200 grammes, donnent par réduction du plomb dur exigeant une épuration.

L'enrichissement des plombs d'Espagne n'offre aucune difficulté; la teneur du plompe riche est facilement portée à 1.800 grammes; la teneur en antimoine y atteint 3 p. 100.

*Plombs de Grèce.* — Les plombs de Grèce contiennent :

Antimoine. . . . .	2,5 p. 100.
Arsenic. . . . .	1
Fer et soufre. . . . .	1
Cuivre. . . . .	0,5
Total. . . . .	5,0 p. 100.

Au lieu de 0,75 p. 100 contenus dans les plombs d'Espagne.

Ces plombs, soumis directement à la cristallisation, donnent de mauvais résultats; une épuration préalable devient nécessaire. Cette opération ne doit pas être poussée aussi loin que pour le pattinsonage; il faut, pour obtenir de bons résultats à la cristallisation, arrêter l'épuration, lorsque le plomb contient encore  $\frac{1}{2}$  p. 100 d'antimoine.

Nous avons déjà fait remarquer que la présence d'une certaine quantité de métaux étrangers (antimoine, cuivre) était nécessaire pour préserver le plomb contre l'oxydation pendant les refontes au rouge sombre et les cristallisations; c'est de ce fait que découle le double avantage déjà cité :

*D'une diminution* dans la proportion d'oxydes;

*De la suppression* des frais d'épuration préalable pour les plombs qui ne contiennent pas plus de  $\frac{1}{2}$  p. 100 d'antimoine.

Les plombs de Grèce, même après épuration, ne peuvent être facilement enrichis au delà de 1.600 grammes.

*Plombs de Pontgibaud.* — Les plombs de Pontgibaud contiennent :

Antimoine. . . . .	3,2 p. 100
Cuivre. . . . .	0,5 p. 100
Arsenic. . . . .	forte proportion.

Ces plombs sont soumis à une épuration préalable partielle qui élimine une grande partie de l'antimoine, mais ils présentent les mêmes difficultés que les plombs de Grèce à l'enrichissement. Le plompe riche ne contient pas plus de 3 p. 100 d'antimoine, comme le plomb riche provenant des

plombs d'Espagne, et ne peut pourtant être poussé à une teneur aussi élevée que ce dernier.

Si l'on remarque que l'arsenic n'est que très-imparfaitement éliminé au reverbère, on peut conclure de cet ensemble de faits que c'est l'arsenic qui tend le plus à se substituer à l'argent et dont l'influence sur l'enrichissement est la plus nuisible. La solution des difficultés qu'entraîne la présence de l'arsenic paraît se trouver dans l'application du procédé d'épuration par la soude, imaginé par M. Thomas-Payen et sur le point d'être installé à Marseille.

On voit en résumé que la nature des plombs n'est pas sans influence sur le travail, mais que les avantages indiqués subsistent, les uns en entier, parce qu'ils sont indépendants de la qualité des plombs, les autres en partie, puisqu'ils atténuent, sans les détruire, les mauvais effets dus à la présence de l'antimoine et de l'arsenic.

*Mode de travail aux appareils.* — Avant de suivre la marche d'une opération, nous indiquerons sommairement les principales parties des appareils de cristallisation, dont nous décrirons les détails à mesure que leur emploi se présentera.

Un appareil se compose de deux chaudières situées à des niveaux différents :

- 1° Chaudière supérieure, pour fondre le plomb à désargenter, pouvant contenir 9 à 10 tonnes;
- 2° Chaudière inférieure, pour la cristallisation, pouvant contenir 15 à 16 tonnes.

Un plancher, établi au niveau du bord de la chaudière inférieure, permet à l'ouvrier d'enlever les oxydes et de surveiller la marche du travail.

On a adopté pour la coulée des tubulures fermées par des plaques de friction.

Pour éviter que le plomb ne pénètre dans le tuyau d'introduction de la vapeur et ne s'y fige, on a employé un robinet à clapet.

Le plomb d'œuvre, d'abord fondu dans la chaudière supérieure est écumé et coulé dans la chaudière inférieure. A ce moment on introduit un petit jet de vapeur, pour faciliter le mélange des cristaux de la précédente opération avec le plomb en fusion.

Un filet d'eau, répandue à la surface du plomb, au commencement de l'opération, active son refroidissement et facilite la formation des cristaux. La vapeur, produite par un générateur voisin et introduite à la pression de 3 atmosphères dans le bain de plomb, au moyen d'un tube latéral, s'y distribue d'une manière uniforme, grâce à la résistance que lui oppose un disque en fonte qu'on a rendu bien horizontal.

La chaudière est munie d'un couvercle à segments qu'un ouvrier soulève alternativement, toutes les cinq ou dix minutes, pour détacher avec une pince le plomb qui, pendant le bouillonnement, est venu au contact de la partie supérieure et s'y est figé.

Deux petits foyers supplémentaires qu'on met en feu quelques instants avant la coulée, donnent aux tubulures la température voulue pour l'écoulement du plomb.

L'ouvrier enlève les oxydes une fois par opération (au commencement avant l'introduction de la vapeur).

Le couvercle à segments porte l'amorce d'une cheminée qui met la chaudière en communication avec des chambres de condensation, où arrive la vapeur entraînant une partie des oxydes qui s'y déposent à l'état pâteux.

On coule lorsque les  $\frac{2}{3}$  environ du plomb sont à l'état de cristaux. Le plomb enrichi est reçu dans des cuvettes en forme de tronc de cône fixées dans le sol. Les tubulures sont munies de grilles destinées à retenir les cristaux. Chaque pain pèse environ 2.500 kilogrammes; on en fait deux par opération, soit 5.000 kilogrammes. C'est le tiers du contenu de la chaudière.

Les pains de plomb, successivement obtenus dans une

série d'opérations, sont soulevés au moyen d'une grue à vapeur et rangés, par teneur, autour de l'appareil; ils rentrent successivement dans le roulement des opérations suivantes. Les plombs, portés à une teneur supérieure à celle du point de départ, sont accumulés jusqu'à ce que leur somme permette de commencer une nouvelle série d'opérations, dont la teneur est le point de départ. (Pour éclaircissements, voir le tableau : Série des opérations.)

La coulée faite, on introduit dans la chaudière inférieure le plomb qui a été fondu dans la chaudière supérieure pendant la précédente cristallisation, et l'on commence une nouvelle opération.

Lorsqu'on arrive au plomb marchand, ou au plomb complémentaire, qui sont à l'état de cristaux, on met en feu, pour les fondre, le foyer de la chaudière inférieure. Le plomb marchand est coulé dans des lingotières disposées suivant un arc de cercle dont la tubulure est le centre, et remplies au moyen d'une gouttière mobile sur un pivot.

On appelle *opération* l'ensemble des travaux effectués entre la coulée du plomb de la chaudière supérieure dans la chaudière inférieure et la coulée en pains du plomb enrichi.

La durée d'une opération est d'une heure et demie à 2 heures. Les coulées de plomb marchand et celles de plomb complémentaire sont comptées pour deux opérations, parce que le temps nécessaire pour la fonte des cristaux dans la chaudière inférieure est à peu près double du temps nécessaire pour une cristallisation. Le nombre d'opérations représentant ces coulées est, pour du plomb à 123 grammes, de 25 à 30 p. 100 du nombre des cristallisations.

Le nombre d'opérations, effectuées par vingt-quatre heures dans un appareil, est en moyenne de 13, il s'élève exceptionnellement à 16 et 17 suivant la nature du combustible, le tirage, et la proximité du générateur.

On sait que le nombre d'opérations nécessaire pour traiter

une même quantité de plomb varie avec la teneur. Un appareil traitant du plomb à 123 grammes produit par jour de travail de vingt-quatre heures, 6 à 7 tonnes de plomb marchand.

**Note explicative du tableau des séries d'opérations.**

Pour indiquer le mode de travail adopté, nous donnons un tableau, indiquant les teneurs successives par lesquelles passe un plomb à 170 grammes, en s'enrichissant d'un côté et en s'appauvrissant de l'autre, pour arriver enfin à se séparer en plomb marchand à 1<sup>er</sup>,5 par 100 kilogrammes, et en plomb à coupeller à 1.800 grammes. Le tableau marque la manière dont se succèdent les opérations pour arriver à ce résultat.

Nous supposons qu'on n'a dans l'usine aucun autre plomb à traiter que celui ayant la teneur de 170 grammes, ci-dessus indiquée; et nous prenons le travail au moment où l'on a préparé, pour chaque teneur de la série, une quantité de plomb égale au tiers du contenu d'une chaudière, circonstance qui se reproduit périodiquement au cours des opérations.

TABLEAU DES SÉRIES D'OPÉRATIONS.

- 1° Les chiffres, placés en tête des colonnes, donnent la teneur des plombs de chaque opération. Bien que, théoriquement, l'enrichissement soit du simple au double, on n'a pas admis cette proportion pour ne tenir compte que des résultats pratiques déduits du travail ordinaire des plombs de Carthagène. Les plombs à une teneur intermédiaire à celles indiquées sur le tableau sont traités comme les plombs du tableau dont la teneur est immédiatement supérieure. Ainsi des plombs à 123 sont traités comme les plombs à 170 grammes.
- 2° Le stock représente les pains de plomb qui sont auprès de l'appareil, soit qu'ils proviennent des opérations précédentes, soit que, pour la mise en train, on les ait produits au moyen de cristallisations préalables.
- 3° Les chiffres 1, 2, 3, placés dans les colonnes indiquent le numéro d'ordre de chaque opération des séries. La fonte des cristaux, pour obtenir du plomb marchand ou du plomb complémentaire, est comptée pour deux opérations.
- 4° La lettre *a* représente le tiers enrichi du contenu de la chaudière de cristallisation, qui est soutiré et moulé en pains pour les opérations suivantes, ou en saumons *S* pour la coupelle.
- 5° La lettre *b* = 2 *a* représente les deux tiers appauvris du contenu de la chaudière de cristallisation qui restent à l'état de cristaux dans la chaudière, pour la continuation des opérations ou qui sont fondus et moulés, soit en saumons de plomb marchand, *M*, soit en pains de plomb complémentaire, *P*, pour les opérations suivantes.
- 6° Ainsi *a* + *b* représente donc le contenu d'une chaudière.
- 7° La lettre *C* (charge) s'applique au plomb d'œuvre primitif, que l'on a à traiter; le plus souvent cette charge n'est égale qu'aux deux tiers du contenu de la chaudière, soit à *Cb*. Lorsqu'elle est, exceptionnellement, entière, elle est représentée par  $C \begin{cases} a \\ b \end{cases}$

1600 à 2000	1000	550	300	170	89	45	25	12	6	3	1 1/2
Stock	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	
			<i>C b</i>								
			<i>a</i> ... 1 ... <i>b</i>								
			<i>a</i> ... 2 ... <i>b</i>								
			<i>C b</i> ... <i>a</i> ... 3 ... <i>b</i>								
			<i>a</i> ... 10 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 4 ... <i>b</i>								
			<i>a</i> ... 11 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 5 ... <i>b</i>								
		<i>a</i> ... 18 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 12 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 6 ... <i>b</i>									1 <sup>re</sup> coulée
		<i>a</i> ... 19 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 13 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 7 ... <i>b</i>									<i>b</i> M
		<i>a</i> ... 20 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 14 ... <i>b</i>									8-9
		<i>C b</i> ... <i>a</i> ... 21 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 15 ... <i>b</i>									<i>b</i> P
		<i>a</i> ... 26 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 22 ... <i>b</i>									16-17
		<i>a</i> ... 27 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 23 ... <i>b</i>									<i>b</i> P
		<i>C b</i> ... <i>a</i> ... 28 ... <i>b</i>									24-25
		<i>a</i> ... 32 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 29 ... <i>b</i>									<i>b</i> P
		<i>a</i> ... 33 ... <i>b</i>									30-31
		<i>a</i> ... 37 ... <i>b</i> ... <i>a</i> ... 34 ... <i>b</i>									<i>b</i> P
A reporter	<i>a</i>	3 <i>a</i>	<i>a</i>	38	<i>b</i>		35-36				

1600 à 2000	1000	550	300	170	89	45	25	12	6	3	1 1/2
Report	<i>a</i>	3 <i>a</i>	<i>a</i>	38	<i>b</i>	<i>a</i>	35-36				
	<i>a</i> ... 42 ... <i>b</i>		<i>b</i>	39	<i>b</i> P						
	<i>a</i> ... 43 ... <i>b</i>		<i>b</i>	40-41							
	<i>a</i> ... 44 ... <i>b</i>		<i>b</i>	45-46	<i>b</i> P						
			<i>C</i> $\begin{cases} a \\ b \end{cases}$ ... 47 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 48 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 49 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 50 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 51 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 52 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 53 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 54 ... <i>b</i>	2 <sup>e</sup> coulée
			<i>a</i> ... 56 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 57 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 58 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 59 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 60 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 61 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 62 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 63 ... <i>b</i>	<i>b</i> M
			<i>a</i> ... 65 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 66 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 67 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 68 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 69 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 70 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 71 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 72 ... <i>b</i>	3 <sup>e</sup> coulée
			<i>C b</i> ... <i>a</i> ... 74 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 75 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 76 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 77 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 78 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 79 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 80 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 81 ... <i>b</i>	<i>b</i> M
			<i>a</i> ... 83 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 84 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 85 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 86 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 87 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 88 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 89 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 90 ... <i>b</i>	4 <sup>e</sup> coulée
			<i>a</i> ... 92 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 93 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 94 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 95 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 96 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 97 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 98 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 99 ... <i>b</i>	<i>b</i> M
			<i>a</i> ... 101 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 102 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 103 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 104 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 105 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 106 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 107 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 108 ... <i>b</i>	5 <sup>e</sup> coulée
			<i>a</i> ... 109 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 110 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 111 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 112 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 113 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 114 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 115 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 116 ... <i>b</i>	<i>b</i> M
			<i>a</i> ... 117 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 118 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 119 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 120 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 121 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 122 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 123 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 124 ... <i>b</i>	6 <sup>e</sup> coulée
			<i>C b</i> ... <i>a</i> ... 125 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 126 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 127 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 128 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 129 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 130 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 131 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 132 ... <i>b</i>	<i>b</i> M
			<i>a</i> ... 133 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 134 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 135 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 136 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 137 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 138 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 139 ... <i>b</i>	<i>a</i> ... 140 ... <i>b</i>	120-121
A reporter	<i>a</i>	<i>a</i>	139	<i>b</i>	<i>a</i>	133	<i>b</i>	<i>a</i>	127	<i>b</i>	



1600 à 2000	1000	550	300	170	89	45	25	12	6	3	1 1/2
Report...	a...	a...	139...	b	a...	133...	b	a	127...	b	7° coulé
			a...	140...	b	a...	134...	b	a	128	8° coulé
			a...	141...	b	a...	135...	b	a	129-130	9° coulé
			<b>C b</b>	a...	142...	b	a	136	a	b P	10° coulé
			a...	149...	b	a...	143...	b	a	137-138	11° coulé
			a...	150...	b	a...	144...	b	a	a	12° coulé
			<b>C b</b>	a...	151...	b	a	145	a	b	13° coulé
			a...	158...	b	a...	152...	b	a	146	14° coulé
			a...	159...	b	a...	153...	b	a	147-148	15° coulé
			a...	166...	b	a...	160...	b	a	154	16° coulé
			a...	167...	b	a...	161...	b	a	155	17° coulé
	a...	174...	b	a...	168...	b	a...	162	b	156-157	18° coulé
	a...	175...	b	a...	169...	b	a...	163	a	b P	19° coulé
			a...	176...	b	a...	170...	b	a	164-165	20° coulé
			a...	177...	b	a...	171...	b	a	b P	21° coulé
			<b>C b</b>	a...	178...	b	a	172-173	a	a	22° coulé
			a...	182...	b	a...	179...	a	a	a	23° coulé
			a...	183...	b	a...	180-181	a	a	a	24° coulé
			<b>C b</b>	a...	184...	b	a	a	a	a	25° coulé
			a...	191...	b	a...	185...	b	a	a	26° coulé
			a...	192...	b	a...	186...	b	a	a	27° coulé
	a...	200...	b	a...	193...	b	a	187	a	b	28° coulé
			a...	201...	b	a...	194...	b	a	188	29° coulé
			a...	202...	b	a...	195...	b	a	189-190	30° coulé
			<b>C b</b>	a...	203...	b	a	196	a	b	31° coulé
			a...	209...	b	a...	204...	b	a	197	32° coulé
			a...	210...	b	a...	205...	b	a	198-199	33° coulé
			<b>C b</b>	a...	211...	b	a	206	a	b P	34° coulé
			a...	218...	b	a...	212...	b	a	207-208	35° coulé
			a...	219...	b	a...	213...	b	a	a	36° coulé
			a...	227...	b	a...	220...	b	a	214	37° coulé
			a...	228...	b	a...	221...	b	a	215	38° coulé
	a...	236...	b	a...	229...	b	a	222	b	a	39° coulé
A reporter	3 a	a	237	b	a	230	b	a	223	b	

1600 à 2000	1000	550	300	170	89	45	25	12	6	3	1 1/2
Report...	3 a	a...	237...	b	a...	230...	b	a	223	b	13° coulé
a S	245...	b	a...	238...	b	a...	231...	b	a	224	b M
à coupeller	a...	246...	b	a...	239...	b	a...	232...	b	a	225-226
		a	247...	b	a...	240...	b	a...	233	b P	
			a	248...	b	a...	241...	b	a	234-235	
				a	249...	b	a...	242...	b P	a	
					a...	250...	b	a	243-244	a	
						a...	251...	b	a	a	
							a...	252...	b	a	
								a	253	b	14° coulée
									a	254	b M
									a	a	255-256
Stock...	a	a	a	a	a a	a a	a	a	a a	a	

Il est à observer qu'au début du travail, le stock se composait de a de plomb de chacune des teneurs de 3 à 1.230 grammes, soit de 10 a, représentant le contenu de trois chaudières et un tiers, alors qu'à la fin de la période observée, il en reste 13, soit le contenu de quatre chaudières et un tiers; c'est donc 3 a, l'équivalent du contenu d'une chaudière, qui ont été partiellement élaborés en sus de la production.

La première opération, représentée dans le tableau ci-dessus par 1, est effectuée dans la grande chaudière avec du plomb à 170 grammes. Elle est désigné dans le tableau par une charge de  $\frac{a}{Cb}$ , et donne :

d'une part,  $a = \frac{1}{3}$  du plomb primitif, enrichi à 300 grammes, que l'on coule en saumons et met en réserve auprès de l'appareil;

et, d'autre part,  $b = \frac{2}{3}$  du plomb primitif, appauvri en cristaux, de la teneur de 89 grammes. Celui-ci reste dans la chaudière, qui est complétée par a de plomb en saumons, à 89 grammes, qu'on a eu soin de fondre dans la chaudière supérieure. La chaudière infé-

rière est donc prête pour la cristallisation 2, et l'on voit qu'on pourra continuer ainsi les cristallisations jusqu'à obtenir du plomb marchand dans la huitième opération.

Après la coulée du plomb marchand, on remplit de nouveau la chaudière de plomb à la teneur initiale de 170 grammes (c'est la dixième opération), et l'on continue les cristallisations jusqu'à ce qu'on soit arrêté par le manque de plomb complémentaire, ce qui a lieu, dans le tableau, après la quinzième opération. On coulera donc, en pains P, les cristaux à 5 grammes, qu'on mettra de côté pour servir de plomb complémentaire dans une autre opération, et l'on recommencera une nouvelle série de cristallisations (opération 18).

En résumé, on fait succéder les cristallisations les unes aux autres jusqu'à ce que l'on soit arrêté par le manque de plomb complémentaire. On coule alors les cristaux qui serviront plus tard de plomb complémentaire. En recommençant ainsi plusieurs séries de cristallisations, partant de la teneur initiale, ou d'une teneur plus élevée, lorsqu'on a accumulé un nombre suffisant de pains enrichis, on arrive à préparer une quantité de plomb complémentaire suffisante pour pousser une ou plusieurs séries de cristallisations jusqu'au plomb marchand.

BRIS DE REVIENT, A L'USINE DE SAINT-LOUIS, DE L'AFFINAGE COMPLET  
DE PLOMB ARGENTIFÈRES D'ESPAGNE A 125 GR. P. 100 KILOG.

On a traité dans l'année 5.398 tonnes de plomb dont 125 tonnes de plomb dur de Grèce; les frais d'épuration seront donc un peu plus élevés que si l'on n'avait traité que du plomb d'Espagne.

Nous désignons par *affinage* la série complète des opérations à l'aide desquelles on transforme du plomb argentifère en :

Plomb raffiné marchand.  
Plomb antimonieux.  
Argent raffiné.  
Pertes.

Nous appelons plomb traité dans l'année la quantité de plomb qui est sortie de l'usine sous les diverses formes indiquées ci-dessus. C'est à cette quantité que seront rapportées les dépenses de l'année.

Nous donnons ci-après un tableau comparatif des frais d'affinage du plomb par la vapeur d'eau et par le pattinsonage. Les frais d'affinage par la vapeur sont déduits du traitement de 5.398 tonnes de plomb à 125 grammes; quant à ceux du pattinsonage, ils sont déduits du travail d'une des années précédentes.

DÉPENSES AUX APPAREILS RAPPORTÉES A L'OPÉRATION.		francs.
Main-d'œuvre	spéciale. . . . .	2,68
	diverse. . . . .	1,42
Combustible, 120 kilogrammes. . . . .		3,82
Fer et fonte. . . . .		0,90
Fournitures. . . . .		0,44
Dépense par opération. . . . .		9,26

La différence de 20 fr. 72 c. en faveur de la vapeur d'eau sur l'ensemble des frais, non compris les déchets, est la conséquence des divers avantages que nous avons énumérés (diminution des frais d'épuration, de cristallisation, de coupellation, de réduction des oxydes).

Nous appelons aussi l'attention sur le peu d'élévation des déchets en plomb qui sont de 2 p. 100. Ces déchets sont moindres :

*Dans l'épuration*, parce qu'on n'épure qu'une partie du plomb;

*Dans la réduction des oxydes*, parce qu'on en a moitié moins;

*Dans la coupellation*, parce que le plomb étant enrichi à 1.600 et 1.800 grammes au lieu de 1.100 à 1.200, on en passe une quantité moindre à la coupelle.

Comme complément aux chiffres précédents, pour achever de fixer les idées sur la valeur du procédé, nous ajou-

terons quelques détails sur la main-d'œuvre, les consommations, la production des produits secondaires aux appareils, et sur l'installation de ces appareils et celle de l'atelier. Il s'agit toujours de plombs à 125 grammes.

*Main-d'œuvre.* — La main-d'œuvre *spéciale* pour un appareil comprend :

	francs.	
Chef cristalliseur à . . . . .	1,00	par opération,
Ouvrier . . . . .	0,70	—
Ouvrier . . . . .	0,70	—
Total . . . . .	2,40	par opération,

auxquels il faut ajouter le salaire des aides au moulage du plomb marchand et les journées de chauffage du dimanche, ce qui porte la main-d'œuvre spéciale à 2,68 par opération.

La main d'œuvre diverse comprend les frais de surveillance, transports de la cour à l'atelier et empilage des plombs, laboratoire, forgeron, etc., etc.

Le chef cristalliseur est chargé de la conduite des opérations.

Des deux ouvriers, l'un est chargé de la grue et du foyer du générateur, l'autre du foyer des chaudières; ils font ensemble les diverses manœuvres (enlèvement des oxydes, coulées, etc., etc.).

Les postes sont de douze heures.

*Combustible.* — Il faut pour les chaudières des appareils un combustible très-inflammable, afin d'opérer sans perte de temps la fusion du plomb et des cristaux. Le gros charbon de la Grand-Combe remplit bien ce but, bien qu'il contienne 20 p. 100 de cendres. La consommation totale de ce combustible est de 120 kilogrammes par opération dont 77 p. 100 environ, soit 92 kilogrammes, est brûlé sous les chaudières, et le reste, 28 kilogrammes, est brûlé sous les générateurs.

L'habileté du chauffeur a une grande influence sur la consommation.

*Importance d'un bon tirage.* — Un mauvais tirage peut abaisser à quatre, par poste de douze heures, le nombre d'opérations qui s'élève à six ou sept, et même à neuf, avec un bon tirage. Un plus grand nombre d'opérations doit être considéré comme un mauvais résultat, car l'ouvrier n'a plus le temps de fondre complètement les cristaux.

La mauvaise qualité du combustible a un effet analogue.

*Oxydes.* — La cheminée en tôle de chaque appareil est surmontée d'une chambre en tôle de deux mètres cubes et deux tiers de volume, où se condense une partie de la vapeur chargée d'oxydes qui sort de la chaudière; la vapeur se rend de là dans des chambres de condensation de 100 mètres cubes environ par appareil où elle achève à peu près de se dépouiller d'oxydes et s'échappe dans le conduit général qui mène à la cheminée. Il est important que le tirage de cette cheminée soit très-actif afin d'éviter que les oxydes ne se répandent dans l'atelier et ne rendent le travail malsain.

Les oxydes, recueillis dans les chambres, sont ceux qui se produisent pendant la cristallisation. Ils ont la composition suivante :

Oxyde de plomb . . . . .	83,50
Oxyde de fer . . . . .	0,80
Oxyde de cuivre . . . . .	5,50
Acide antimonieux . . . . .	5,40
Acide arsénieux . . . . .	1,50
Acide sulfurique . . . . .	0,45
Acide carbonique . . . . .	2,25
Pertes . . . . .	2,80
	<hr/>
	100,00

Les oxydes, recueillis sur le plomb en fusion dans la grande chaudière au commencement d'une opération, sont ceux qui se sont produits à la fin de l'opération précédente pendant la coulée du plomb enrichi, la vapeur barbotant encore pour faciliter la coulée. Ces oxydes sont loin d'être aussi impurs que ceux qui sont recueillis dans les cham-

bres. Ce fait prouve que c'est pendant la cristallisation que se produit l'épuration du plomb.

La proportion d'oxydes, recueillis par opération, est de 108 kilogrammes, dont les oxydes des chambres forment un peu plus de 1/10. Le poids d'oxydes, par tonne de plomb traité, est de 200 kilog.

*Chaudières.* { Poids des grandes chaudières. 2.200 kilogrammes.  
 { Poids des petites chaudières. 1.000 kilogrammes.

Les chaudières sont en fonte. En moyenne une grande chaudière reste en place sept mois de travail (de vingt-six jours de travail effectif), représentant environ 2.400 opérations.

La grande durée de ces chaudières s'explique par l'absence de coups de feu; la chaudière n'est chauffée en effet qu'au moment de la fonte du plomb marchand ou complémentaire; elle l'est aussi, mais très-peu, au moment de la fonte des cristaux de chaque opération.

Une petite chaudière reste un mois et demi en place, ce qui correspond à une chaudière par 240 tonnes de plomb traité, soit à 506 opérations. Ce peu de durée s'explique par la violence et la fréquence des coups de feu. Exceptionnellement la durée de ces chaudières est de trois mois.

La consommation par appareil et par année s'élève donc à huit petites chaudières et deux grandes au maximum.

La consommation de fonte en 1872 a été de 42 tonnes, soit 7<sup>k</sup>,78 par tonne de plomb traité.

Le remplacement d'une petite chaudière ne représente qu'une perte de temps d'une heure et demie.

On fait en ce moment l'essai d'une chaudière en fer qui est en place depuis quatre mois.

Le prix élevé de ces chaudières exige qu'elles restent en place plus d'une année pour qu'il y ait avantage à les employer.

*Générateurs.* — On a employé jusqu'à présent des chau-

dières horizontales de 6 à 7 mètres de surface de chauffe par appareil, grue comprise.

Il convient d'avoir un générateur par deux appareils placé à égale distance de ceux-ci. Pour éviter les inconvénients résultant de la condensation, il faut rapprocher autant que possible les générateurs des appareils; les chaudières verticales à bouilleurs, qui occupent un espace restreint, devront peut-être être préférées à l'avenir.

On brûle aux générateurs 28 kilogrammes de houille par opération; il faut ajouter à cette consommation les escarbilles des appareils.

La consommation de combustible aux générateurs est de 30 p. 100 de la consommation aux chaudières, ou de 23 p. 100 de la consommation totale.

On consomme environ 112 kilogrammes de vapeur par opération dont :

Deux tiers pour la cristallisation,  
 Un tiers pour la grue.

La pression de la vapeur est de 3 à 3 1/2 atmosphères.

Nous indiquons ci-dessous le coût d'un appareil de 15 à 16 tonnes, tel que celui que représente le dessin ci-joint. Nous faisons abstraction des appareils de condensation, de la cheminée et des bâtiments.

COUT D'UN APPAREIL DE 15 A 16 TONNES.

		francs.	
Appareil et outillage.	{	Fonte (deux chaudières et diverses plaques) . . . . .	4.500
		13.531 kilog. à 35 fr. p. 100 kilog. . . . .	3.000
		Fer et maçonnerie. . . . .	3.500
		Grue à vapeur et accessoires. . . . .	3.000
		Générateur, tuyautage, etc. . . . .	3.000
			<hr/> 14.000

Lorsqu'on a un générateur servant pour deux appareils, c'est 1.500 francs et non 3.000 qu'il faut compter. Le prix d'un appareil se trouve alors réduit à 12.500 francs.

		FRAIS					
		afférents au traitement de 5.398 <sup>k</sup> ,61 de plomb d'Espagne à la teneur de 123 gr. p. 100 par kilogramme.					
		MAIN-D'ŒUVRE		COMBUSTIBLE.	FER ET FONTE.	FOURNITURES.	TOTAUX.
spéciale.	diverse.						
En 757 jours de travail aux appareils, on a fait . . . . . 9.853 opérations.							
On a consommé . . . . . 1.198 <sup>k</sup> ,49 de houille.							
Idem . . . . . 42 <sup>k</sup> ,00 de fonte.							
Appareils . . . . .		fr. 26.357,94	fr. 13.872,65	fr. 37.525,74	fr. 8.870,07	fr. 4.362,73	fr. 90.989,13
Épuration.	Plomb de la réduction . . . . . 259.166 kilog.	968,85	402,21	2.929,30	»	752,93	5.053,29
	Plomb de Grèce . . . . . 175.162						
	Plomb divers . . . . . 35.740						
Total . . . . . 470.068							
Coupelle, 406.380 kilog.	Plomb . . . . . 399.119	8.025,00	777,48	8.405,48	»	1.138,06	18.346,02
	Argent . . . . . 7.261						
Réduction au réverbère de 1.386 <sup>k</sup> ,300 de matières oxydées (li-charge, crasses, etc.) contenant 1.292 <sup>k</sup> ,639 de plomb . . . . .		2.959,92	1.331,67	10.045,40	»	1.082,43	15.419,32
Réduction au four à cuve de 487 <sup>k</sup> ,929 de matières contenant . . . . .	Plomb . . . . . 292.252 kilog.	2.070,94	932,99	4.798,14	»	1.775,78	9.577,85
	Argent . . . . . 256,48						
Totaux . . . . .		40.382,55	17.317,00	63.703,96	8.870,07	9.111,93	139.385,61

Perte en plomb : 113,859 kilog.  
Perte en argent : 100<sup>k</sup>,642 sur 6.739<sup>k</sup>,431 d'argent payé.

TABLEAU COMPARATIF  
des frais de désargentaion et de raffinage du plomb.

PAR LA VAPEUR D'EAU.							PAR LE PATTINSONAGE.				
PLOMB A 123 GRAMMES.							PLOMB A 134 GRAMMES.				
Frais rapportés à la tonne de plomb traité.							Frais rapportés à la tonne de plomb traité.				
Aux appareils.	Main-d'œuvre		224 p. tonne Combustible.	Fer. fonte.	Fournitures.	Totaux.	Totaux.	Fournitures.	383 p. tonne Combustible.	Main-d'œuvre.	
	spéciale.	diverse.									
	fr.	fr.									
Appareils . . . . .	4,88	2,57	6,95	1,64	0,81	16,85	30,34	6,15	10,51	13,68	Cristallisation.
Épuration . . . . .	0,18	0,07	0,54	»	0,14	0,93	4,60	»	»	»	Épuration.
Coupelle . . . . .	1,49	0,14	1,56	»	0,21	3,40	6,10	»	»	»	Coupelle.
Réduction au réverbère . . . . .	0,55	0,25	1,86	»	0,20	2,86	5,50	»	»	»	Réduction.
Réduction au four à cuve . . . . .	0,38	0,18	0,89	»	0,33	1,78					
	7,48	3,21	11,80	1,64	1,69	25,82	46,54				
Ensemble des frais non compris les déchets . . . . .						25,82	46,54				
Perte en plomb : 21 p. mille.						Perte en plomb : 3 p. 100.					
Perte en argent : 1,5 p. 100 de l'argent payé d'après l'essai. Cette perte comprend les déchets dus aux diverses opérations et la perte par abandon dans les produits marchands (plomb raffiné et plomb antimoniéux).						Perte en argent : 4,5 p. 100.					

## LÉGENDE DES FIGURES.

- Pl. IV. *Fig. 1.* Plan de l'appareil de pattinsonage.  
*Fig. 2.* Coupe verticale, par la chaudière inférieure.
- Pl. V. *Fig. 1.* Coupe verticale, passant par les axes des deux chaudières.  
*Fig. 2.* Élévation latérale des deux chaudières.

- A. Chaudière supérieure.  
 B. Chaudière inférieure.  
 C. Foyer de la chaudière supérieure.  
 D. Foyer de la chaudière inférieure.  
 aa. Clapets fermant les tubulures de coulée des chaudières; on les manœuvre à l'aide d'un levier *ii*.  
 bb. Couvercle de la chaudière inférieure.  
 EE. Plancher pour le service de la chaudière inférieure.  
 ee. Cheminée conduisant aux chambres de condensation.  
 FF. Moules ou bassins pour la réception du plomb.  
 dd. Petits foyers pour le chauffage des tubulures de coulée.  
 ff. Tuyau d'arrivée de la vapeur d'eau.  
 gg. Plaque horizontale pour la répartition uniforme de la vapeur d'eau.  
 hh. Pivot de la grue pour la manœuvre des saumons de plomb.

## NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

## M. SAUVAGE

Par M. DAUBRÉE, inspecteur général, directeur de l'École des mines.

Le Corps des mines, vient d'être douloureusement frappé dans la personne d'un des membres dont il avait le plus à s'honorer. Les brillants services que Sauvage a rendus dans la grande industrie des chemins de fer ne doivent pas faire oublier ceux par lesquels il a marqué dans la première période de sa carrière. La manière dont il a débuté mérite d'être signalée, non-seulement comme un hommage rendu à sa mémoire, mais aussi comme un exemple utile. Les jeunes ingénieurs auront ainsi une occasion de plus de reconnaître qu'avec une situation très-modeste, dans le service ordinaire d'un sous-arrondissement, on peut largement montrer ce dont on est capable et faire profiter la science et le pays entier de son dévouement et de son aptitude.

Sauvage (François-Clément), né à Sedan le 4 avril 1814, après avoir fait ses premières études dans sa ville natale, fut envoyé par ses parents à Metz pour y suivre le cours de mathématiques spéciales du lycée. Placé dans l'intérieur d'une honnête famille, il ne tirait parti de la liberté dont il jouissait que pour se livrer au travail avec autant de ténacité que de discernement. C'est par des efforts tout à fait personnels qu'il dut d'être admis en 1831, à l'âge de dix-sept ans, le huitième à l'École polytechnique. Dès la fin de la première année, il obtint dans sa promotion le premier

rang qu'il conserva à sa sortie : il entra alors dans le Corps des mines.

A l'École des mines, comme au lycée de Metz et à l'École polytechnique, on le voit cultiver avec ardeur et succès les diverses parties de l'enseignement. Il poursuit ses études avec la force de volonté qu'il n'a cessé de montrer dans toute sa carrière. De même que ses succès dans les sciences mathématiques avaient fait désirer à Poisson qu'il adoptât cette branche et qu'il fût attaché comme répétiteur à l'École polytechnique, son aptitude remarquable dans la chimie trouvait un accueil empressé dans son éminent maître Berthier, toujours si clairvoyant et si juste appréciateur du mérite. Berthier lui témoigna une véritable affection et insista vivement pour le fixer au laboratoire. Ce choix était d'autant plus honorable pour Sauvage qu'à côté de lui, dans la même promotion, se trouvait un autre élève-ingénieur qui déjà avait manifesté une capacité tout à fait exceptionnelle en chimie : c'était Ebelmen, qui devait devenir bientôt célèbre par de nombreuses découvertes, puis être ravi à la science et au pays d'une manière bien prématurée (\*).

Mais Sauvage voulait s'adonner à la carrière d'ingénieur des mines, et, à l'inverse de la tendance ordinaire, il n'hésita pas à préférer au séjour de la capitale celui de la province. Il demanda, comme une faveur, d'occuper le poste qui venait de devenir vacant à Mézières, où il trouvait à la fois la douceur de la vie de famille et la satisfaction de servir efficacement les intérêts de son pays natal. Au mois de juin 1836, n'étant encore qu'élève-ingénieur, il fut chargé de ce sous-arrondissement minéralogique. L'année précédente, il avait fait un voyage d'instruction en Wurtemberg et en Suisse; l'élève-ingénieur de la promotion antérieure qui

(\*) Sauvage a fait une notice nécrologique sur Ebelmen (*Annales des mines*, 5<sup>e</sup> série, partie administrative, tome II, page 77, 1853).

l'accompagnait, Regnault, devait s'illustrer bientôt par ses travaux de physique. Quant au second voyage auquel les règlements lui donnaient droit, Sauvage y renonça, afin de prendre, sans délai, les fonctions dont il venait d'être chargé.

Avant tout désireux de remplir honorablement sa tâche, il s'empresse d'étudier les questions de la métallurgie du fer qui offraient alors le plus d'intérêt pour les usines du pays. Son but se manifeste dans les premières lignes de l'un de ses mémoires : « A une époque, dit-il, où tous les esprits sont tendus vers le développement industriel, il importe de signaler à l'attention des maîtres de forges les conquêtes que chaque jour la science et la méthode font sur l'aveugle routine, qui pendant si longtemps est restée seule le guide de la plupart d'entre eux. » La carbonisation du bois dans les départements des Ardennes et de la Meuse avec des détails économiques sur le prix de la façon et des transports; la substitution dans les hauts-fourneaux du bois en partie carbonisé ou charbon roux au bois préparé en meules dans les forêts; la fabrication en forêt du charbon roux; la manière d'employer le coke dans les hauts-fourneaux de petite dimension; un mémoire relatif à l'industrie du fer dans les Ardennes qui lui avait été demandé par le ministre sur la prière de la chambre consultative des arts et manufactures de Sedan forment l'objet de diverses publications, qui se succèdent à des intervalles de quelques mois. On est frappé de la manière dont le jeune auteur, après avoir fait preuve de facultés exceptionnelles dans les sciences, saisit immédiatement le côté pratique et commercial de ces questions; il révèle immédiatement son aptitude à pénétrer sûrement et rapidement dans les problèmes complexes de l'industrie.

L'une de ses premières préoccupations est de voir s'il n'y a pas de chance de trouver la houille sous les terrains de sa circonscription. Le sondage de Donchery, exécuté au

moyen de souscriptions particulières et de fonds départementaux, fut ouvert dans le lias et à peu de distance du terrain de transition. Quoique n'ayant donné qu'un résultat négatif, il a apporté une réponse utile à une question, dont l'importance grandit chaque jour.

Partout Sauvage met une activité extraordinaire au service de son dévouement. En même temps que ses publications métallurgiques se suivaient de si près, il continuait avec ardeur l'exploration minérale de son département : il s'était chargé d'en exécuter la carte géologique dès son arrivée à Mézières, sur la demande du conseil général.

Les terrains de transition que M. d'Omalius d'Halloy avait désignés sous les noms d'ardoisier et d'antraxifère concourent à former le sol du département des Ardennes. Des études habiles et persévérantes avaient, dès 1830, amené à établir des divisions dans le dernier groupe; mais le plus ancien, le terrain ardoisier, n'avait pas encore été l'objet d'observations analogues : on n'avait pas établi d'étages distincts dans cette succession de couches de schistes et de quartzites, et, par exemple, on ne savait aucunement si les couches de Fumay sont plus anciennes ou plus récentes que celles de Charleville. Pour constater cette lacune, il suffit de se reporter aux procès-verbaux de la réunion de la Société géologique de France qui eut lieu à Mézières, en septembre 1835. Au milieu de ces massifs, dont l'épaisseur atteint des milliers de mètres, les couches sont ployées et redressées d'une manière si variée qu'il est bien difficile de discerner quel est leur ordre normal de superposition; d'ailleurs on y manque en général de fossiles pour se guider. C'est cependant par ce problème difficile que Sauvage ne craignit pas de débiter. Dans un mémoire daté du 25 décembre 1836, qui est resté manuscrit, mais qui depuis ce jour appartient à la bibliothèque de l'École des mines (\*),

(\*) Il fait partie du tome II des *Mémoires des élèves*.

Sauvage distingue dans ce terrain trois étages, tant d'après un examen approfondi de la nature des roches que d'après leur mode de stratification qui est partiellement visible en différents lieux, particulièrement dans la vallée de la Meuse. Ce mémoire rédigé après une exploration de quelques semaines sur le terrain, témoigne de la sagacité avec laquelle le jeune géologue a abordé le sujet, en même temps que de la méthode et de la clarté avec lesquelles il expose ses vues. Il termine en cherchant à définir géométriquement le mode de ployement des couches et à expliquer comment les schistes à pyrite et à fer oxydulé qui avoisinent la roche porphyroïde de Mayrapt doivent se lier par leur origine à la formation de cette roche. Il convient d'ajouter qu'en écrivant ce mémoire, Sauvage n'avait pas encore connaissance de celui où Dumont présentait, à peu près simultanément, à l'Académie de Bruxelles ses importantes études sur le terrain ardoisier (\*).

Pour l'exécution de la carte départementale dont il était chargé, Sauvage s'associa M. Buvignier, géologue habitant Verdun, qui lui avait offert sa collaboration. Dès le mois d'août 1841 à la suite de trois cents jours de tournées, ce travail considérable était terminé : les limites des nombreuses formations qui constituent le sol du département avaient été suivies pas à pas et tracées avec la plus minutieuse exactitude.

Quelques mois après, en 1842, paraissait un volume présentant la coordination des nombreuses observations faites sur le terrain et des conséquences qui en résultent.

Ce volume contient, en outre, de très-nombreuses analyses de minerais et de roches exécutées par Sauvage lui-même ou sous sa direction, dans le laboratoire de chimie qu'il avait organisé à Mézières. Au milieu de travaux actifs

(\*) *Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, tome III, séance du 5 novembre 1836, page 530.



et variés, Sauvage avait trouvé le moyen de consacrer assez de temps à ce laboratoire pour en faire sortir un grand nombre de faits utiles.

Les analyses dont il s'agit, ainsi que d'autres, qu'il exécuta plus tard pour servir aux descriptions minéralogiques et géologiques des départements de la Meuse et de la Marne, ne font pas seulement connaître la nature et les proportions des éléments constituant des roches; leurs propriétés sont étudiées d'une manière méthodique et approfondie. Comme cela devait être, les minerais de fer occupent une place considérable: toutes les substances y sont recherchées avec le plus grand soin, celles mêmes qui ne s'y trouvent que par traces. Ses études sur les calcaires, au point de vue de leurs propriétés hydrauliques, apprennent qu'en dehors des bancs de la partie inférieure du calcaire à *gryphées arquées* auxquels l'extraction s'était bornée jusqu'alors dans ces départements, on peut en exploiter dans beaucoup d'autres étages. Les marnes plus ou moins pyriteuses et les terres noires à raison de leur emploi dans l'agriculture, soit à l'état cru, soit après calcination, appellent aussi son attention, et il constate ainsi que les incuits obtenus dans la calcination, par exemple avec la marne de Flize, constituent des pouzzolanes énergiques. Les analyses d'argiles, celles des tourbes de Mayrapt et de la vallée de la Bar, celles des terres végétales des environs de Fumay sont aussi très-instructives.

Ces diverses recherches chimiques montrent combien il importe que l'étude géologique d'un pays ne se borne pas à de simples descriptions de roches et à la détermination de leurs débris fossiles, mais qu'elle pénètre dans leur constitution intime et dans leurs propriétés.

D'ailleurs des études aussi judicieusement dirigées ne présentent pas seulement un intérêt pratique et local; elles mettent souvent en lumière des faits remarquables au point de vue de la théorie.

Comme exemple, je signalerai la diffusion de la silice hydratée qu'un examen attentif a fait découvrir à Sauvage. Il existe dans les Ardennes une pierre désignée sous les noms vulgaires de *gaize* ou de *Pierre morte*, qui est reconnaissable à ses caractères physiques: elle est grise, tendre, légère, extrêmement gélique; elle ne peut être employée que pour les constructions qui sont à l'abri de la pluie et de la gelée; elle constitue des couches situées à la base du *gault*. Sauvage découvrit que la silice hydratée et soluble dans la potasse forme une partie considérable du poids de cette roche (\*). L'année suivante, il constatait un fait semblable dans les couches du département de la Marne qui appartiennent au même étage, et où la proportion de silice soluble s'élève à 67 p. 100. Comme ces couches atteignent une épaisseur de plus de 100 mètres, et que d'ailleurs elles se prolongent bien au delà des deux départements que l'on vient de citer, la précipitation de la silice qu'elles attestent constitue un caractère intéressant du régime de la nappe d'eau qui couvrait ces régions, pendant une partie de la période crétacée.

Amené à étudier à ce point de vue nouveau la partie du terrain jurassique qui appartient à l'étage de l'*oxford-clay*, Sauvage reconnaît avec étonnement que la plus grande partie des roches qui la composent contiennent aussi au delà de moitié de leur poids de silice soluble. Toute la formation qui a 120 mètres de puissance, à l'exception de sa partie supérieure qui contient du calcaire, est formée de cette roche siliceuse, laquelle alterne avec des marnes noires et grises. Enfin certaines roches tertiaires du département de la Marne lui montrent la même constitution.

Dans nos laboratoires, c'est toujours à l'état hydraté que la silice se sépare en présence de l'eau, dans la décompo-

---

(\*) *Annales des mines*, 5<sup>e</sup> série, tome XVIII, page 50, 1840, et tome XX, page 201. 1841.

sition des silicates. Cependant les terrains stratifiés nous présentent de toutes parts cette substance à l'état anhydre, comme dans les silex de la craie ou dans nos meulières qui ont évidemment été formées par voie aqueuse. Pendant longtemps la silice hydratée n'avait été rencontrée qu'en quantités comparativement très-faibles ; car les opales des principales variétés, telles que la ménilite des environs de Paris, ne constituent que des accidents restreints : il en est de même de la silice farineuse ou terre à infusoires que l'on rencontre en divers pays. C'était pour la première fois que la silice soluble se montrait en de telles proportions, et comme faisant une partie très-notable des terrains stratifiés.

A part l'intérêt théorique que présente le fait de la précipitation de la silice gélatineuse dans le bassin des mers de diverses périodes, l'auteur de la découverte entrevoyait dès lors certains emplois de cette substance, par exemple pour la fabrication de verre soluble, de chaux hydrauliques, ou de matières réfractaires. Un mémoire présenté trente ans plus tard à l'Académie des sciences rendait, à ce second point de vue, un juste hommage à la découverte de Sauvage (\*).

Il est d'autres notions nouvelles auxquelles il était conduit par le talent d'observation avec lesquels il étudiait la région qu'il s'était donné la mission d'explorer. C'est ainsi qu'en examinant les roches très-variées qui se trouvent dans l'étage inférieur du calcaire d'eau douce du département de la Marne, il en reconnut qui ressemblent, les unes à des calcaires blancs marneux, les autres à des halloysites, par leur aspect corné, et qui ont une composition toute différente de celle que leur aspect porterait à leur attribuer (\*\*). La magnésie y joue un rôle très-important,

(\*) Henri Sainte-Claire-Deville et J. Desnoyers. *Sur l'analyse et les applications de la gaïze* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, tome LXX, page 581).

(\*\*) *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, tome X, page 699. 1846.

soit en constituant des dolomies, soit comme faisant partie de combinaisons silicatées. « Si l'on recherche, dit Sauvage, quelle a pu être l'origine de ces roches, on ne sera pas éloigné d'admettre qu'une partie de leurs éléments provient de l'altération de roches magnésiennes, telles que les serpentines, qui ont apparu postérieurement à l'époque de la craie. A la vérité on ne trouve sur les bords du bassin aucune trace de ces roches, et le terrain ne porte aucune trace de dislocation qu'on doive attribuer à leur éruption. Mais ce caractère négatif ne saurait être opposé à l'opinion qui est émise ; les débris provenant de l'altération de roches magnésiennes et les eaux chargées de carbonate de magnésie peuvent provenir de régions plus éloignées. »

En tout cas, cette origine paraît incontestable à Sauvage pour les roches tertiaires qu'il avait eu, quelque temps auparavant, occasion de voir dans la Grèce continentale et dans l'île de Négrepont. « Là, à la base du terrain, au milieu des argiles et des sables, on trouve la serpentine en boules et en fragments, où cette roche se montre à divers degrés d'altération, et, en outre, des marnes magnésiennes et des écumes de mer qui paraissent être un produit de décomposition, par une action analogue à celle qui a fait dériver les argiles des feldspaths. Or il n'y a aucune raison pour ne pas attribuer une origine semblable aux roches magnésiennes du terrain tertiaire de la Marne. » Depuis lors, ces idées ont trouvé, en effet, de nouveaux points d'appui.

Le dernier travail de Sauvage, et le plus important dans l'ordre de la minéralogie chimique, concerne la composition des roches du terrain de transition. Malgré l'abondance avec laquelle les schistes ardoisiers se montrent dans les terrains les plus anciens, et l'intérêt qu'ils présentent par le feuilleté ou clivage qu'ils ont acquis sous les actions postérieures à leur dépôt, la nature de ces roches était très-incomplètement connue. Les analyses, en très-petit nom-

bre, que l'on en possédait avaient eu surtout pour but d'en déterminer la composition quantitative, sans remonter au mode de combinaison des éléments, c'est-à-dire à la nature des minéraux constitutifs dont le mélange est si intime, que l'examen microscopique lui-même ne pouvait servir à les discerner. C'est cette question ardue que Sauvage voulut éclaircir (\*).

Le mémoire, où Sauvage a exposé ses résultats sur les schistes appartenant à neuf types principaux, montre avec quelle persévérante habileté il a conduit ses opérations, dans le but d'en isoler les divers composés, à part la pyrite et le fer oxydulé qui y sont discernables à l'œil nu. A l'aide de réactifs successifs et gradués, des acides chlorhydrique, sulfurique et fluorhydrique, Sauvage a reconnu que cette roche contient, pour une partie considérable de son poids, une substance appartenant au genre chlorite ; un silicate alumineux anhydre y est associé, ainsi que des débris feldspathiques et du quartz. Ces résultats, aujourd'hui admis dans la science, étaient alors nouveaux.

Chaque année, de 1833 à 1845 inclusivement, Sauvage a consigné dans les *Annales des mines*, sous une forme aussi concise que possible, les nombreux résultats qu'il a obtenus dans son laboratoire. Ces notices sont associées, dans les volumes de cette période, aux travaux qui sortaient simultanément d'un autre laboratoire départemental non moins fécond, à ceux par lesquels Ébelmen conquérait déjà un rang des plus élevés dans la science.

En 1850, Sauvage publiait encore, en commun avec M. Buvignier, un travail considérable : la carte géologique de la Marne, sur le canevas du Dépôt de la guerre, ainsi que des

(\*) *Recherches sur la composition des roches du terrain de transition* (*Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, tome VII, page 411, 1845, et tome X, page 683, 1846. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome XXI, page 228).

séries de coupes représentatives de la constitution de ce département.

Il a pris (\*) la part principale à l'étude des projets de la distribution d'eau à Charleville et à la direction des travaux.

Tant de travaux ne suffirent pas encore à l'activité de Sauvage. Tout en restant chargé de son service d'ingénieur à Mézières, il a accepté plusieurs missions à l'étranger, dans lesquelles il a étudié diverses questions relatives à l'industrie des mines et à la science de l'ingénieur.

En 1838, il alla en Espagne étudier le riche bassin houiller des Asturies. Dans son rapport sur les mines de Sierro et de Langreo, il n'examine pas seulement le gisement du combustible et les parties du terrain qui peuvent être exploitées avec avantage. Il indique le mode d'exploitation qu'il convient d'appliquer aux couches reconnues ; il en évalue les frais probables pour déduire le prix de revient de la houille ; il étudie les conditions de transport jusqu'à la mer.

Trois années plus tard, en 1841, il retournait en Espagne, particulièrement pour y explorer les riches gîtes argentifères de la province de Murcie dont les anciens ont tiré tant de richesses, comme l'attestent les récits des historiens et les vestiges grandioses d'antiques travaux (\*\*).

Sauvage se rendit en Grèce en 1845. Ce n'est pas seulement une mission de mineur qu'il fut appelé à y remplir. Il s'agissait principalement de la question du dessèchement du lac Copais. Ce lac voisin de Thèbes reçoit trois rivières, sans que l'on aperçoive, à la surface du sol, de communication avec la mer, ni avec les lacs placés au-dessous de lui. La muraille calcaire qui le limite vers l'est est traversée par de nombreux canaux souterrains, grottes, gouffres et cavités de formes diverses connues en Grèce

(\*) Autorisation de mars 1843.

(\*\*) *Quelques observations sur la province de Murcie et sur les minerais argentifères qu'on y exploite*. *Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, t. IV, p. 97, 1845.

sous le nom de *Katavothra*, et qui donnent issue aux eaux. « Considéré du haut des montagnes qui l'encadrent, le lac Copaïs présente, à l'époque des basses eaux, l'aspect de nos plus belles prairies. Dès que l'on a dépassé la zone de culture, on ne tarde pas à reconnaître combien cet aspect est trompeur, et l'on se trouve arrêté par un immense marais, dont l'eau et la vase sont masqués par les roseaux qui y poussent avec une vigueur et une abondance extraordinaires. Cette limite atteinte, il est impossible de s'avancer vers l'intérieur du marécage sans courir les plus grands dangers. Pendant les années les plus sèches, le marais ne couvre pas moins de 15.000 hectares de superficie. Il produit des miasmes qui infectent l'atmosphère et développent la fièvre à laquelle aucun habitant n'échappe. » L'insuffisance des débouchés naturels s'est fait sentir dès l'antiquité, et les anciens avaient entrepris, pour augmenter les moyens d'écoulement, d'immenses travaux dont parle Strabon. Parmi ces travaux, qui sont restés à l'état d'ébauche, il est des puits, au nombre de seize au moins, qui avaient été en partie comblés et qui récemment ont été remis en état. Sauvage, qui s'était adjoint un personnel dévoué de conducteurs des ponts et chaussées, mesure le volume des rivières et des torrents qui aboutissent au lac; il recherche les moyens les plus propres à prévenir l'inondation et à obtenir le dessèchement et l'assainissement du sol marécageux; il décrit tous les travaux à exécuter, calcule les dimensions des canaux et des souterrains à percer, définit le tracé des voies de communication; puis il évalue les dépenses relatives à tous ces travaux. On peut voir dans le mémoire qui a été publié à Athènes, par ordre du gouvernement, de quelle manière approfondie et précise il a traité toutes ces questions (\*).

(\*) *Projet de dessèchement du lac Copaïs*, publié par ordre du ministre de l'intérieur. Athènes, 1863.

Une partie des utiles travaux étudiés par Sauvage, l'élargissement et l'approfondissement de l'Euripe et l'établissement d'un pont mobile sur le détroit, ainsi que la construction d'une route entre Chalcis et Thèbes, ont été exécutés d'après ses projets.

Outre ces résultats et une étude spéciale des gîtes de lignite, le voyage de Sauvage en Grèce, bien que n'ayant duré que deux mois, a enrichi la géologie de faits intéressants.

Dans l'un de ses deux mémoires consacré à la Grèce continentale et à l'île d'Eubée (\*), on apprend que les puissants groupes de couches calcaires déjà signalés en Morée se retrouvent dans l'Attique, la Béotie et l'île d'Eubée. D'après les fossiles et notamment les vestiges d'hippurites qu'il a découverts aux environs de Livadie, il arrive à conclure que ces calcaires et ceux des monts Penteliques eux-mêmes, si connus par les marbres cristallins qui ont fourni la matière première aux chefs-d'œuvre de l'architecture, ne sont pas très-anciens comme on l'avait supposé, mais qu'ils sont secondaires et probablement de la période crétacée.

L'exploration de Milo a également fait connaître la manière dont les éruptions trachytiques ont contribué à la formation de cette île et l'analogie qu'elles présentent avec celles des environs de Naples (\*\*). Un examen chimique détaillé des roches stratifiées qui appartiennent à la période tertiaire la plus récente apprend comment ces roches ont été imprégnées et attaquées par les exhalaisons volcaniques.

Ces mémoires, fréquemment consultés, donnent un nouvel exemple de l'infatigable activité de Sauvage, de la

(\*) *Observations sur la géologie d'une partie de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée* (*Annales des mines*, 4<sup>e</sup> série, tome X, page 101, 1846).

(\*\*) *Description géologique de l'île de Milo* (*Annales des mines*, volume précité, pages 69 à 100).

promptitude exceptionnelle avec laquelle il savait observer et étudier toutes les questions, enfin de la netteté avec laquelle il coordonnait les faits.

On est étonné qu'un seul homme ait pu produire pendant neuf années des travaux si nombreux, de natures si diverses et tous si bien exécutés. Il semble que le jeune ingénieur des mines aurait dû persévérer dans la ligne qu'il parcourait avec tant de distinction. Cependant à son retour de Grèce, au moment où il faisait paraître les importantes publications que je viens de mentionner, Sauvage change tout à coup de voie de travail; il est entraîné vers l'industrie des chemins de fer qui prenait alors son essor.

Mis, sur sa demande, en congé illimité au commencement de 1846 (\*), il fit son début, comme constructeur de chemins de fer, sous la direction affectueuse d'un homme des plus distingués, M. l'ingénieur en chef Thirion, en prenant part aux travaux du chemin de fer de Metz à Sarrebrück, dont il construisit une section avec des travaux d'art remarquables.

Dès l'année suivante, il devint ingénieur en chef du matériel de la première compagnie concessionnaire de Paris à Lyon (\*\*). Ce n'est pas sans étonnement que l'on voyait appeler à cette position importante un homme qui n'avait fait encore aucune étude spéciale des machines; mais la méfiance qui, il faut le dire, s'était manifestée chez quelques-uns des administrateurs appelés à faire un choix, ne tarda pas à s'évanouir et à faire place à un sentiment tout opposé, dès qu'on vit la sûreté d'esprit avec laquelle Sauvage s'acquittait de cette nouvelle fonction.

Il occupait ce poste lorsque, à la suite de la révolution de 1848, les ouvriers mineurs du Creusot s'étant mis en grève, M. le ministre des travaux publics jugea à propos

(\*) Décision ministérielle du 16 mai 1846.

(\*\*) Décision ministérielle du 27 septembre 1847.

de l'envoyer vers eux, à titre de commissaire spécial, pour rétablir l'ordre (\*). En même temps, l'éminent directeur de la compagnie, M. Schneider, témoignait de sa confiance dans ce choix en écrivant à Sauvage : « Je déclare à l'avance « m'en référer entièrement aux dispositions que vous croirez « devoir adopter; elles seront, de notre côté ponctuelle-  
« ment exécutées. »

Il se rend immédiatement sur les lieux, et après avoir appelé les délégués chargés de lui présenter la réclamation collective, il en obtient la promesse formelle de rentrer dans les mines dès le lendemain. C'est ce qui eut lieu en effet. Grâce à une attitude aussi digne que ferme, et moyennant des concessions modérées qu'il sut faire, d'accord avec la direction de l'établissement, tout était rentré dans l'ordre au bout de quelques heures, et le commissaire partait après avoir conquis le respect des ouvriers en même temps que l'estime des chefs.

Peu de jours après, le gouvernement provisoire ne croyait pouvoir mieux faire que lui confier l'administration du séquestre des chemins de fer d'Orléans et du Centre. C'était une nouvelle preuve de la confiance que Sauvage inspirait et qu'il venait d'ailleurs de justifier.

De grandes difficultés s'étaient élevées entre diverses catégories d'employés et l'administration de ces deux compagnies de chemins de fer. Les prétentions des employés s'appliquaient particulièrement à des questions de salaires et d'intervention directe dans la conduite du service. Ces idées, que d'imprudentes doctrines avaient fait naître chez les ouvriers, expliquent, sans les justifier, la manière violente dont les réclamations se produisirent, et les menaces d'interruption de service qui les accompagnèrent. Réunis aux chefs de dépôt expulsés de leurs emplois et poussés par une violente irritation, les mécaniciens demandèrent

(\*) Décision ministérielle du 13 mars 1848.

impérieusement le renvoi de leurs chefs. Le désordre augmenta avec une rapidité extraordinaire. De graves conflits étaient imminents dans le service de la traction, et le 28 mars ces mécaniciens refusèrent définitivement de se soumettre à leur chef immédiat.

Tel était l'état des choses lorsque l'intervention du gouvernement fut reconnue indispensable; elle était d'ailleurs réclamée par les compagnies elles-mêmes. Par un décret du 4 avril, Sauvage fut chargé de la direction du séquestre.

Investi de pleins pouvoirs pour la gestion de l'entreprise, il sut, par sa fermeté, sa décision, et par le courage qu'il déploya dans plusieurs circonstances critiques, maintenir le service et garantir la propriété de la compagnie jusqu'au moment où la défaite de l'insurrection de juin rétablit l'ordre général.

Le rapport de Sauvage sur sa mission a été publié à l'Imprimerie nationale en août 1848 (\*). C'est là qu'il faut aller chercher les détails émouvants de cette campagne si utilement et si honorablement remplie par notre regretté camarade et dont un douloureux événement marqua les derniers instants. Le 25 juin, un feu assez vif s'était engagé, sur des barricades voisines de la gare, entre un détachement de gardes mobiles et les insurgés. Sauvage examinait d'une fenêtre, avec M. Clarke, ingénieur du matériel, les mesures à prendre, lorsque ce dernier tomba frappé mortellement par une balle qui l'atteignit en pleine poitrine.

Les commissaires généraux, MM. Didion et Bineau, qui avaient été dès l'origine institués auprès de la compagnie, et sur la proposition desquels Sauvage avait été chargé de la direction du séquestre, ont rendu justice à l'habileté et

(\*) *Rapport sur l'administration du séquestre des chemins de fer d'Orléans et du Centre, du 4 avril au 18 avril 1848*; par M. Sauvage, ingénieur en chef des mines. Paris, Imprimerie nationale. Août 1848. In-4°, 71 pages. (Devenu rare.)

à l'énergie avec lesquelles il s'était acquitté de sa difficile mission. Ils demandèrent que Sauvage fût promu exceptionnellement au grade d'ingénieur en chef, ajoutant dans leur rapport « que cette promotion serait accueillie par l'opinion générale comme une juste récompense de services aussi distingués. » Le 15 août 1848, Sauvage fut en effet nommé ingénieur en chef, quoiqu'il ne fût ingénieur de première classe que depuis le 5 avril de la même année.

Après s'être ainsi acquitté de cette mission, Sauvage s'empressa (\*) de reprendre au chemin de fer de Lyon ses fonctions qu'il conserva jusqu'au mois de septembre 1852. A cette époque, l'administration de la compagnie des chemins de fer de l'Est éprouvant le besoin de posséder un homme aussi complet, lui offrit le poste d'ingénieur en chef du matériel et de la traction. Ce ne fut pas sans de vifs regrets que la compagnie de Lyon, qui l'avait apprécié en le voyant de près à l'œuvre, se vit privée de son concours.

Une des plus grandes entreprises des temps modernes, la construction du réseau des chemins de fer russes, fut conçue, en 1856, par une réunion des principaux financiers de France, d'Angleterre, de Hollande et de Russie. Les rares aptitudes de Sauvage le désignaient naturellement pour concourir à son étude. Il fut chargé avec MM. Collignon, inspecteur général des ponts et chaussées, et Coumes, alors ingénieur en chef, d'étudier et de discuter les conditions de la concession d'un réseau de 4.000 kilomètres, traçant deux immenses diagonales à travers la Russie d'Europe, l'une de la mer Noire à la mer Baltique, l'autre de la Vistule au Volga et à Saint-Petersbourg. A la suite d'un voyage qui ne dura que deux mois, toutes les bases de l'opération étaient arrêtées. Des difficultés créées par les circonstances financières de l'époque et par les dispositions contraires d'une

(\*) Décision du 21 août 1848.

partie de l'administration russe, ont amené la compagnie à rétrocéder au gouvernement une partie de la concession et à n'exécuter que la moitié de son réseau, la moins productive; mais on peut affirmer que rien ne serait venu démentir la juste confiance que Sauvage avait contribué à inspirer aux fondateurs dans le succès de cette œuvre, s'il eût été donné à la compagnie de la compléter suivant les bases convenues avec le gouvernement russe.

Cependant le conseil d'administration de la compagnie de l'Est, qui avait eu l'heureuse inspiration d'attirer Sauvage à elle, reconnaissait la nécessité de fonder l'unité d'action qui est nécessaire à toute vaste entreprise et de concentrer dans les mains d'un directeur les pouvoirs qui jusqu'alors étaient restés divisés entre plusieurs de ses membres. Pour réussir dans cette transformation, elle ne pouvait hésiter dans son choix; elle lui offrit cette haute fonction avec autant de confiance qu'elle en avait antérieurement éprouvé en lui proposant un poste moins élevé. Cédant à des sollicitations qui ne durèrent pas moins de deux années, Sauvage prit, le 1<sup>er</sup> mars 1861, les fonctions de directeur de la compagnie de l'Est qu'il conserva jusqu'à sa mort.

Pendant cette période, 800 kilomètres de voies nouvelles furent exécutés et, résultat bien rare dans la construction des chemins de fer, les dépenses restèrent dans les prévisions. Sous cette excellente direction, la compagnie arriva à un état de prospérité des plus satisfaisants.

On sait les efforts considérables et patriotiques qu'il a fallu déployer au moment de la guerre pour transporter rapidement sur les frontières l'armée et son matériel, et bientôt après, à la suite des revers, pour en ramener les débris vers le dernier centre de résistance. Il convient de reconnaître le mérite qui en revient à celui qui donnait l'impulsion, sans nuire à la part due à ses collaborateurs et aux nombreux agents qui exécutaient ses ordres avec tant d'intelligence, de dévouement et de courage.

Membre de la commission chargée pendant le siège de Paris d'étudier les moyens de transport relatifs au ravitaillement, Sauvage remplit cette mission sans se faire d'illusions sur le dénouement qui était réservé à une courageuse défense.

Parmi les mesures qui attestent la sollicitude constante dont le personnel de la compagnie de l'Est tout entier était l'objet de la part de son premier chef, il en est une dont le souvenir subsistera longtemps et excitera la reconnaissance d'un grand nombre de familles. Une caisse de retraite, qui avait été fondée en 1853, ne donnait que des résultats illusoire; l'une des premières pensées du nouveau directeur fut de la reconstituer sur des bases nouvelles et dans des conditions efficaces. Au moyen d'une faible retenue sur le traitement de chaque employé, la caisse, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1862, lui assure une retraite convenable à l'âge de cinquante-cinq ans et après vingt-cinq ans de service. Cette caisse est l'une des premières qui aient été établies d'une manière aussi favorable.

A raison des positions qu'il occupait dans l'industrie, Sauvage restait depuis longtemps en congé illimité, et, par suite, s'était vu privé d'avancement dans le corps des mines. Il était donc depuis vingt-deux ans ingénieur en chef de deuxième classe, lorsqu'à la suite des services exceptionnels qu'il venait de rendre au pays, il devint dès lors possible de l'élever à la première classe de son grade, ce que fit un décret du 26 janvier 1871.

Nommé dans la Légion d'honneur au grade de chevalier, le 26 avril 1846, il avait été fait officier le 5 mai 1851, et promu commandeur le 20 septembre 1868.

La répugnance que Sauvage éprouvait pour les fonctions politiques dut céder devant l'insistance de ses amis et des hommes d'ordre. Il se décida à se laisser porter comme candidat dans le département de la Seine, à l'Assemblée nationale, où il fut nommé le 8 février 1871 par 102.672

voix. S'il n'a pas marqué dans les commissions où ses connaissances et sa capacité auraient pu apporter des lumières précieuses, c'est que déjà la maladie qui germait en lui avait imposé des limites à son activité.

Sans qu'il l'eût demandé, l'Académie des sciences le porta sur la liste des candidats à la place d'académicien libre qui lui était assurée, et qu'il n'aurait pas tardé à occuper, si nous n'avions pas eu le malheur de le perdre.

Comme on a pu en juger par ce coup d'œil rapide sur la carrière de Sauvage, son esprit était doué d'une promptitude et d'une pénétration très-rares. L'un de ses principaux auxiliaires résumait cette faculté en disant qu'on ne pouvait rien expliquer à Sauvage : au moment où l'on commençait à parler, il avait deviné.

Cette intelligence était aussi apte aux conceptions larges qu'aux détails des questions ; elle abordait avec la même aisance tout ce qui se présentait à elle, et quand les travaux techniques et administratifs avaient rempli la journée, Sauvage trouvait un charme particulier à consacrer la soirée à la lecture d'ouvrages de mathématiques élémentaires ou transcendantes. Une puissance remarquable de travail servait de complément à cette heureuse organisation.

Devant une affaire complexe, sa perspicacité lui montrait de prime abord, et comme par la ligne droite, le point essentiel. S'il rencontrait des difficultés d'exécution, il savait les vaincre ou les tourner avec une rectitude d'esprit et un tact qui ne lui faisaient jamais défaut.

Ce tact se manifestait également dans l'appréciation qu'il savait faire des hommes, dans les choix par lesquels il recrutait son personnel, et dans la manière dont il l'inspirait et le dirigeait.

Un admirable bon sens le guidait dans tous ses jugements et dans tous ses actes.

Son opinion, qu'il exprimait en termes concis et clairs,

trionphait d'ordinaire, non-seulement de ses subordonnés, mais de tous ceux qui l'entouraient. Il était difficile de résister à l'ascendant de Sauvage : c'était une sorte d'autorité qui, sans qu'il la recherchât, s'imposait autour de lui.

Sa parole franche savait donner à certains traits une tournure enjouée et originale qui les empêchait de blesser. Sa conversation étincelait de verve et de réparties fines. Dépouvé de toute prétention, conservant les manières les plus simples dans la situation élevée que son mérite lui avait faite, il séduisait encore par ce côté de son caractère.

En présence du but à atteindre, il ne tenait aucun compte des difficultés matérielles, ni des dangers. Ainsi, lorsqu'on lui offrit une mission en Grèce qui l'obligeait à séjourner dans des régions très-inhospitalières, il partit aussitôt ; les fièvres dont il était menacé, et qui atteignirent gravement ses compagnons, ne l'arrêtèrent pas un instant. Dans une partie du pays où les routes sont peu sûres, il eut occasion de faire preuve de bravoure personnelle. La confiance en sa force et dans le succès qui formait l'un des traits de son caractère, se montra sous un autre aspect lorsqu'il eut à diriger l'administration du séquestre du chemin de fer d'Orléans au milieu de l'insurrection, des menaces et des coups de fusil ; cette intrépidité était d'ailleurs dépourvue de toute ostentation.

Lorsqu'il était obligé de sévir, on pouvait être certain que sa décision était dictée par une parfaite justice ; il était à la fois énergique et bon ; aussi savait-il maintenir le principe d'autorité, tout en restant toujours sympathique à ceux qu'il réprimait ou qu'il frappait.

La connaissance que chacun de ceux qui lui étaient soumis avait de son caractère ferme et résolu le faisait craindre et respecter, et a prévenu plus d'un acte répréhensible.

Sa droiture et sa loyauté étaient reconnues de tous. Son extérieur contribuait encore à accroître son influence : un



regard plein de vivacité était comme le reflet brillant et expressif de cette belle intelligence et de cette puissante individualité.

Tout en réformant les abus sans hésitation et avec vigueur, il montrait une bonté et une obligeance auxquelles rendraient hommage, avec une reconnaissance sincère, bien des personnes auxquelles il a ouvert une carrière ou qu'il a dirigées de ses conseils judicieux : s'il était énergique, il était non moins bienveillant et porté à secourir ceux qui avaient besoin d'appui.

De telles qualités donnaient aussi beaucoup de charme à son commerce intime. Celui qui écrit ces lignes, qu'il lui soit permis de le dire, compte parmi ses souvenirs les plus précieux l'intimité qui l'a lié pendant quarante-deux années à cet homme éminent par le caractère et par l'intelligence. Cette liaison contractée au lycée, continuée à l'École polytechnique où Sauvage l'avait précédé d'une année, fortifiée encore à l'École des mines, dans la chambre modeste où ils vivaient dans une communauté complète, n'a pu être interrompue que par la mort.

Sauvage s'était marié très-jeune n'ayant que vingt-trois ans. Parmi les joies intimes qu'il ressentit dans la vie de famille, il éprouva celle de se voir revivre surtout dans le plus jeune de ses deux fils, dont il avait suivi les études brillantes avec sollicitude et qui sorti, comme son père, le premier de l'École polytechnique, est aujourd'hui élève-ingénieur des mines. En voyant peu de temps avant sa mort ce fils à l'œuvre, dans le laboratoire de l'École des mines, il se trouvait rajeuni et se reportait avec bonheur aux souvenirs que ces manipulations faisaient renaître en abondance dans sa mémoire.

Une maladie qui l'avait saisi dès l'automne de 1869, et qui d'abord n'avait pas inspiré d'inquiétudes, s'aggrava bientôt d'une manière menaçante, à la suite des douloureux événements de 1870 et des fatigues physiques et morales

qu'il subit pendant le siège. Les soins les plus affectueux luttèrent en vain. Jusqu'au dernier moment, il conserva sa liberté d'esprit et sa force de caractère. Il est mort chrétiennement le 11 novembre 1872, âgé seulement de cinquante-huit ans et sept mois.

Les milliers de personnes qui se sont empressées à ses funérailles, l'unanimité des regrets qui se peignaient sur les figures et qu'exprimèrent toutes les opinions sont restés dans la mémoire de chacun de ceux qui en ont été témoins. Le président du Conseil d'administration. M. d'Ariste, a apporté l'expression émue de la reconnaissance de la compagnie envers celui qui avait agi d'une manière si puissante et si heureuse sur sa situation et dont le nom était devenu une force et un honneur. Les nombreux employés qui avaient servi sous ses ordres voulurent en outre ouvrir une souscription pour lui élever un monument dans le cimetière de Charleville où son corps fut transporté.

Exceller dans des facultés très-diverses est l'apanage d'un petit nombre de natures privilégiées : Sauvage fut de ce nombre. D'abord, il se distingue exceptionnellement dans la voie de la science, dont il paraît devoir devenir un investigateur des plus distingués, et il cultive avec la même sagacité les mathématiques, la chimie et la géologie. Puis il veut être ingénieur, et comme tel, il excelle dans les questions de tout genre qu'il aborde. Plus tard, lorsqu'il s'agit de diriger et d'organiser de vastes affaires, il se révèle comme un administrateur accompli, en même temps que dans la conduite des hommes il se fait hautement apprécier par son tact, sa fermeté, sa résolution et son énergie. D'un bout à l'autre de sa carrière si bien remplie, Sauvage a été supérieur à tout ce qu'il a entrepris. Des qualités si différentes pourraient paraître incompatibles dans la même personnalité.

Cette aptitude multiple montre aussi combien les connaissances théoriques que fournissent nos grandes écoles,

sont utiles à un esprit judicieux pour le guider au milieu d'applications complexes et variées.

Dans le petit nombre d'années qu'il a consacrées à toutes les parties de son service d'ingénieur des mines, Sauvage a pu montrer ainsi à ceux qui appartiennent à ce corps quel tribut utile ils peuvent payer à la société dans l'exercice complet de leurs fonctions. Sa vie restera pour tous les ingénieurs un modèle élevé de l'exercice de ces deux nobles facultés de l'âme, l'intelligence et la volonté.

---



---

## MÉMOIRE

SUR LES ROCHES ÉRUPTIVES ET LES FILONS MÉTALLIFÈRES DU DISTRICT DE SCHEMNITZ (HONGRIE).

Par MM. R. ZEILLER et A. HENRY, ingénieurs des mines.

---

La guerre de 1870 nous ayant empêchés d'exécuter comme élèves-ingénieurs notre dernier voyage de mission, nous avons été chargés en 1872 par M. le Ministre des travaux publics d'un nouveau voyage d'instruction en Autriche et en Hongrie. L'un de nous a déjà rendu compte dans les *Annales* des études que nous avons faites à Przi-  
bram sur les ateliers de préparation mécanique (\*). Après avoir visité Przi-  
bram, nous avons consacré tout le reste du temps dont nous pouvions disposer au district de Schem-  
nitz, si intéressant au point de vue géologique, comme au point de vue de l'histoire du travail des mines. Nous y avons visité en détail toutes les exploitations et parcouru presque tous les chantiers en activité, ainsi qu'une bonne partie des anciens travaux. L'excellente carte géologique de M. le Bergrath V. Lipold (\*\*) nous a été du plus grand secours pour nous guider dans nos courses, ainsi que son mémoire et celui de M. F. v. Andrian (\*\*\*). Nous avons rapporté

---

(\*) V. *Annales des mines*, 1872, 5<sup>e</sup> liv. p. 271.

(\*\*) La carte Pl. VI n'est qu'une réduction, un peu modifiée, de celle de M. V. Lipold.

(\*\*\*) Nous avons également consulté avec fruit les ouvrages suivants : Beudant, *Voyage minéralogique et géologique en Hongrie*, Paris, 1822. — Rivot et Duchanoy, *Voyage en Hongrie*. (*Annales des mines*, 1853.) — F. Freiherr v. Richthofen, *Studien aus den*

une collection à peu près complète des remplissages des différents filons et des roches éruptives du district ; cette collection est maintenant déposée à l'École des mines.

Nous devons adresser ici tous nos remerciements à M. le Bergrath Ronay et à M. le Bergrath Schöber, qui nous ont accueillis avec une extrême obligeance, et nous ont puissamment facilité la visite des mines royales, placées sous leur direction. M. Wiesner, directeur des mines particulières, nous a fait également l'accueil le plus aimable et a bien voulu nous diriger lui-même dans une partie de nos courses. Exprimons aussi notre reconnaissance à M. le Bergrath Kachelmann, chargé de la direction des usines royales, qui nous a fait visiter ces usines et nous a fourni tous les renseignements désirables avec une complaisance sans bornes. Enfin, nous tenons à remercier MM. les Schichtenmeister, qui nous ont conduits dans leurs mines et nous ont toujours donné avec le plus grand empressement toutes les explications dont nous avons besoin. C'est grâce à un concours aussi bienveillant que nous avons pu étudier avec quelque détail les mines du district de Schemnitz et réunir les données nécessaires pour le travail qui va suivre.

Ce travail sera divisé en trois parties : dans la première, nous étudierons la constitution du district de Schemnitz tant au point de vue orographique qu'au point de vue géologique ; la seconde partie sera consacrée à la description détaillée des différents gîtes minéraux ; enfin, dans la troisième partie, nous donnerons un aperçu de l'histoire des mines de Schemnitz et une description sommaire des travaux d'exploitation et du traitement mécanique et métallurgique des minerais.

---

*ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirgen.* (Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt, 1860) — Et divers mémoires de MM. v. Pettko et G. Faller.

## PREMIÈRE PARTIE.

## Description géographique.

L'important district minier de Schemnitz est situé dans le nord de la Hongrie : il s'étend sur les dernières ramifications des Karpathes dans les comitats de Honth et de Bars, au sud-ouest du massif du Tatra. On y rencontre un grand nombre de filons métallifères, renfermant des minerais d'argent et de plomb, accompagnés de pyrite cuivreuse, de blende et de minerais aurifères. Ces filons forment deux groupes distincts, l'un dans la roche trachytique appelée grünstein, l'autre dans la syénite et les schistes anciens. Les principaux centres d'exploitation sont Schemnitz et Windschacht pour le premier groupe, Hodritsch et Eisenbach pour le second. Tout le pays aux environs est très-accidenté ; les montagnes ont généralement des pentes roides et les vallées qui s'ouvrent entre elles sont étroites et profondes.

La ville de Schemnitz (*Selmecz-Banya*), chef-lieu du district et siège de l'administration des mines, est bâtie au fond d'un cirque de montagnes, dans un vallon si resserré qu'une ou deux files de maisons à peine ont pu trouver place sur les bords de la route qui en suit le fond ; les autres ont dû s'échelonner en arrière sur les flancs des montagnes, et cette disposition donne à la ville un aspect des plus pittoresques. Au-dessus de Schemnitz (\*), du côté du nord-ouest, s'élève la masse arrondie du Paradeisberg (959 mètres), dont les pentes sont en partie couvertes de bois de sapins et dont le sommet gazonné constitue un excellent point de vue sur tous les environs. Cette montagne forme en quelque sorte le nœud du système orographique de la contrée. C'est, en

---

(\*) V. la carte, Pl. VI.

effet, le point culminant d'un chaînon assez élevé qui sépare, sur une partie de son parcours, le bassin de la Gran de celui de l'Eipel, et c'est de ses flancs que partent les trois vallées principales des environs de Schemnitz, savoir la vallée de Schemnitz ou d'Antal, la vallée d'Hodritsch et la vallée d'Eisenbach. Les autres parois du cirque, à droite et à gauche de la ville, sont formées par deux contre-forts avancés qui se détachent de la masse du Paradeisberg : celui du nord-est, qu'on appelle le Glanzenberg, très-escarpé de tous côtés, portait autrefois sur son sommet la vieille ville de Schemnitz, fondée en 745, dont il ne reste plus aucun vestige. Celui du sud-ouest, beaucoup moins élevé que le Glanzenberg, est presque entièrement couvert d'habitations; il est couronné par un vieil édifice carré flanqué de quatre tourelles, qui sert aujourd'hui de beffroi.

Pour examiner la configuration du pays, supposons-nous placés au sommet du Paradeisberg : nous voyons alors le chaînon dont nous occupons le point culminant se prolonger au nord-est et au sud-ouest suivant la direction N. 40° (\*) ; il est composé dans notre voisinage d'une série de sommets gazonnés présentant, comme celui du Paradeisberg, la forme en dôme qu'affecte généralement le grünstein. A 15 ou 16 kilomètres au nord, il est coupé par la Gran, qui court là vers l'ouest-nord-ouest, pour se replier vers le sud-ouest à Heiligenkreuz ; du côté du sud, il va en s'abaissant peu à peu jusqu'au bord de la plaine où coule le Danube.

Si nous reportons nos regards sur Schemnitz, à 350 mètres au-dessous de nous, nous voyons le ruisseau qui coule au fond du vallon se réunir en sortant de la ville à deux petits affluents dont il était séparé jusque-là par les deux contre-forts dont nous avons parlé. Au-dessus de ce

(\*) Les directions sont toujours comptées à partir du nord vrai, dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, de 0° à 360°.

confluent, sur la rive gauche et à quelque distance du ruisseau, nous apercevons un cône aigu, de forme régulière, se dressant au milieu des pentes gazonnées qui bordent le Schemnitzer Bach ; c'est le piton basaltique du Calvarienberg (735 mètres). Il est presque entièrement couvert d'arbres, et sur le rocher nu qui en constitue le sommet, s'élève une chapelle à clochetons dorés qui forme la dernière station d'un chemin de croix très-vénéral dans le pays, et qui est chaque année le but de deux grands pèlerinages auxquels on se rend de plus de trente lieues à la ronde.

En face du Calvarienberg, sur la rive droite du Schemnitzer Bach, s'élève une grosse montagne ronde, le Dreifaltigkeit Berg, qui se rattache au chaînon du Paradeisberg par un col assez bas. Ce col sépare Schemnitz d'un autre centre d'exploitation, celui de Windschacht et de Siglisberg, dont les travaux portent sur la partie méridionale des filons. A côté de Siglisberg, nous apercevons deux grands étangs artificiels, les Windschachter Teiche, dont l'eau sert à faire mouvoir les machines d'extraction et d'épuisement, les bocards, etc. De ces étangs sort un ruisseau qui court vers l'est et vient se jeter dans le Schemnitzer Bach au-dessous du Dreifaltigkeit Berg : ce ruisseau passe au pied des énormes haldes de Windschacht et traverse encore, avant d'arriver à la vallée d'Antal, le hameau de Steplitzhof où se trouvent quelques puits d'extraction et l'usine à plomb et à argent traitant les minerais riches des mines de l'État. A son confluent avec le Schemnitzer Bach s'élève une autre usine où l'on fond les minerais plus pauvres.

Sur la rive gauche du Steplitzhofer Bach se montre une ligne de collines assez basses, formées en grande partie de trachyte et de tufs trachytiques, de l'autre côté de laquelle coule un petit cours d'eau, l'Illiaer Bach. Au sud, sur la rive gauche de ce ruisseau, derrière le village d'Illia, nous voyons se dresser une masse puissante, entièrement couverte de belles forêts de sapins et couronnée par une ligne

d'aiguilles et d'escarpements de l'aspect le plus pittoresque : c'est le Szittna, la plus haute montagne des environs de Schemnitz (1010 mètres), constituée par un trachyte particulier ; l'ascension en est fort intéressante, et l'on jouit de son sommet d'un panorama magnifique. Elle appartient à un court chaînon dirigé N. 135°, qui se détache près de Siglisberg, au-dessus des étangs de Windschacht, du chaînon principal dont nous occupons le point culminant ; à l'intersection de ces deux chaînons se trouve un col peu élevé, de l'autre côté duquel est placé encore un grand étang artificiel, le Reichauer Teich, source d'un ruisseau assez important. Le ruisseau d'Illia, après avoir contourné le pied du Szittna et reçu les petits affluents qui en descendent, va se jeter au-dessous du village de Sz. Antal dans le Schemnitzer Bach. Celui-ci, qui courait d'abord N. 155°, s'est infléchi brusquement au-dessus d'Antal pour prendre la direction nord-sud d'un petit affluent qu'il reçoit sur sa rive gauche. Depuis le Calvarienberg, il continue à être bordé de ce côté par une série de sommets trachytiques peu élevés, au pied desquels il poursuit sa course vers le sud pendant assez longtemps, pour aller enfin, après quelques inflexions successives vers l'est et vers l'ouest, se jeter dans l'Eipel, à une cinquantaine de kilomètres de sa source.

Si maintenant nous nous retournons vers le nord-ouest, nous voyons à nos pieds un profond entonnoir, dont les pentes rapides ne nous montrent que la verdure sombre des sapins ; c'est de cet entonnoir que part la vallée d'Hodritsch, suivant la direction N. 245°, faisant, on le voit, avec l'axe du chaînon principal un angle de 25°. Elle s'en écarte, par conséquent, de plus en plus, à mesure qu'elle s'éloigne de nous et les affluents que l'Hodritscher Bach reçoit sur sa rive gauche sont de plus en plus importants, les vallées où ils coulent de plus en plus larges. A la naissance de la plus éloignée de nous, le Kohutower Thal, se trouve un petit groupe de maisons : c'est le hameau de Moderstollen, siège

d'une exploitation minière assez productive qui porte sur deux filons particuliers, les Moderstollner Gänge.

Jusqu'à sa rencontre avec le Kohutower Thal, la vallée d'Hodritsch est excessivement profonde et encaissée ; les montagnes qui bordent sa rive droite, en grande partie formées par la syénite, nous offrent des sommets aigus, des pentes roides, coupées seulement de distance en distance par d'étroits ravins ; la forêt de sapins qui commence à nos pieds s'étend presque à perte de vue et, même dans le fond de la vallée, nous n'apercevons pas un coin de terre cultivé. Le village d'Hodritsch, resserré entre les flancs escarpés des montagnes, s'étend sur une grande longueur au bord du ruisseau : pendant plus de quatre kilomètres, c'est une succession presque ininterrompue de maisons, de puits, de bocards, d'ateliers de préparation mécanique. A l'embouchure du ruisseau qui descend de Moderstollen, la vallée change de direction pour courir à peu près vers l'ouest-nord-ouest et à partir de là elle va en s'élargissant peu à peu jusqu'au village d'Unter-Hammer et jusqu'à la Gran. La nature géologique de ses rives change, d'ailleurs, dans cette dernière partie de son cours, les syénites faisant place aux schistes anciens, puis aux roches trachytiques. En même temps que la vallée s'élargit, les montagnes qui la bordaient vont en s'abaissant, et nous ne voyons plus sur sa rive gauche, la séparant du Reichauer Thal, qu'un petit chaînon peu élevé qui s'embranché à Moderstollen sur celui du Paradeisberg.

Si nous franchissons de l'œil les sommets qui s'élèvent sur la rive droite de l'Hodritscher Bach, nous retrouvons une nouvelle vallée aussi boisée, aussi profonde, aussi étroite que celle que nous quittons. C'est la vallée d'Eisenbach : elle prend également naissance à nos pieds sur le versant septentrional du Paradeisberg. Le ruisseau qui l'arrose court un instant vers le nord et va s'arrêter à quelques pas de nous dans un long étang créé par la main de

l'homme, le Rossgrunder Teich ; à sa sortie, il fait un coude vers le nord-ouest pour prendre la direction N. 500° qu'il conservera pendant tout le reste de son cours jusqu'à son embouchure dans la Gran. Comme dans la vallée d'Hodritsch, les habitations, les ateliers, les bâtiments d'extraction s'échelonnent tout le long du ruisseau, jusqu'à ce que les montagnes s'écartent assez pour permettre aux maisons de se réunir en groupes plus serrés. Nous trouvons alors, à 7 ou 8 kilomètres du Paradeisberg, le village d'Eisenbach (*Vichnye*) dont la source ferrugineuse chaude attire chaque été un assez grand nombre de baigneurs. Au point de vue géologique, la vallée d'Eisenbach présente un grand intérêt : outre le massif syénitique qui s'élève sur sa rive gauche, on y rencontre des granites et des gneiss, des roches sédimentaires anciennes, schistes et quartzites, des calcaires, et au-dessous d'Eisenbach des rhyolithes et des roches trachytiques. Plusieurs filons métallifères, dont quelques-uns semblent n'être que le prolongement de ceux d'Hodritsch, donnent lieu à une exploitation importante.

A la naissance du massif qui sépare les deux vallées d'Hodritsch et d'Eisenbach, le chaînon du Paradeisberg est creusé d'un col assez profond, que nous apercevons à nos pieds en nous tournant vers le nord-est. C'est le col de Rottenbrunn (796 mètres), où la route qui monte de Schemnitz en contournant le Glanzenberg se bifurque pour conduire à Hodritsch et à Eisenbach. De l'autre côté du col s'élève une tête arrondie, sur le flanc de laquelle se dresse une ligne de rochers de quartzite presque à pic. Au pied de cette montagne, qu'on appelle le Heckelstein, est creusé un vallon, le Georgstollner Thal, dirigé N. 115°, dont les eaux descendent au village de Dillen.

Ce village, dont nous apercevons les maisons groupées au pied d'une petite église assez pittoresque, est placé sur le versant nord du chaînon qui borde la rive gauche du Schemnitzer Bach, au-dessous du col qui sépare le Heckel-

stein du Calvarienberg. Dillen possède deux ou trois filons qui ont été autrefois le siège d'une exploitation importante, mais qui sont presque abandonnés aujourd'hui ; le prolongement nord des principaux filons de Schemnitz donne également lieu, sur les flancs du Georgstollner Thal, à quelques travaux peu actifs. Des bocards s'échelonnent le long du ruisseau, en aval comme en amont du village, et au-dessous des dernières maisons s'élève une usine qui traite les minerais des mines particulières. Derrière cette usine s'ouvre une petite vallée où se trouvent les villages de Giesshübel et de Kohlbach ; au point où elle rejoint la vallée de Dillen, celle-ci change brusquement de direction pour courir au nord. Un peu plus loin, elle s'infléchit vers le nord-est et reprend au village de Kozelnik son cours vers le nord pour aller se jeter dans la vallée de la Gran à côté du village de Garam-Berzencze. C'est de ce village, station du chemin de fer de Pesth à Ruttka, que doit partir l'embranchement qui, remontant la vallée de Dillen, viendra mettre Schemnitz en communication avec le réseau hongrois. La vallée de Dillen est creusée sur presque toute sa longueur dans les trachytes ou les tufs trachytiques. Elle est moins profonde et moins encaissée que celles d'Eisenbach et d'Hodritsch, dont elle diffère aussi beaucoup comme végétation : une partie est livrée à la culture et les forêts qui couvrent ses flancs sont composées, non plus de sapins, mais de chênes et de hêtres mélangés.

Nous ne ferons que mentionner le massif qui s'étend de la rive gauche du Dillner Thal jusqu'à la vallée d'Eisenbach et que limite au nord le cours de la Gran. Il est coupé par différentes vallées, dont la plus importante est celle de Glashütte : elle part du pied du Schobob Berg, dont le sommet s'élève devant nous au-dessus du Rossgrunder Teich et nous masque presque tout le terrain qui s'étend entre la Gran et lui. La vallée de Glashütte court d'abord à l'ouest, puis elle remonte vers le nord en décrivant une

demi-circonférence et elle va aboutir à la vallée de la Gran un peu au-dessus du village de Hlinik ; près de ce village se trouvent de grandes carrières de porphyre molaire qui fournissent des meules à une partie de la Hongrie. Les flancs de cette vallée, comme tout le massif qui s'étend devant nous, sont richement boisés, partie en hêtres et chênes, partie en sapins. On y rencontre un grand nombre de formations différentes et particulièrement les grünsteins, les trachytes et tufs trachytiques et les rhyolithes.

Au delà, du côté du nord, nous apercevons la dépression formée par la vallée de la Gran et sur sa rive droite de nouvelles rangées de montagnes. Sur les premières, en face de nous, nous distinguons la ville de Kremnitz, disposée en amphithéâtre au fond d'une courte vallée, plus loin sur la gauche le massif du Klak (1.340 mètres) couvert de forêts, et à droite, fermant l'horizon, la haute chaîne granitique du Tatra, dont le sommet principal, le Krivan Vrh, atteint près de 2.500 mètres. Du côté du sud, au contraire, les montagnes vont en s'abaissant rapidement et nous entrevoyons, perdue dans la brume, le commencement de l'immense plaine de Hongrie.

#### Description géologique des terrains.

Le pays que nous venons de parcourir de l'œil présente, comme on a pu le remarquer, une grande variété au point de vue de la constitution géologique. Après les granites, les gneiss et les syénites des vallées d'Eisenbach et d'Hodritsch, qui paraissent être les formations les plus anciennes, nous trouvons des schistes et des quartzites appartenant à une époque qu'il est difficile de déterminer exactement, suivis de roches triasiques, schistes rouges et calcaires, et enfin un lambeau de conglomérat nummulitique. Ensuite viennent les roches éruptives : les grünsteins, les trachytes, les tufs trachytiques intercalés au milieu des dépôts

miocènes, les rhyolithes et les basaltes. Passons maintenant à l'étude de ces différentes formations.

**SYÉNITES, GRANITES ET GNEISS.** — Les syénites, les granites et les gneiss ne se montrent aux environs de Schemnitz que dans les vallées d'Hodritsch et d'Eisenbach et dans le massif qui les sépare.

*Syénites.* — Les syénites sont de beaucoup les plus développées ; elles forment une bande à peu près régulière qui se dirige du sud-ouest au nord-est et s'étend sur une longueur d'un peu plus de 7 kilomètres avec une largeur moyenne d'environ 2 kilomètres. L'extrémité sud de cette bande est coupée par la vallée d'Hodritsch, dont les deux rives entre Hodritsch et Unter-Hammer sont constituées par la syénite ; mais sur la rive gauche cette roche disparaît à une faible distance de l'Hodritscher Bach, pour faire place aux schistes anciens. Sur la rive droite, au contraire, elle s'élève jusqu'au sommet de la montagne et s'étend de là jusqu'à Schüttersberg dans la vallée d'Eisenbach, où elle s'arrête pour ne plus reparaitre. Vers son milieu, la bande syénitique est légèrement étranglée par les schistes qui, de la rive gauche de la vallée d'Eisenbach, s'avancent par-dessus le Schwarzer Berg presque jusqu'au-dessus du village d'Hodritsch. Entre Hodritsch et Schüttersberg, la syénite forme la crête du chaînon qui sépare les deux vallées ; elle constitue à elle seule le sommet du Rumplocka Vrh, point le plus élevé de ce chaînon. Sur le versant sud du Rumplocka Vrh, elle est recouverte en partie par les quartzites et les grünsteins ; dans toute la partie supérieure de la vallée d'Hodritsch, on ne trouve que cette dernière roche au bord de la route et duruisseau ; mais souterrainement la syénite s'étend beaucoup plus loin : ainsi le Zipser Schacht, qui se trouve à 2 kilomètres en amont d'Hodritsch, presque au pied du Paradeisberg, a été ouvert dans le grünstein et a rencontré la syénite en profondeur.

Dans la vallée d'Eisenbach, les travaux souterrains ont donné lieu à de nombreuses observations du même genre.

En dehors de la bande dont nous venons de parler, la syénite se montre encore en petites masses isolées sur trois points, savoir : sur la rive droite et à la tête du Rossgrunder Teich, au fond d'un vallon, le Rudna Thal, tributaire de la vallée d'Eisenbach, et un peu au-dessus de l'Oberer Hodritscher Teich sur le flanc nord du Paradeisberg.

Il y a lieu de distinguer, dans le grand massif syénitique qui s'étend d'Unter-Hammer à Schüttersberg, deux variétés différentes, la syénite à gros grain et la syénite à grain fin. La première constitue la majeure partie de ce massif; on la rencontre seule dans la vallée d'Hodritsch. La seconde apparaît sur le versant nord du Rumplocka Vrh et se montre seule dans la vallée d'Eisenbach, en dehors de laquelle on ne la retrouve nulle part, si ce n'est au bord du Rossgrunder Teich. Elles sont l'une et l'autre très-constants dans leur composition et leur aspect.

**Syénite à gros grain.** — La syénite à gros grain est formée d'un mélange d'orthose, de feldspath strié et d'amphibole en cristaux plus ou moins nets; ce sont les feldspaths qui dominent. L'orthose apparaît en lamelles clivées, translucides, légèrement rosées; l'autre feldspath en lamelles d'un blanc verdâtre un peu cireux, quelquefois presque vertes, sur lesquelles on aperçoit fréquemment des facettes de 5 ou 4 millimètres de longueur sur 1 à 2 millimètres de largeur, brillant d'un éclat nacré et présentant généralement de la façon la plus nette les stries des feldspaths du sixième système. Ce feldspath a longtemps été considéré comme de l'oligoclase, mais il paraît certain que c'est du labrador : nous avons reconnu qu'il s'attaque assez facilement par l'acide chlorhydrique et, d'ailleurs, les analyses faites à l'Institut géologique de Vienne (\*) mon-

(\*) V. plus loin, p. 219 et 220.

trent bien que ce ne peut être de l'oligoclase. L'orthose et le labrador sont en mélange intime, complètement enchevêtrés l'un dans l'autre; tantôt ils paraissent entrer en proportions à peu près égales, tantôt le labrador domine et la roche prend un ton plus vert et plus mat. L'amphibole, de la variété hornblende, est disséminée dans la masse en cristaux prismatiques de dimensions variables : la plupart ont de 2 à 5 millimètres de longueur sur 0,5 à 1,5 millimètres d'épaisseur. Quelques-uns atteignent une longueur de 1 à 1,5 centimètres et une épaisseur de 4 à 5 millimètres. Ils sont solidement enchâssés dans la pâte et il est impossible de les en détacher; aussi la cassure de la roche n'offre-t-elle jamais les faces naturelles des cristaux, mais seulement des prismes clivés suivant leur longueur et brillant d'un vif éclat. On rencontre en outre dans la syénite à gros grain du mica noir ou vert foncé en paillettes ou plus souvent en piles hexagonales; il y est moins abondant encore que l'amphibole. La proportion de ces deux éléments varie d'ailleurs suivant les échantillons, mais dans des limites étroites; ils sont toujours en quantité assez faible, de sorte que la roche présente un fond clair, verdâtre ou rosé, sur lequel ils se détachent en noir brillant. Le quartz paraît faire absolument défaut.

M. K. v. Hauer a analysé la syénite à gros grain du Zipser Schacht (\*); il y a trouvé :

SiO <sup>3</sup> . . . . .	61,75
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	17,45
FeO . . . . .	5,94
CaO . . . . .	4,52
MgO . . . . .	2,29
KO . . . . .	5,88
NaO . . . . .	5,12
Perte au feu . . . . .	1,16
	100,09

(\*) *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1867, p. 82.



Cette analyse montre bien que le feldspath strié ne peut être de l'oligoclase, car, malgré l'abondance de l'amphibole, si nous avons affaire à un mélange d'orthose et d'oligoclase, la teneur en silice serait vraisemblablement plus élevée.

M. K. v. Hauer a, d'ailleurs, analysé à part le mélange feldspathique (\*), après l'avoir isolé par triage; il a obtenu les résultats suivants :

SiO <sup>3</sup> . . . . .	59,49
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	25,88
CaO . . . . .	6,20
KO . . . . .	4,09
NaO . . . . .	4,56
Perte au feu . . . . .	0,99
	99,01

La teneur en silice et la proportion de chaux montrent bien que le feldspath associé à l'orthose doit être du labrador. Nous ferons remarquer que, dans les syénites zirconiennes de Norwège, le feldspath strié qui accompagne l'orthose est, comme ici, du labrador (\*\*\*) et que le quartz manque également dans ces roches. On peut s'étonner que l'analyse de la roche en masse donne une proportion de silice supérieure à celle qui existe dans le mélange des deux feldspaths, mais il faut remarquer que la seconde analyse ne représente nullement la composition moyenne de ce mélange et qu'on a dû au contraire s'attacher, dans le triage qu'on a fait, à mettre le plus d'orthose possible de côté pour arriver à des indications plus précises sur la nature de l'autre feldspath.

On observe parfois dans la syénite à gros grain des taches foncées plus ou moins étendues, formées d'un mélange intime de feldspath et d'amphibole. Le feldspath est blanc

(\*) *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1867, p. 60.

(\*\*) Des Cloizeaux. *Manuel de minéralogie*. Paris, 1862, t. I, p. 508.

verdâtre mat et paraît être exclusivement du labrador; il est criblé de très-petites aiguilles de hornblende et ne présente que rarement des facettes où l'on puisse observer les stries. Ces taches semblent au premier abord des noyaux d'une autre roche empâtés dans la syénite; mais il est plus probable qu'elles résultent simplement d'une sorte de départ qui se serait effectué entre les éléments, car elles sont généralement entourées d'une mince bordure de feldspath rosé presque pur, qui se fond vers l'extérieur avec la roche de composition normale.

Quelquefois aussi on rencontre dans la syénite à gros grain des veines ou des noyaux de grandes dimensions formés d'une roche feldspathique en grande partie kaolinisée. On observe très-bien ce fait dans la grande galerie d'écoulement dite *Kaiser Joseph II Erbstollen*; çà et là le toit de la galerie est percé de cheminées irrégulières résultant simplement de la décomposition de ces noyaux qui sont peu à peu tombés en poussière et se sont détachés de la roche solide. En les examinant de près, on constate que leur composition est la même que celle de la syénite normale: au milieu d'une pâte cristalline formée d'un feldspath rosé qui paraît être de l'orthose, apparaissent, serrées les unes contre les autres, des taches d'un blanc de lait qui sont formées par des cristaux feldspathiques kaolinisés; c'est sans doute le labrador. On remarque aussi des aiguilles d'amphibole, transformées pour la plupart en une matière terreuse, jaune clair ou ocreuse, et des paillettes de mica noir qui n'ont subi aucune altération.

Enfin, au voisinage des filons métallifères, la syénite change fréquemment d'aspect, au point de devenir parfois presque méconnaissable. Le plus souvent, elle est simplement coupée de veines quartzzeuses, avec ou sans mélange de calcite, et l'on y voit de petites géodes tapissées de cristaux de quartz hyalin; en outre on aperçoit dans la masse une quantité de petits grains jaunes de pyrite de

fer, généralement bien cristallisés. D'ordinaire c'est à cela que se borne l'altération, mais quelquefois aussi elle est plus profonde : à la place des cristaux d'amphibole on ne trouve plus que des lamelles jaune-paille, qui tombent en poussière sous le canif ; le labrador a subi aussi un commencement de décomposition : il est devenu d'un blanc mat un peu laiteux ; mais cette modification va rarement assez loin pour entraîner la destruction de la roche elle-même, comme il arrive pour les noyaux kaolinisés dont nous avons parlé tout à l'heure.

La syénite à gros grain se présente généralement divisée par des plans parallèles extrêmement nets ; ces plans sont toujours assez fortement inclinés sur l'horizon, et l'on croirait voir des couches relevées ; mais l'orientation des plans de division est tout à fait quelconque et varie très-rapidement, de même que leur inclinaison. On peut, en descendant la vallée d'Hodritsch, observer sur un grand nombre de points cette structure de la syénite, soit dans des carrières, soit sur des escarpements naturels.

Il nous reste à mentionner l'existence, au milieu des syénites d'Hodritsch, d'un gisement de pyroxène sahlite et de quelques autres minéraux rares. Ce gisement se trouve dans une petite gorge qui s'ouvre sur le flanc gauche du Kohutower Thal ; le pyroxène forme là, au milieu de la syénite, une sorte d'amas, de 50 à 60 mètres de longueur sur une quinzaine de mètres de puissance ; il se présente sous la forme d'une masse compacte, grenue, d'un vert clair un peu jaunâtre ; la séparation entre cette masse et la syénite qui l'entoure est nettement tranchée. Çà et là apparaissent des veines ou des taches de spinelle noir et quelques veinules blanches de calcite. Des géodes assez nombreuses offrent ces minéraux en très-beaux cristaux : le pyroxène en prismes allongés, avec les faces *M*, *h*<sup>1</sup> et parfois *g*<sup>1</sup>, terminés par des pointements formés de diverses troncutures sur les angles et les arêtes, présentant particu-

lièrement les facettes *b*<sup>1/6</sup> ; les cristaux sont d'un vert plus franc et plus foncé que la masse elle-même ; c'est la variété connue sous le nom de *fassaïte*. Le spinelle se montre en octaèdres réguliers ; la calcite est rarement cristallisée. On a aussi rencontré, mais exceptionnellement, des prismes d'épidote verte et des grenats jaunes en dodécaèdres rhomboïdaux.

**Syénite à grain fin.** — La syénite à grain fin a la même composition minéralogique que la syénite à gros grain ; seulement les éléments *y* sont encore plus intimement mélangés et l'amphibole *y* entre en proportion plus considérable. Les deux feldspaths se présentent en lamelles translucides, clivées, d'un blanc rosé pour l'orthose, légèrement verdâtres pour le labrador ; mais ces lamelles sont excessivement petites ; leurs dimensions en tous sens dépassent rarement un millimètre et il est souvent presque impossible de trouver des facettes assez étendues pour *y* voir nettement les stries. L'amphibole est en petites aiguilles clivées ou en petits grains cristallins, à peine discernables à l'œil nu, mais reconnaissables à leur éclat. On trouve aussi du mica noir en paillettes, mais en assez faible quantité. Enfin la syénite à grain fin, comme la syénite à gros grain, renferme fréquemment de la calcite, soit en veinules minces, soit finement disséminée, et fait légèrement effervescence par les acides. La roche présente une texture grenue, avec une teinte noire à peu près uniforme due à l'abondance de l'amphibole ; ce fond noir, qui frappe l'œil tout d'abord, est comme saupoudré de petites taches brillantes d'un blanc verdâtre ou rosé, formées par les deux feldspaths. Parfois cependant la roche devient tout à fait noire et semble passer au grünstein, mais la structure cristalline est toujours assez nette pour qu'on puisse distinguer facilement les syénites à grain fin, même les plus riches en amphibole, des grünsteins noirs qui se montrent dans leur voisinage en divers points de la vallée d'Eisenbach.

La syénite à grain fin est moins coupée de fentes que la syénite à gros grain, et nous n'y avons jamais vu cette division par plans parallèles qui est si fréquente dans la vallée d'Hodritsch; elle est aussi moins altérable; sa cassure est plus irrégulière et il est beaucoup plus difficile de l'échantillonner.

*Granites et Gneiss.* — Les granites et les gneiss ne se montrent au jour que dans la vallée d'Eisenbach, à deux kilomètres environ en aval de Schüttersberg, et un peu plus bas à la hauteur de l'Alt Anton Stollen, siège des principaux travaux de mines de la vallée. Ces roches, qui passent par degrés de l'une à l'autre, sont formées d'orthose rosâtre en grands cristaux, de quartz et d'un mica verdâtre disposé tantôt irrégulièrement, tantôt en feuillets contournés. Le mica est souvent onctueux au toucher et paraît passer au talc; la roche prend alors l'aspect d'une véritable protogine. Le feldspath est fréquemment altéré et kaolinisé en partie; aussi la roche est-elle peu solide et tombe-t-elle en sable sous le marteau. Elle est généralement coupée de fentes nombreuses dirigées dans tous les sens.

Les granites de la vallée d'Eisenbach ne se trouvent nulle part en contact avec les syénites; aussi est-il difficile d'établir exactement les rapports d'âge qui peuvent exister entre ces deux roches; ce sont cependant les granites qui paraissent les plus anciens, comme nous l'indiquerons plus loin.

*SCHISTES ET QUARTZITES.* — Les formations de schistes et de quartzites se montrent assez développées sur le bord du massif syénitique, principalement sur son bord septentrional. Elle forment une zone de largeur variable qui commence à Schüttersberg, sur la rive droite du ruisseau d'Eisenbach; de là elles s'étendent d'un côté vers la vallée de Glashütte, dans la direction du nord-est, le long du granite, et de l'autre côté dans la direction de l'ouest sur le flanc gauche de la vallée, s'élevant parfois jusqu'au

sommet du chaînon et pénétrant plus ou moins profondément dans la bande syénitique. On les retrouve à l'ouest à Unter-Hammer et au sud au Trsteno Vrh, au-dessus du Reichauer Thal. Dans la vallée d'Hodritsch, elles forment sur la rive droite, en amont du village, la séparation entre la syénite et le grüstein. Enfin c'est à ce groupe que se rattachent les quartzites du Heckelstein, entre Schemnitz et Dillen.

Les schistes sont généralement de couleur grise ou d'un gris verdâtre, à pâte très-fine avec quelques veines de quartz. Ils sont coupés de fentes très-nombreuses et se désagrègent à l'air; sur tout le flanc gauche de la vallée d'Eisenbach la terre végétale est formée de leurs débris. Les quartzites apparaissent au milieu de ces schistes en couches plus ou moins puissantes; du côté d'Hodritsch et au-dessus de Dillen ils se montrent à peu près seuls. Ce sont des roches gris clair ou jaunâtres, à grain fin, à texture saccharoïde; on y rencontre des veinules de quartz et des cristaux de quartz hyalin dans les géodes. Quelquefois on trouve de l'hématite brune, déposée en masses mamelonnées sur les parois des fentes, par exemple au Rabensteiner Fels, près d'Hodritsch. Les quartzites résistant absolument à l'action des agents atmosphériques forment souvent des rochers escarpés: nous citerons ceux du Heckelstein à côté de la route de Schemnitz, et du Rabensteiner Fels, masse de rochers à pic qui se dresse au bord de la vallée d'Hodritsch et du sommet de laquelle on jouit d'une vue magnifique. En ces deux points les quartzites se présentent en couches puissantes, relevées presque verticalement.

On trouve quelquefois, intercalées dans les schistes, des couches de calcaire noir ou gris, par exemple au Schwarzer Berg, entre les vallées d'Eisenbach et d'Hodritsch, et au Trsteno Vrh, sur la rive gauche de la vallée d'Hodritsch, au-dessus d'Unter-Hammer. En ce dernier point les calcaires ont été recoupés par une galerie de mine, l'Ignaz Stollen,

et l'on y a trouvé des veines de serpentine. Cette serpentine est d'un vert jaunâtre plus ou moins foncé, souvent très-élégamment veinée ; elle est mélangée d'une petite quantité de chaux carbonatée, qui forme des enduits blancs dans les fissures. Elle se montre au milieu du calcaire, tantôt en veines minces, tantôt en nodules, tantôt en amas ou en bancs épais. Cette roche, désignée aussi sous le nom d'ophicalcite, est susceptible de prendre un fort beau poli et pourrait être exploitée comme pierre d'ornement.

On rencontre encore dans les formations qui nous occupent une roche particulière, connue dans le pays sous le nom d'*aplite*, mais plus souvent improprement appelée pegmatite. C'est un mélange grenu d'orthose et de quartz. Le quartz, qui forme d'ordinaire l'élément dominant, est gris clair, translucide, quelquefois presque hyalin. L'orthose se montre en très-petites lamelles cristallines, d'un blanc de lait, parfois kaolinisées, disséminées au milieu du quartz. On trouve en outre çà et là des paillettes de mica vert pâle et rarement des veinules d'amphibole hornblende. La masse est coupée de veines de quartz grisâtre ou hyalin. C'est une roche excessivement dure, qui offre au mineur, quand on la rencontre souterrainement, des difficultés d'abatage considérables. Elle se montre au jour en quelques points de la vallée d'Eisenbach, notamment sur la rive gauche, au Hirschenstein, à la hauteur de l'Alt Anton Stollen. On ne la rencontre jamais qu'au voisinage de la syénite ; aussi est-elle généralement considérée comme une roche métamorphique.

Les schistes et les quartzites sont les formations sédimentaires les plus anciennes du district de Schemnitz ; ils reposent directement sur les granites, entre Eisenbach et Glashütte, et sur les syénites dans les vallées d'Eisenbach et d'Hodritsch. On les a rencontrés dans les travaux des mines, et l'on a constaté qu'ils s'étendent plus loin en profondeur qu'à la surface et sont en partie recouverts

par les grünssteins. Quelquefois l'on trouve des gîtes métallifères à leur toit ou à leur mur, entre eux et les roches qui les recouvrent ou sur lesquelles ils reposent ; il en est ainsi près d'Hodritsch et d'Eisenbach où un certain nombre de filons sont de véritables gîtes de contact. Le minerai a parfois même pénétré dans la roche : ainsi une partie des quartzites du Rabensteiner Fels sont imprégnés de sulfures métalliques ; aussi ont-ils été exploités par les anciens qui paraissent avoir enlevé tout ce qu'on pouvait traiter avec bénéfice. On voit aujourd'hui à la surface d'énormes excavations présentant encore sur leurs parois les traces de l'exploitation par le feu.

Les quartzites sont, comme nous l'avons dit, intercalés dans les schistes ; mais on remarque qu'ils se trouvent le plus souvent vers la partie inférieure, plus près de la syénite ; à mesure qu'on approche de cette roche, les schistes changent peu à peu d'aspect, ils deviennent plus clairs et se chargent de quartz ; au contact on trouve les aplites dont nous avons parlé, alternant parfois avec des couches de quartzite. Il paraît certain, d'après cela, que la syénite a métamorphisé les schistes et leur est, par conséquent, postérieure. Au voisinage des granites et des gneiss, au contraire, on n'observe rien d'analogue, et il est permis de les considérer comme les plus anciennes formations du pays. Quant aux schistes eux-mêmes, l'absence complète de fossiles fait qu'il est à peu près impossible de fixer leur âge avec certitude ; cependant leur position et leurs caractères lithologiques ont conduit M. F. v. Andrian (\*) à les assimiler aux schistes et aux quartzites des Karpathes et de la Bohême que l'on a reconnu appartenir aux formations dévoniennes.

(\*) F. Freiherr v. Andrian. *Das südwestliche Ende des Schemnitz-Kremnitzer Trachytstockes.* — *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt.* 1866, t. XVI.

SCHISTES TRIASIQUES ET CALCAIRES. — On rencontre encore au nord du massif syénitique d'Hodritsch, d'autres formations sédimentaires, mais peu développées; ce sont des schistes rouges et des calcaires. Les schistes reposent directement sur les roches dévoniennes et sont recouverts par les calcaires; la coupe *fig. 1*, Pl. VIII, peut donner de suite une idée de cette disposition. Les schistes ne se montrent au jour que dans la vallée d'Eisenbach, sur la rive droite au Kohlberg, et plus bas sur la rive gauche entre Peszerin et Eisenbach; ce sont des roches d'un rouge brun, à grain fin, à pâte quartzreuse, renfermant un peu de mica; elles rappellent beaucoup certaines variétés schisteuses de grès bigarré (\*). Elles appartiennent du reste à la partie inférieure du terrain triasique, comme l'ont montré les fossiles qu'on y a rencontrés; ces fossiles sont la *Naticella costata*, Münst. et le *Myacites Fassaensis*, Wissm., qui caractérisent les schistes rouges de Werfen dans le Salzbourg. Ces mêmes schistes triasiques ont été, d'après M. le Bergrath V. Lipold (\*\*), retrouvés souterrainement aux environs de Schemnitz, au-dessous de l'Amalia Schacht, dans les travaux de percement de la Kaiser Josephi II Erbstollen; mais ces travaux sont aujourd'hui noyés, et M. V. Lipold n'avait pu voir lui-même ce point si intéressant.

Les calcaires dont nous avons parlé reposent dans la vallée d'Eisenbach sur les schistes triasiques; mais ils apparaissent seuls en quelques autres points, notamment au Georgstollner Thal, près de Dillen; ce sont des calcaires gris, compactes, qui par endroits deviennent blancs, cristallins, saccharoïdes. Cette modification, qu'on observe dans les calcaires du Georgstollner Thal à la surface et

(\*) Cette analogie avait frappé Beudant, et il la signale en termes précis dans son voyage en Hongrie. V. *Voyage minéralogique et géologique en Hongrie*, t. III, p. 155 et 157.

(\*\*) M. V. Lipold. *Der Bergbau von Schemnitz in Ungarn*. — *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt*. 1867, t. XVII.

souterrainement dans la galerie dite *Kronprinz Ferdinand Erbstollen*, paraît liée au voisinage du grünstein et due à une action de métamorphisme exercée par cette roche. On n'a jamais trouvé de fossiles dans ces calcaires et l'on ne peut préciser leur âge; on ne sait s'ils appartiennent au trias ou à l'étage rhétique, qui est précisément représenté, à quelque distance au nord de Schemnitz, par des calcaires reposant sur les schistes triasiques.

CONGLOMÉRAT NUMMULITIQUE. — Enfin l'on trouve, auprès d'Eisenbach, entre Peszerin et l'établissement thermal, un conglomérat calcaire qui n'affleure que sur une très-faible étendue. Son aspect est extrêmement variable: tantôt il est composé de gros blocs empâtés dans une masse presque terreuse, tantôt il passe à un calcaire gris tout à fait compacte; parfois il présente des veines ondulées grises et rouges, extrêmement siliceuses; enfin l'on y trouve des débris des roches anciennes des environs, des fragments de gneiss, de schistes chloritiques, des cristaux de feldspath et des grains de quartz. Dans les parties compactes, soit siliceuses, soit calcaires, on rencontre quantité de nummulites, les unes solidement empâtées dans la roche, les autres à demi détachées; sur les faces exposées à l'air, elles sont généralement brisées et montrent la spire qui existait à l'intérieur, mais les cloisons ont disparu, ce qui rend leur détermination spécifique à peu près impossible. Par leur forme et leurs dimensions, c'est des nummulites de l'éocène inférieur qu'elles se rapprochent le plus, et l'on peut admettre avec quelque certitude que les conglomérats d'Eisenbach appartiennent en effet à cet étage qu'on trouve représenté plus nettement à peu de distance. Ces conglomérats reposent sur les calcaires gris dont nous avons parlé et paraissent plonger vers le nord-ouest; mais la stratification est extrêmement peu nette, et l'on ne saurait dire si elle est ou non parallèle à celle des calcaires.

GRÜNSTEIN. — Le grünstein compose presque seul la masse du chaînon du Paradeisberg, formant une bande d'environ 25 kilomètres de longueur, orientée à peu près du nord-est au sud-ouest. Au sud-ouest de Schemnitz cette bande est très régulière : elle a entre Windschacht et Hodritsch une largeur de plus de 7 kilomètres qu'elle conserve sur une assez grande étendue. Son bord méridional part du bas de Schemnitz, un peu au-dessous de l'Antaler Thor, passe à Steplitzhof et se continue parallèlement à la crête du chaînon principal jusqu'à la hauteur de Viszoka au delà du Reichauer Teich ; là il s'infléchit un instant vers l'ouest pour reprendre ensuite sa direction primitive et se prolonger jusqu'au delà du village de Pukantz, où la bande de grünstein n'a plus que 4 à 5 kilomètres de largeur. Au nord de Schemnitz, le grünstein ne suit pas aussi exactement l'axe du chaînon : il est limité par une ligne à peu près droite, dirigée du sud au nord, qui passe à l'est de la ville, au-dessus de Dillen, et va s'arrêter au delà du village de Tepla, entre Mocsar et Glashütte ; ici la largeur de la bande est réduite à 2 kilomètres. Sa limite du côté du nord-ouest part à peu près du village de Glashütte, descend vers le sud-sud-ouest et atteint la vallée d'Hodritsch au pied du Rumplocka Vrh ; en ce point elle prend la direction du chaînon du Paradeisberg et se poursuit ainsi jusqu'au sud-ouest de Pukantz. Sur quelques points la bande de grünstein dont nous venons d'indiquer en gros les contours est légèrement étranglée par d'autres formations, particulièrement par les schistes et les quartzites ou par les tufs trachytiques. Ceux-ci se mêlent souvent du reste aux masses terreuses résultant de la décomposition du grünstein et il est parfois impossible de reconnaître exactement la limite des deux formations.

On trouve encore le grünstein, en dehors du grand massif qui s'étend de Pukantz à Glashütte, sur la rive

droite de la vallée d'Eisenbach entre Peszerin et l'établissement de bains. Il s'étend de là vers l'est et vers le nord jusqu'à une petite vallée, le Nevicer Thal, qui court de l'est à l'ouest pour venir se réunir à la vallée d'Eisenbach en aval du village. Le grünstein se montre sur tout le flanc gauche du Nevicer Thal et forme une zone allongée, assez large du côté de l'est, mais qui va en se rétrécissant à mesure qu'on descend le cours du ruisseau.

Enfin nous mentionnerons dès maintenant les nombreux filons de grünstein qui traversent le massif syénitique d'Hodritsch et les schistes et les quartzites d'Eisenbach.

C'est la présence de ces filons dans la vallée d'Eisenbach qui conduisit Beudant à considérer les *grünsteins porphyriques* comme des roches sédimentaires qu'il rangea dans le terrain de transition : les voyant intercalés dans les schistes, et alternant avec eux à diverses reprises, il crut avoir affaire à des couches et conclut à la contemporanéité de ces deux roches. L'intercalation des grünsteins dans la syénite lui fit rattacher cette dernière roche au même groupe, et il donna à l'ensemble le nom de *terrain de syénite et grünstein porphyrique*. Il faisait remarquer cependant que l'*origine neptunienne* de ces roches n'était pas parfaitement établie et qu'il pourrait arriver qu'un jour on reconnût qu'elles avaient été *formées par le feu* (\*).

M. v. Pettko reconnut le premier l'âge exact des grünsteins, leur caractère trachytique, et il les réunit aux trachytes proprement dits.

Enfin, M. F. v. Richthofen (\*\*) en fit un groupe à part sous le nom de *Grünsteintrachyt*, que l'expression *grünstein trachytique* ne rend pas exactement ; il décrivit nette-

(\*) Beudant. *Voyage minéralogique et géologique en Hongrie*. Paris, 1822, t. III, p. 155.

(\*\*) F. Freiherr v. Richthofen. *Studien aus den ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirgen*. — *Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt*. 1860, t. XI.

ment leurs caractères lithologiques et reconnu qu'ils devaient être placés à la base du groupe des trachytes. Il indique leur existence en différents pays en dehors de la Hongrie et de la Transylvanie, notamment en Arménie, en Perse, au Mexique et dans une partie de la chaîne des Andes ; sur presque tous ces points, les grünsteins ont été suivis comme en Hongrie par d'autres roches trachytiques, les trachytes gris et les rhyolithes. On a encore désigné ces roches sous le nom de *propylites*, mais c'est le nom de *Grünsteintrachyt* qui a été le plus généralement adopté ; dans le langage habituel on continue cependant à employer de préférence le mot de *grünstein* ; c'est celui que nous conserverons, faute de pouvoir traduire complètement le terme de M. F. v. Richthofen ; d'ailleurs les roches éruptives de composition analogue étant toutes plus anciennes et rentrant dans le groupe des diorites, le nom de grünstein ne peut prêter à aucune confusion.

*Composition minéralogique des grünsteins.* — Les grünsteins sont composés essentiellement d'un mélange de feldspath et d'amphibole hornblende. Le feldspath se montre souvent en cristaux assez nets présentant les stries du sixième système cristallin ; on le considérait généralement comme de l'oligoclase ; mais des analyses récentes ont montré que ces cristaux devaient être rapportés au labrador. Il semble qu'il y ait en outre dans la pâte un autre feldspath, qui serait alors de l'orthose ; mais l'examen minéralogique ne permet pas de constater sa présence. L'aspect des grünsteins varie dans les limites les plus étendues : tantôt la roche est tout à fait porphyroïde, tantôt les cristaux se fondent dans la masse, et l'on a des variétés compactes aphanitiques ; on trouve, entre ces deux extrêmes, tous les intermédiaires possibles. De plus, la couleur même de la pâte est extrêmement variable ; elle est généralement verdâtre, mais parfois presque blanche et souvent noire ou violacée. Outre les deux éléments es-

sentiels que nous avons indiqués, on rencontre fréquemment du mica noir ou vert et quelquefois du quartz en grains, ce qui donne lieu à de nouvelles variétés.

Mais quand on parcourt le massif de grünstein qui s'étend aux environs de Schemnitz, on voit que ces diverses variétés passent insensiblement de l'une à l'autre et ne correspondent nullement, comme cela a lieu pour les trachytes, à des époques d'arrivée différentes. Il est par conséquent impossible d'établir dans ce groupe, même pour l'étude lithologique, des divisions un peu nettes. On ne peut non plus suivre pour les décrire un ordre géographique, la distribution des différentes variétés de grünstein étant absolument irrégulière. Chacune d'elles se retrouve en un grand nombre de points fort éloignés les uns des autres ; seules les variétés quartzifères semblent un peu localisées, mais dans le terrain qu'elles occupent leur aspect et leur composition même, au point de vue de la distribution des éléments minéralogiques autres que le quartz, varient dans des limites si étendues et si rapidement d'un point à un autre, qu'on ne peut songer à les décrire dans l'ordre où on les rencontre. Il faut se contenter de choisir dans la série un certain nombre de termes et de les étudier successivement en indiquant par quelle suite de transformations ils peuvent se relier les uns aux autres.

Nous diviserons dans ce but les grünsteins en deux groupes principaux : les grünsteins porphyroïdes et les grünsteins compactes ; nous étudierons dans chacun de ces deux groupes les principales variétés, au point de vue de leur aspect et de leur composition minéralogique, en indiquant à la fin de chaque série les roches qui peuvent être considérées comme faisant le passage de l'une à l'autre. Nous laisserons en dehors les grünsteins terreux, pour en parler à part, ainsi que les altérations que peuvent présenter ces roches au voisinage des filons métallifères.

*Grünsteins porphyroïdes.* — Commençons par les va-

riétés porphyroïdes : on en trouve un des meilleurs types au sommet même du Paradeisberg. La pâte de cette roche est d'un vert grisâtre, à grain fin, à texture serrée; elle est criblée de cristaux de feldspath d'un blanc mat, légèrement nacrés. Ces cristaux ont la forme de tables de 3 à 4 millimètres de longueur en moyenne avec une largeur égale et 1 à 2 millimètres d'épaisseur; quelques-uns d'entre eux sont brisés suivant les plans de clivage et ont alors un vif éclat. On y reconnaît parfois les gouttières caractéristiques des feldspaths du sixième système; la plupart sont mâclés : en effet, sur les cassures transversales, on aperçoit plusieurs bandes parallèles, les unes brillantes, les autres mates, par suite de l'orientation différente des facettes de clivage. Tous ces cristaux sont solidement enclavés dans la pâte et il est impossible de les en détacher. Au milieu d'eux apparaissent quelques aiguilles d'amphibole hornblende, atteignant au plus 4 ou 5 millimètres de longueur; les unes sont brisées suivant la longueur, mais n'ont pas le même éclat que celles que nous signalions plus haut dans la syénite; les autres montrent leurs faces naturelles de cristallisation avec l'angle de  $124^{\circ} 50'$ . Enfin l'on observe çà et là des piles hexagonales de mica noir très-brillant; on peut les enlever sans difficulté et elles laissent dans la pâte un vide à parois parfaitement nettes.

En descendant vers Schemnitz, on voit la roche se modifier peu à peu; celle qu'on observe au bord de l'Ottergrunder Teich est moins nettement porphyroïde : les cristaux de feldspath paraissent à demi fondus dans la masse; ils sont moins nombreux, d'un blanc moins mat, et présentent des stries beaucoup plus nettes. L'amphibole se montre en plus grande quantité et en cristaux plus développés, tandis que le mica semble avoir diminué. (V. l'analyse A, p. 250). Plus bas, on arrive à des variétés tout à fait compactes.

De l'autre côté de la montagne, au contraire, en descen-

dant vers la vallée d'Hodritsch, les roches qu'on rencontre présentent une texture porphyroïde des plus nettes : ainsi sur le bord de la route qui va du col de Rottenbrunn à Hodritsch, on voit un beau grünstein porphyrique à pâte d'un vert grisâtre; les cristaux de feldspath sont blancs, mats, disséminés çà et là; l'amphibole est peu abondante; le mica se montre en paillettes bronzées légèrement altérées; on remarque aussi quelques veines blanches de chalcédoine. (V. l'analyse B, p. 250.)

On trouve assez fréquemment parmi les grünsteins porphyroïdes des variétés à pâte très-claire. Ces variétés se montrent en un assez grand nombre de points, par exemple sur la rive gauche du Georgstollner Thal, un peu en aval de la masse de calcaire : ici la pâte est d'un gris clair, presque blanche, présentant seulement une légère teinte verdâtre; le feldspath est en petits cristaux d'un blanc mat ou un peu jaunes, extrêmement abondants. On y voit de nombreuses aiguilles d'amphibole, nettement cristallisées, atteignant presque un centimètre de longueur; mais ici l'amphibole a changé d'aspect : elle est d'un vert plus ou moins foncé et se laisse couper au canif; dans la section on aperçoit parfois de petites taches blanches qui paraissent être des particules feldspathiques empâtées; malgré cette modification profonde, les angles ne sont nullement altérés et les parties vertes sont, comme l'amphibole normale, fusibles et insolubles dans les acides. Enfin la roche renferme une grande quantité de mica vert brillant, en piles hexagonales de 3 à 5 millimètres de diamètre. L'ensemble forme une masse de couleur claire, agréablement mouchetée de blanc mat et de vert sombre. (V. l'analyse C, p. 250.) On retrouve un grünstein presque semblable sur les pentes du Heckelstein; les cristaux de feldspath sont seulement plus développés et la pâte un peu plus verte.

C'est généralement parmi les grünsteins porphyroïdes que l'on trouve les variétés quartzifères. Elles ont été réu-



nies par MM. F. v. Hauer et G. Stache (\*) à un groupe de roches trachytiques quartzifères intermédiaires comme âge entre les grünsteins et les trachytes gris, auquel ils ont donné le nom de *dacites*; mais ils font remarquer qu'ils n'entendent pas, par cette réunion fondée simplement sur la composition minéralogique, attribuer aux grünsteins quartzifères un âge différent de celui des grünsteins proprement dits. Les roches pour lesquelles ce groupe a été créé n'étant pas représentées aux environs de Schemnitz, nous laisserons de côté le nom de *dacites* pour ne pas séparer par des appellations différentes des roches aussi intimement liées que le sont les grünsteins sans quartz et les grünsteins quartzifères.

Le quartz se montre dans ces variétés en petits grains ronds, hyalins, disséminés dans la masse et généralement fort peu abondants : on n'en aperçoit souvent qu'un grain ou deux sur des échantillons de 10 centimètres de côté. Sauf la présence du quartz, ces roches rentrent tout à fait dans les types que nous avons indiqués; ainsi celle que nous avons rencontrée dans la Kaiser Josephi II Erbstollen, au chantier d'avancement dirigé vers Schemnitz, présente une pâte presque blanche, un peu cristalline, avec des cristaux de feldspath blanc mat légèrement nacrés; l'amphibole y est en aiguilles vertes, très-tendres; le mica, vert ou grisâtre, en piles hexagonales; au milieu de la masse on aperçoit un ou deux petits grains de quartz translucides. D'autres fois, la pâte est d'un vert grisâtre, par exemple auprès du Rossgrunder Teich, et rappelle les roches du sommet du Paradeisberg; seulement ici le mica est vert et non pas noir; de même au Stefan Schacht, à Steplitzhof: on trouve au toit et au mur du Stefan Gang un grünstein à pâte grise teintée de vert, renfermant quelques cristaux de feld-

(\*) F. Ritter v. Hauer et Dr Guido Stache. *Geologie Siebenbürgens*. Vienne, 1863, p. 70 et suiv.

spath blancs ou jaunâtres, de l'amphibole verte en aiguilles, mais peu abondante, des piles de mica vert et quelques grains de quartz; la masse est du reste, jusqu'à une certaine distance du filon, coupée de nombreuses veines de quartz.

Les grünsteins de la vallée d'Hodritsch sont presque tous quartzifères, les uns à pâte claire comme celui que nous avons cité plus haut dans la Kaiser Josephi II Erbstollen, les autres à pâte d'un vert grisâtre, avec des cristaux de feldspath blanc mat, ou nacrés et striés, des prismes d'amphibole verte et du mica vert en piles; par exemple, ceux qu'on trouve sur la rive droite du ruisseau à l'entrée de la galerie dite *Goldener Tisch Stollen*, au-dessous du Zipser Schacht. Ailleurs la pâte se fonce, les cristaux de feldspath deviennent eux-mêmes grisâtres et tranchent moins nettement sur la masse; quelques lamelles présentent des stries d'une netteté remarquable; l'amphibole semble disparaître; le mica est toujours abondant, disséminé dans la masse en piles hexagonales, mais il participe de la couleur générale de la roche, il est gris avec une teinte un peu verdâtre; on aperçoit çà et là un ou deux grains de quartz; tels sont les grünsteins qu'on rencontre dans le haut de la vallée d'Hodritsch, formant au-dessus de la route de grands escarpements. Enfin les cristaux de feldspath paraissent quelquefois se fondre dans la masse: le grünstein qui forme les parois de la galerie de recoupe allant de la Kaiser Josephi II Erbstollen à l'Allerheiligen Gang présente une pâte d'un gris foncé légèrement verdâtre; le feldspath y est à peine apparent, on en aperçoit seulement quelques lamelles cireuses, verdâtres, à contours mal définis; çà et là quelques aiguilles d'amphibole verte, et une assez grande quantité de mica vert en piles; le quartz se montre en grains nombreux, irrégulièrement disséminés dans la masse.

Dans toutes les roches dont nous venons de parler, l'am-

phibole était à demi terreuse, verte et sans éclat. Il y a cependant des variétés quartzifères où elle se présente avec ses caractères normaux : ainsi, dans le village même d'Hodritsch on trouve un beau grünstein porphyroïde, employé à la construction des murs ; la pâte est d'un gris verdâtre, le feldspath se montre en cristaux blancs, légèrement vitreux, à éclat nacré ; le mica est d'un beau vert, groupé en piles hexagonales ; l'amphibole, assez abondante, est cristallisée en prismes noirs de 6 à 7 millimètres de longueur ; la plupart sont clivés et brillent d'un vif éclat ; quelques-uns sont à demi dégagés, et offrent les faces *M*, *g*<sup>1</sup>, *P* et *b*<sup>1/2</sup> ; le quartz est en petits grains hyalins, peu abondants.

Enfin les filons de grünstein qui traversent la syénite et les schistes sont presque tous quartzifères. L'un de ceux qu'on rencontre au milieu des schistes d'Eisenbach dans la galerie d'écoulement dite *Kreuz-Erfindungs Erbstollen* présente une pâte gris clair criblée de cristaux feldspathiques blancs laiteux ; on y aperçoit quelques rares aiguilles d'amphibole hornblende, noires, mais en partie altérées et devenues ocreuses, des piles de mica vert et une grande quantité de grains de quartz hyalins. Dans un autre filon peu éloigné de celui-ci, la pâte est d'un vert grisâtre ; les cristaux de feldspath, peu abondants, sont d'un blanc mat, l'amphibole apparaît en petites aiguilles de couleur verte ou en cristaux mal formés formant des taches foncées sur le fond plus clair ; dans ces taches on remarque de petits octaèdres réguliers de fer oxydulé d'un noir brillant, attirables à l'aimant ; le mica est vert, disposé en piles hexagonales ; on aperçoit plusieurs veinules de calcite ; le quartz est fort rare, si même il ne manque pas complètement.

Sur la rive droite de la vallée d'Hodritsch, la syénite est coupée par plusieurs filons, notamment entre la bouche de la Kaiser Franz Erbstollen et le Leopold Schacht. L'un

de ces filons est formé par un grünstein à pâte verte ; les cristaux de feldspath sont tantôt nacrés et striés, tantôt blanc mat, tantôt d'un jaune un peu ocreux ; encore ici l'amphibole est verte, très-tendre ; on voit de nombreuses piles de mica vert et plusieurs grains de quartz. Dans un autre, la pâte est d'un gris verdâtre foncé, mouchetée seulement çà et là de cristaux feldspathiques blancs, l'amphibole à peu près disparu, mais on voit encore plusieurs piles de mica vert de 5 à 6 millimètres de diamètre et quelques rares grains de quartz ; c'est un commencement de passage aux variétés compactes. Plus bas dans la vallée, on retrouve d'autres filons de grünstein ; celui qui coupe la syénite au bas du Rudolf Schacht appartient encore au type porphyroïde : la pâte est verte, elle renferme de petits cristaux feldspathiques d'un blanc un peu nacré, dont quelques-uns montrent des stries assez nettes ; on aperçoit quelques piles de mica vert et des cristaux mal formés d'amphibole d'un vert sombre ; le quartz est très-rare ou fait même absolument défaut. On remarque sur la cassure de la roche des mouches d'un vert pistache, formées d'aiguilles cristallines enchevêtrées, qui paraissent être de l'épidote. Nous avons, d'ailleurs, rencontré assez fréquemment l'épidote en veinules minces ou en mouches dans les grünsteins, notamment au chantier d'avancement de la Kaiser Josephi II Erbstollen, dans les escarpements qui bordent la route d'Hodritsch et dans les variétés compactes qui encaissent le Spitaler Gang aux environs de l'Elisabeth Schacht.

Les différentes variétés dont nous avons parlé jusqu'ici étaient presque toutes à pâte claire, verte ou grisâtre ; on rencontre aussi parmi les grünsteins porphyroïdes quelques variétés à pâte foncée, mais elles sont plus rares. Il y en a, par exemple, au Heckelstein : la pâte est presque noire, mouchetée çà et là de cristaux de feldspath blancs, nacrés ; l'amphibole semble s'être dissoute dans la masse pour lui

donner sa coloration ; on en aperçoit cependant encore quelques petites aiguilles ; il y a en outre des piles de mica vert foncé. Dans les grünsteins qu'on trouve au toit du Grüner Gang, au niveau de la Kaiser Franz Erbstollen, la pâte est tout à fait noire ; les cristaux de feldspath sont d'un blanc grisâtre, assez peu nombreux ; il y a quelques aiguilles d'amphibole, mais on ne voit plus de mica ; dans les fissures on trouve un enduit d'un vert sombre qui paraît formé d'amphibole. Enfin le grünstein qu'on rencontre au bord de la route de Windschacht, au-dessus de l'Andreas Schacht, présente une pâte d'un noir rougeâtre, criblée de cristaux feldspathiques très-nets, mais extrêmement petits : ces cristaux ont au plus 2 à 2,5 millimètres de longueur sur une largeur de 0,5 à 1 millimètre ; ils sont blancs, un peu vitreux, et montrent parfois des stries sur leurs facettes ; l'amphibole est disséminée dans la masse en petites aiguilles très-abondantes, mais mal formées et à demi fondues dans la pâte ; le mica manque absolument. (V. l'analyse D, p. 250.)

**Grünsteins compactes.** — Nous arrivons maintenant aux grünsteins compactes, qui se lient aux grünsteins porphyroïdes par les roches à pâte foncée et à petits cristaux dont nous venons de parler. Les grünsteins compactes sont le plus souvent noirâtres et les éléments dont ils sont formés, se fondant dans la masse, y deviennent à peu près indistincts. Ils sont très-fréquents aux environs de Schemnitz et particulièrement sur les flancs du Paradeisberg ; on les rencontre dans la gorge qui descend du col de Rottenbrunn vers la ville : ils présentent ici une pâte presque noire, à cassure esquilleuse, dans laquelle on aperçoit de très-petites lamelles feldspathiques que leur éclat seul permet de distinguer, quelques paillettes de mica noir et de petites aiguilles d'amphibole hornblende ; çà et là on trouve des blocs où la masse passe insensiblement du noir au gris verdâtre foncé, mais sans reprendre la texture porphyroïde.

Les roches qu'on trouve sur le versant sud-ouest du Paradeisberg, au-dessus de l'étang de Klingerstollen, ont à peu près le même aspect ; seulement les lamelles feldspathiques y sont parfois d'un jaune verdâtre, légèrement cireuses, et par suite un peu plus distinctes ; on y remarque par places de petits grains octaédriques de fer oxydulé. On retrouve un grünstein presque semblable en filon dans la syénite un peu au-dessous d'Hodritsch, à l'entrée de la Kaiser Franz Erbstollen ; la pâte est seulement un peu plus grise et l'amphibole en plus gros cristaux.

Parfois la pâte de ces roches prend une teinte violacée, par exemple dans les escarpements qui bordent le flanc gauche du Georgstollner Thal, un peu au-dessus de la route de Schemnitz à Glashütte ; on y remarque des lamelles feldspathiques verdâtres striées et quelques aiguilles d'amphibole d'un noir terne. (V. l'analyse E, p. 250.)

Le dôme qui s'élève entre le Reichauer Teich et les étangs de Windschacht est tout entier formé de grünstein compacte noir ou gris foncé, à pâte extrêmement fine, presque vitreuse ; le feldspath s'y montre en très-petites lamelles, légèrement colorées en jaune verdâtre, translucides ; l'amphibole est en aiguilles prismatiques à demi fondues dans la masse, et quelquefois en gros cristaux isolés, brillants, atteignant 1 centimètre de longueur sur 7 à 8 millimètres de largeur (V. l'analyse G, p. 250). On retrouve cette même variété un peu plus loin, à la naissance du ruisseau d'Illia, alternant avec des grünsteins terreux presque entièrement décomposés. C'est la même encore qui forme le flanc gauche de la vallée d'Eisenbach, un peu en amont de Schüttersberg ; seulement ici le feldspath est presque incolore et assez brillant (V. l'analyse F, p. 250). Enfin, dans les blocs de grünstein qu'on rencontre au milieu des tufs, entre Illia et Steplitzhof, le caractère vitreux de la pâte est encore plus accentué : elle est d'un noir mat et renferme une quantité de lamelles feldspathiques bril-

lantes, nettement striées, incolores ou jaunâtres; on y voit quelques petites aiguilles d'amphibole noire et de très-petits grains de fer oxydulé. Quelques-uns de ces blocs sont altérés et se divisent en boules irrégulières; le grünstein qui les forme est à pâte noire presque vitreuse; le feldspath est jaunâtre, cireux; on voit une assez grande quantité d'aiguilles de hornblende et beaucoup de mica noir en paillettes ou en piles hexagonales.

De même qu'on rencontre dans les grünsteins porphyroïdes des variétés à pâte foncée, de même on trouve parmi les grünsteins compactes des roches à pâte plus claire, verte ou gris verdâtre; ces variétés forment une nouvelle série intermédiaire entre les deux types principaux, auxquels elles se lient par des passages insensibles. Ainsi l'on observe au pied du Dreifaltigkeit Berg, au bord de la route d'Antal, un grünstein compacte à pâte grise assez foncée, mais déjà nettement teintée de vert, à cassure esquilleuse; le feldspath est en petites lamelles peu distinctes, d'un blanc verdâtre, un peu cireuses; l'amphibole apparaît en petits cristaux noirs, assez nombreux et bien formés. On rencontre exactement la même roche à Steplitzhof dans les travaux du Stefan Gang, au mur de la Morgenkluft. Le grünstein qui encasse le Spitaler Gang ou les veines qui s'en détachent présente assez fréquemment, avec la texture compacte, une teinte verte assez claire: on trouve par exemple, dans les travaux de l'Elisabeth Schacht, au niveau inférieur, une roche à pâte gris verdâtre, renfermant de petites lamelles feldspathiques striées et quelques cristaux d'amphibole assez mal définis. Ailleurs, la teinte est d'un vert plus clair, l'amphibole est mieux cristallisée, mais les cristaux de feldspath sont rares et à peine distincts. Le grünstein qui constitue les épontes du Theresia Gang, au voisinage de l'Amalia Schacht, au-dessous de la Dreifaltigkeit Erbstollen, présente une pâte d'un beau vert renfermant un grand nombre de petits cris-

taux d'amphibole hornblende très-nets; on aperçoit çà et là quelques fines lamelles feldspathiques brillantes, mais peu abondantes. (V. l'analyse I, p. 250.)

Du côté d'Hodritsch nous trouvons, parmi les grünsteins quartzifères, des variétés analogues; nous citerons les roches qui forment les parois de la Kaiser Josephi II Erbstollen en aval du Lill Schacht: la pâte est gris clair, légèrement teintée de vert; le feldspath est en lamelles cireuses qui se fondent insensiblement dans la masse; on ne distingue nettement que le mica, de couleur verte, en grosses piles hexagonales, et le quartz qui se montre en grains hyalins épars çà et là, mais petits et rares. (V. l'analyse II, p. 250.)

Enfin l'on voit en quelques points les grünsteins compactes passer peu à peu à la texture porphyroïde, le feldspath se séparant en petits cristaux appréciables et commençant à trancher par sa couleur sur le fond même de la roche. On rencontre par exemple, au treizième étage de l'Andreas Schacht (\*), un grünstein à pâte d'un gris verdâtre où le feldspath se montre, partie en lamelles presque indistinctes, partie en très-petits cristaux blanchâtres; on y aperçoit également de petites aiguilles de hornblende. Il en est de même dans les grünsteins de la Pauli Stollen, sur le flanc sud-est du Rumplocka Vrh: ils sont formés d'une pâte grenue vert grisâtre, au milieu de laquelle on remarque quelques petits cristaux blancs, les uns brillants, les autres mats, se fondant à demi dans la masse; on distingue aussi des piles de mica vert et un peu d'amphibole; ce dernier minéral est tantôt en prismes verts, à demi terreux, tantôt il paraît se dissoudre dans la pâte pour y former des taches d'un vert sombre à contour vague. Un peu à l'est de la Pauli Stollen, sur le Hebad Vrh, on rencontre la même roche, mais plus nettement porphyroïde: la pâte est gris

(\*) Voir la Pl. VII.

verdâtre, le feldspath est en cristaux blancs, légèrement vitreux, un peu plus nets et plus abondants; on remarque encore quelques taches vert foncé, mais on aperçoit aussi une assez grande quantité de hornblende en aiguilles noires bien formées.

**Grünsteins terreux.** — Il nous reste à parler maintenant des grünsteins terreux, qui sont extrêmement fréquents dans le massif de Schemnitz; la plupart appartiennent au type porphyroïde. Les grünsteins compactes paraissent résister énergiquement, en général, à l'action des agents atmosphériques et ne se montrent altérés que sur une épaisseur de 2 ou 3 millimètres à partir de la surface; les grünsteins porphyroïdes présentent quelquefois la même résistance à la décomposition, mais plus souvent il faut enlever une croûte terreuse de près d'un centimètre d'épaisseur avant de trouver la roche solide. Enfin il arrive fréquemment que la masse entière présente une altération profonde: la pâte est tendre, se laisse couper au canif, le feldspath est d'un blanc mat, sans éclat, et paraît à demi kaolinisé; cet état semble tenir à la nature même de la roche plutôt qu'à une décomposition progressive, car on trouve encore ici des traces de l'action des agents atmosphériques et l'on voit que, bien que cette action se soit fait sentir plus profondément, elle s'arrête cependant à quelque distance de la surface. On trouve, bien entendu, dans ce groupe comme dans les précédents, une longue série de variations, depuis la roche à peine altérée et encore solide jusqu'aux masses tout à fait terreuses, d'aspect tuffacé, qui tombent en sable ou en poussière sous le marteau.

Nous citerons d'abord les grünsteins qui bordent la route de Windschacht, au-dessus du Max Schacht: la pâte en est d'un gris verdâtre, assez claire, tendre et à demi terreuse; le feldspath se présente en petits cristaux aplatis, d'un blanc tout à fait mat; la hornblende est disséminée dans la masse en fines aiguilles noires, mais sans éclat. Le

grünstein de Kopanitz, près Moderstollen, est également à demi terreux: il est composé d'une pâte un peu rude, d'un gris légèrement violacé; le feldspath y est disséminé en cristaux nombreux, de 3 à 4 millimètres de longueur, presque vitreux, d'un blanc mat; quelques-uns offrent des gouttières et des stries très-nettes; l'amphibole se montre en aiguilles bien formées, mais profondément altérées, d'un jaune verdâtre ou ocreuses; on aperçoit en outre beaucoup de mica noir en piles ou en paillettes. (V. l'analyse K, p. 251).

En allant de Schemnitz à Dillen, on rencontre au milieu des tufs qui bordent la route et qui ne sont peut-être que des grünsteins entièrement décomposés quelques masses de roches plus solides, qui rentrent dans le groupe des grünsteins terreux; la pâte est d'un gris violacé, elle renferme des cristaux de feldspath blanc laiteux, kaolinisés, un peu d'amphibole et du mica, légèrement altérés. Ceux qu'on trouve à la naissance du ruisseau d'Illia, au voisinage des grünsteins compactes, ont subi une altération encore plus profonde: la pâte est vert grisâtre, les cristaux de feldspath sont transformés en kaolin, l'amphibole et le mica ne semblent pas modifiés, mais la masse même de la roche a perdu toute solidité et se désagrège complètement sous le marteau. (V. l'analyse M, p. 251.)

Enfin, au col de Rottenbrunn, on remarque au bord de la route des roches blanches, terreuses, coupées de veines ocreuses, qui ne paraissent, au premier coup d'œil, avoir aucun rapport avec les grünsteins. Cependant, en les examinant de près, on distingue dans la masse grisâtre une foule de petits cristaux blancs, dont quelques-uns sont cariés et désagrégés (V. l'analyse N, p. 251); et quand on en casse des blocs un peu gros, on trouve au centre un noyau bleuâtre qui présente tous les caractères d'un grünstein: la pâte en est terreuse, elle est criblée de petits cristaux lamellaires altérés, d'un blanc mat; çà et là

on aperçoit des parties noires cariées, qui semblent les restes des cristaux d'amphibole. Toute la masse est imprégnée de pyrite en grains cristallins excessivement petits. Il faut sans doute rattacher au même groupe les roches feldspathiques qu'on rencontre sur la rive droite de la vallée d'Eisenbach, un peu au-dessous du Rossgrunder Teich; ce sont des roches blanches, argileuses, hachées de fissures en tous sens; on reconnaît dans la masse la trace de petits cristaux feldspathiques complètement cariés; quelques-unes des fissures sont remplies de quartz hyalin cristallisé et de dépôts d'ocre; on y aperçoit parfois des grains de pyrite transformés en oxyde de fer, mais offrant encore des formes cristallines très-reconnaissables.

Les variétés quartzifères présentent aussi quelquefois ces modifications profondes. On en trouve un exemple dans un filon qui coupe la syénite derrière le Leopold Schacht au-dessous d'Hodritsch: sur les bords du filon, le grünstein est compacte, mais au milieu il est altéré et complètement terreux; les parties encore solides sont formées d'une pâte grisâtre un peu bulleuse et comme scoriacée, renfermant une grande quantité de cristaux feldspathiques d'un blanc mat; quelques-uns d'entre eux sont moins altérés et ont conservé un certain éclat; on distingue encore de l'amphibole en prismes, mais devenue terreuse, et des piles de mica vert qui semblent aussi avoir subi un commencement de décomposition; le quartz seul est resté intact, il est disséminé en grains hyalins dans la masse. Il en est à peu près de même dans les grünsteins quartzifères du Georgstollner Thal; on rencontre au bord du ruisseau et dans son lit, au voisinage du calcaire, une roche blanche divisée en prismes grossiers; la pâte de cette roche est compacte et assez dure, mais tous les éléments qu'elle renferme sont profondément altérés: le feldspath, répandu dans la masse en cristaux nombreux, est complètement kaolinisé et tombe en poudre sous le canif; les piles de

mica, très-abondantes, ont conservé leur structure, mais le mica est devenu jaune paille et tout à fait terreux, il tombe en poussière comme le feldspath. On aperçoit quelques rares aiguilles d'amphibole, transformées en oxyde de fer, et des grains hyalins de quartz, dont quelques-uns renferment dans leur intérieur un petit noyau de feldspath kaolinisé. (V. l'analyse O, p. 251.) Ce grünstein blanchâtre se montre sur une assez grande longueur, mais il est malheureusement impossible, à cause des éboulis qui remplissent le fond de la vallée, de le suivre en aval jusqu'au grünstein solide et de s'assurer s'il y a passage graduel de l'un à l'autre.

Les différentes variétés de grünstein que nous venons de décrire renferment, presque sans exception, un peu de carbonate de chaux. Nous avons signalé dans quelques-unes des veinules de calcite discernables à l'œil nu, mais le plus souvent ce minéral semble disséminé dans toute la masse et sa présence ne se trahit pas à l'extérieur; on ne peut la constater que par l'action des acides et l'on reconnaît que presque tous les grünsteins, traités par l'acide chlorhydrique étendu, donnent une effervescence plus ou moins vive. On a quelquefois indiqué la présence de l'acide carbonique comme un signe de la décomposition de la roche par les agents atmosphériques; mais nous l'avons observée dans des grünsteins parfaitement solides, et ne présentant pas la plus légère altération; il paraît vraisemblable que l'acide carbonique, sans doute combiné à la chaux, entre dans la roche comme élément constitutif et non d'une façon accidentelle. Seuls quelques grünsteins compacts, et particulièrement les grünsteins à pâte tout à fait noire et à demi vitreuse, ne font pas effervescence ou ne donnent qu'un dégagement de gaz à peine sensible.

On rencontre en outre dans un grand nombre de grünsteins de la pyrite de fer, soit en veinules minces, soit dis-

séminée dans la masse sous forme de petits grains bien cristallisés ; on l'observe surtout au voisinage des filons métallifères : les grünsteins qui forment les épontes en sont généralement imprégnés à une assez grande distance. Ils sont de plus coupés de veines nombreuses de quartz et de calcite, et souvent on y trouve des mouches de minerais répandues çà et là dans la masse. Cette imprégnation de pyrite est souvent, avec la présence des veines calcaires ou quartzes, la seule modification que présentent les grünsteins au contact des filons métallifères ; ils semblent seulement devenus un peu plus compactes, et quelquefois les lamelles feldspathiques n'y sont presque plus discernables ; parfois aussi leur teinte est devenue plus claire, leur pâte est grise ou d'un gris blanchâtre, mais ils ont conservé leur aspect, leur solidité, et l'on ne peut se méprendre sur leur nature. Il en est ainsi, en général, au voisinage des parties plombeuses des filons ; mais dans d'autres cas l'altération est beaucoup plus profonde : la roche est devenue blanche, tendre, et ne ressemble plus à un grünstein. Cependant, en l'examinant avec attention, on reconnaît au milieu de la masse feldspathique, souvent à demi kaolinisée, qui la constitue, des lamelles cireuses d'un blanc jaunâtre et quelquefois, dans les parties un peu plus solides, de petits cristaux brillants, striés. On remarque aussi çà et là des lamelles jaune paille qui semblent tenir la place des aiguilles de hornblende, ou, d'autres fois, de petits cristaux prismatiques, à cassure cireuse, d'un vert pâle, sur lesquels on reconnaît l'angle caractéristique de l'amphibole. Dans toute la masse on aperçoit des grains de pyrite de fer bien cristallisés et des veines de quartz ou de calcite ; on y trouve aussi parfois du quartz en grains ronds, mais seulement quand le grünstein solide qu'on trouve à côté appartient aux variétés quartzifères ; enfin l'acide chlorhydrique y produit généralement une légère effervescence. Tous ces caractères prouvent bien qu'on a

affaire simplement à des grünsteins, mais à des grünsteins profondément altérés ; d'ailleurs, en s'éloignant peu à peu du filon, on passe successivement et par degrés insensibles de la roche argileuse qui forme le remplissage à la roche blanche un peu plus solide qui constitue les épontes et enfin au grünstein inaltéré. On désigne quelquefois ces roches blanches sous le nom de *masse rhyolitique* ; elles ont en effet avec les rhyolithes une certaine analogie d'aspect, mais elles en diffèrent par la présence de l'amphibole, par l'absence de l'orthose vitreux et, au point de vue de la composition chimique, par une teneur en silice beaucoup moins élevée. C'est le plus souvent dans les filons argentifères, tels que le Grüner Gang, le Stefan Gang et les parties méridionales du Spitaler Gang et du Biber Gang, qu'on observe cette modification particulière du grünstein.

*Composition chimique des grünsteins.* — Les grünsteins sont assez constants dans leur composition, comme on va le voir par le tableau suivant ; les analyses sont portées sur ce tableau à peu près dans l'ordre où nous avons décrit les roches dont elles donnent la composition : grünsteins porphyroïdes, grünsteins compactes, puis grünsteins terreux et, pour finir, les grünsteins altérés qu'on rencontre au voisinage des filons.

Nous indiquons, pour chaque échantillon analysé, s'il fait avec les acides une effervescence plus ou moins vive, les dosages d'acide carbonique faits sur G, L et O pouvant servir de points de comparaison. Le soufre a été dosé dans presque tous les échantillons renfermant de la pyrite, ainsi que l'acide sulfurique provenant de l'oxydation de cette pyrite ; mais la perte au feu comprenant la plus grande partie du soufre et de l'acide sulfurique, nous avons mis ces chiffres à part, pour ne pas compter deux fois les mêmes éléments dans la somme (\*).

(\*) Ces analyses, comme toutes celles dont nous n'indiquons pas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
SiO <sub>3</sub> . . . . .	57,00	55,75	60,50	56,25	53,25	55,75	58,00	58,75	55,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	19,05	16,48	18,13	18,37	19,55	18,38	17,38	17,75	20,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,19	6,50	4,79	6,62	8,58	9,37	5,87	3,67	7,38
CaO . . . . .	5,25	6,00	4,25	6,50	8,00	7,50	7,75	4,50	4,00
MgO . . . . .	2,75	2,00	2,20	2,02	2,84	1,92	2,46	tr. faibles	3,67
KO . . . . .	2,45	2,07	1,90	1,49	0,49	0,92	1,48	3,96	2,36
NaO . . . . .	4,67	3,08	4,02	4,01	3,31	3,85	3,17	3,92	3,40
Perte au feu . . . . .	3,75	8,50	4,50	5,00	3,75	2,00	2,62	8,25	3,62
CO <sub>2</sub> . . . . .							(1,18)		
Somme . . . . .	100,11	100,38	100,29	100,26	99,77	99,69	98,73	100,80	100,30
Effervescence . . . . .	Assez vive.	Vive.	Assez vive.	Assez vive.	Assez vive.	Assez faible.	Faible	Assez vive.	Très-faible.

*Grünsteins porphyroïdes :*

- A. Grünstein du Paradeisberg, au bord de l'Ottergrunder Teich.  
 B. Grünstein de la route d'Hodritsch, un peu au-dessous du col de Rottenbrunn.  
 C. Grünstein du Georgstollner Thal.  
 D. Grünstein de la route de Windschacht, près de l'Andreas Schacht.

*Grünsteins compactes :*

- E. Grünstein violacé du Georgstollner Thal.  
 F. Grünstein noir de la vallée d'Eisenbach, entre le Rossgrunder Teich et Schüttersberg.  
 G. Grünstein noir près des étangs de Windschacht.  
 H. Grünstein quartzifère de la Kaiser Josephi II Erbstollen, en aval du Lill Schacht.  
 I. Grünstein au toit du Theresia Gang; Amalia Schacht, troisième étage.

Les auteurs, ont été faites par l'un de nous, au laboratoire de l'École des mines.

	K	L	M	N	O	P	Q
SiO <sub>3</sub> . . . . .	58,25	52,25	53,25	68,50	66,25	61,75	55,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18,21	17,42	17,31	18,75	19,50	17,77	22,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,53	6,32	6,69	tr. faibles	tr. faibles	3,72	4,25
CaO . . . . .	4,87	7,75	6,75	0,11	4,75	0,75	2,00
MgO . . . . .	1,27	3,71	2,18	0,18	traces	traces	»
KO . . . . .	2,48	1,43	0,57	2,68	2,03	2,11	1,03
NaO . . . . .	4,12	3,46	2,50	1,95	0,91	1,32	2,04
Perte au feu . . . . .	6,12	8,00	10,25	8,00	7,00	11,12	11,37
CO <sub>2</sub> . . . . .		(2,83)			(2,45)		
Somme . . . . .	99,85	100,34	99,50	100,17	100,44	98,54	98,19
Effervescence . . . . .	Assez vive.	Vive.	Assez vive.	Nulle.	Vive.	Nulle.	Nulle.
S. . . . .				0,72		3,73	0,98
répondant à FeS <sub>2</sub> . . . . .				1,33		6,89	1,81
SO <sub>3</sub> tout formé . . . . .				0,60		3,61	0,51

*Grünsteins terreux :*

- K. Grünstein à demi terreux, de Kopanitz, près Moderstollen.  
 L. Grünstein terreux d'Eisenbach, en filon dans le conglomérat nummulitique.  
 M. Grünstein terreux entre le Reichauer Teich et la vallée d'Illia.  
 N. Grünstein terreux blanc du col de Rottenbrunn.  
 O. Grünstein quartzifère terreux du Georgstollner Thal.

*Grünsteins altérés au voisinage des filons :*

- P. Grünstein altéré, encaissant le Spitaler Gang; Carl Schacht.  
 Q. Grünstein altéré, du Grüner Gang; Franz Schacht, entre le cinquième et le sixième étage.

On voit que la teneur en silice est presque toujours comprise entre 53 et 58 p. 100, sauf dans les cas d'altération, et l'on peut remarquer qu'il n'y a, au point de vue chimique, aucune distinction à établir entre les variétés porphyroïdes et les variétés compactes. La différence entre ces deux variétés doit tenir simplement aux conditions dans lesquelles s'est faite la solidification, et elles alternent si fréquemment qu'on ne pouvait que s'attendre à ce résultat. Nous voyons qu'il paraît en être à peu près de même pour les variétés quartzifères et que l'échantillon H se distingue à peine des variétés sans quartz; il renferme seulement un peu plus de potasse. Seul l'échantillon C se distingue des



autres par une quantité de silice un peu plus forte : nous ferons observer que, dans cet échantillon, l'amphibole est tendre, de couleur verte, et paraît remplacée en grande partie par un élément feldspathique.

Si nous passons de là aux grünsteins terreux de Rottenbrunn et du Georgstollner Thal, nous y trouvons une proportion de silice bien supérieure à celle de tous les autres échantillons ; cette transformation résulte de la kaolinisation du feldspath de la roche et de la disparition d'une partie des alcalis, principalement de la soude, comme le montrent les chiffres que nous venons de citer. Nous avons dit que les blocs un peu volumineux de la roche blanche du col de Rottenbrunn présentaient au centre un noyau bleuâtre moins altéré ; l'altération y est aussi moins profonde au point de vue chimique, car ces parties bleues renferment seulement 66,25 p. 100 de silice au lieu de 68,50 ; il est à remarquer aussi que la croûte blanche renferme une proportion appréciable d'acide sulfurique combiné sans doute à de l'alumine et à du fer. Le grünstein qui encaisse le Spitaler Gang au Carl Schacht a également subi une altération de la même nature, disparition d'une partie de la soude et enrichissement en silice ; il renferme du sulfate d'alumine et de fer (*céramohalite*) en aiguilles cristallines.

Quant aux roches blanches du Grüner Gang, nous constatons au contraire qu'elles ne renferment pas plus de silice que les grünsteins normaux : un autre échantillon, provenant d'un point différent, nous a donné 54,75 p. 100 de silice. Il y a eu seulement enlèvement d'une portion des alcalis et enrichissement en alumine. Mais, dans tous les cas, les résultats de l'analyse prouvent bien que nous avons affaire à un grünstein véritable et non point à une roche rhyolithique, comme on peut le vérifier par les analyses des rhyolithes d'Eisenbach et de la Clotilde Kluff (\*).

(\*) Voir plus loin, p. 276 et 277.

Les analyses dont nous venons de donner le tableau nous fournissent en outre une première indication sur la nature du feldspath qui entre dans la composition des grünsteins ; en effet, l'oligoclase ne renfermant pas moins de 60 à 64 p. 100 de silice, la teneur en silice des grünsteins devrait être plus élevée s'ils étaient réellement constitués par de l'oligoclase. Des analyses spéciales ont été faites, d'ailleurs, pour éclaircir la question : la première est due à M. Ch. Sainte-Claire Deville ; elle a porté sur des cristaux de feldspath isolés d'un échantillon de grünstein du Paradeisberg ; elle a donné les résultats suivants (\*) :

SiO <sup>3</sup> . . . . .	55,92
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	26,69
FeO . . . . .	1,08
CaO . . . . .	6,98
MgO . . . . .	1,68
KO . . . . .	1,20
NaO . . . . .	4,02
HO . . . . .	1,40
CO <sup>2</sup> . . . . .	2,95
	99,90

On voit que les cristaux eux-mêmes renferment de l'acide carbonique. Les chiffres qui précèdent avaient conduit, en tenant compte de la proportion de carbonate de chaux indiquée par l'analyse, à rapporter ce feldspath à l'andésine. Depuis cette époque, M. K. v. Hauer a fait au laboratoire de l'Institut géologique de Vienne des analyses très-nombreuses sur des grünsteins et des dacites de la Transylvanie (\*\*); nous ne citerons ici que celles qui sont relatives à de vrais grünsteins de composition semblable à ceux qui nous occupent.

(\*) *Bull. de la Soc. géol. de France*, t. VI, 1849, p. 410-412.

(\*\*) *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1867.

	a	b	c
SiO <sub>3</sub> . . . . .	54,72	54,63	53,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	27,39	26,33	28,41
CaO . . . . .	7,76	7,79	11,14
MgO . . . . .	»	0,36	0,16
KO . . . . .	2,01	0,65	1,83
NaO . . . . .	6,06	8,62	4,07
Perte au feu . . . . .	0,55	0,45	1,73
Somme . . . . .	98,49	98,83	100,99

- a. Feldspath d'un grünstein de Pereu Vitzeluluj. (La roche renferme 60,01 p. 100 de silice.)  
 b. Feldspath d'une dacite de Kuretsel. (La roche renferme 59,70 p. 100 de silice.)  
 c. Feldspath d'une dacite de Colzu Csoramuluj. (La roche renferme 59,41 p. 100 de silice.)

Les rapports entre les quantités d'oxygène des protoxydes, des sesquioxydes et de la silice sont, pour ces analyses :

a. . . . .	1,00 : 3,00 : 6,80
b. . . . .	1,14 : 3,00 : 7,11
c. . . . .	1,04 : 3,00 : 6,47

Ils sont intermédiaires entre les chiffres caractéristiques du labrador et ceux de l'andésine, mais se rapprochent plus pourtant du rapport 1 : 3 : 6 que du rapport 1 : 5 : 8. Les analyses elles-mêmes présentent avec les analyses de labrador citées par M. Des Cloizeaux (\*) une ressemblance frappante, tandis que l'andésine se distingue par une proportion de silice beaucoup plus considérable. Enfin M. Des Cloizeaux indique l'andésine comme à peine attaquant par les acides; les cristaux de feldspath isolés de nos échantillons se sont au contraire laissés attaquer en grande partie et nous ont donné exactement les mêmes résultats que des cristaux de labrador essayés comparativement. Nous pensons donc que c'est au labrador qu'il faut rapporter les cristaux de feldspath des grünsteins, bien plutôt qu'à l'an-

(\*) Des Cloizeaux. *Manuel de minéralogie*, t. I, p. 506.

désine, dont l'existence, d'ailleurs, est encore un peu problématique.

Remarquons seulement, dans les analyses de M. K. v. Hauer, que les cristaux de feldspath analysés se trouvent tous renfermer moins de silice que la roche dont ils ont été extraits; il faudrait donc qu'il y eût dans la pâte de la roche un élément plus acide, que l'examen minéralogique ne permettait pas d'apercevoir. Cet élément est probablement de l'orthose, car M. K. v. Hauer cite une dacite de Rogosel, en Transylvanie, dans laquelle on a trouvé des lamelles rosées non striées; l'analyse de ces lamelles, isolées le plus soigneusement possible, a donné une teneur en silice de 69,05 p. 100 et les rapports 0,7 : 3,0 : 12,7, qui caractérisent précisément l'orthose.

*Structure des grünsteins.* — Le grünstein forme en général des masses arrondies en forme de dômes, comme nous l'avons indiqué en commençant, et quand on observe le pays du haut du Szittna, on peut, à leur aspect seul, reconnaître les montagnes constituées par cette roche. Les grünsteins sont d'ordinaire coupés de grandes fentes verticales ou fortement inclinées qui leur donnent parfois l'apparence de couches relevées; on remarque presque toujours deux systèmes de plans de division, faisant entre eux un angle voisin de 90° et différemment inclinés. Beudant, considérant les grünsteins comme appartenant aux terrains sédimentaires, s'était attaché à relever l'orientation et le pendage de ces plans de division; mais, tout en cherchant à les grouper suivant un certain nombre de directions principales, il avait été obligé de reconnaître que la *stratification* était excessivement irrégulière (\*). En effet l'on voit, en parcourant le pays, que l'inclinaison de ces plans est, ainsi que leur orientation, on ne peut plus variable et qu'elle change avec la plus grande rapidité d'un point à un autre.

(\*) Beudant, *loc. cit.*, t. III, p. 105.

Les variétés terreuses n'offrent pas tout à fait la même structure, elles sont en général coupées de fentes beaucoup plus nombreuses et moins régulières.

Une seule fois nous avons observé la division en prismes, c'est dans les grünsteins quartzifères terreux du Georgstollner Thal : toute la masse de la roche est décomposée en prismes pentagonaux ou hexagonaux plus ou moins réguliers, de 0<sup>m</sup>,25 environ de diamètre, légèrement inclinés. Ces prismes se brisent facilement perpendiculairement à leur axe et montrent dans leur cassure une série de zones concentriques diversement colorées, grises, ocreuses ou tout à fait blanches; la couche extérieure, altérée à l'air, a toujours une teinte ocreuse très-prononcée.

Quelquefois les grünsteins solides présentent dans leur structure un phénomène remarquable : on aperçoit sur la cassure de la roche un certain nombre de boules assez bien formées, de 15 à 25 millimètres de diamètre, disposées irrégulièrement. Les unes sont presque complètement engagées dans la masse, d'autres sont à demi dégagées et l'on voit çà et là les empreintes en creux de celles qui sont restées adhérentes à la contre-partie de l'échantillon. Ces boules sont assez solidement enchâssées dans la pâte de la roche et ne se laissent détacher qu'au marteau. Le grünstein qui présente ce mode de division est à texture prophyroïde; la pâte est verte, criblée de petits cristaux de feldspath légèrement vitreux, d'un blanc mat; on distingue quelques rares prismes d'amphibole d'un vert foncé et de très-petits grains de fer oxydulé. Les boules n'ont pas une structure radiée, mais elles montrent dans leur cassure une teinte plus foncée; la pâte en est beaucoup plus compacte, plus dure, d'un vert noirâtre; on y voit quelques lamelles feldspathiques brillantes, de petits cristaux d'amphibole à demi fondus dans la pâte et formant des taches noires, et du fer oxydulé en assez grande quantité. Ces boules semblent donc résulter de la concentration sur certains points d'un des

éléments de la roche, l'amphibole; c'est un phénomène analogue à celui qui se produit parfois dans la dévitrification du cristal, où l'on voit la masse encore transparente criblée de petites boules opaques d'un blanc mat. Les grünsteins qui présentent ce phénomène sont désignés à Schemnitz sous le nom de *Kugeldiorit*; on les connaît en deux ou trois points, par exemple au Stefan Schacht et aux environs de l'Andreas Stollen.

On a rencontré dans les grünsteins (\*), au vingt et unième étage de l'Andreas Schacht, à 290 mètres environ de profondeur, une petite couche de charbon fossile, de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur: on l'a suivie sur une longueur d'une dizaine de mètres et l'on a vu qu'elle finissait par se diviser en veinules minces et par disparaître; elle était enveloppée de grünstein terreux, imprégné lui-même de substance charbonneuse. Ce charbon était analogue, partie au lignite, partie au charbon de bois; on y reconnaissait encore la texture du bois, qui paraissait appartenir à la famille des conifères. Il paraît probable que ce sont des troncs d'arbres qui auront été empâtés par le grünstein lors de sa venue au jour.

Mentionnons encore l'intéressant gisement d'agalmatolithe de la galerie dite *Kronprinz Ferdinand Erbstollen*, près de Dillen: cette galerie a coupé d'abord les grünsteins, puis les calcaires qui affleurent au Georgstollner Thal, et au contact de ces deux roches on a trouvé un amas d'une matière terreuse blanche, coupée de veines plus solides formées d'une substance verte ou jaune verdâtre à éclat cireux. La masse blanche renferme une grande quantité de cristaux translucides, incolores ou violacés, qui ne se laissent détacher qu'avec difficulté. Ces cristaux sont généralement un peu fendillés et assez fragiles; ils appartiennent au système du prisme droit à base carrée et ont été reconnus pour du diaspore, répondant exactement à la

(\*) M. V. Lipold, *loc. cit.*, p. 545.

formule  $Al^2O^3$ , HO. M. Karafiat a analysé la matière au milieu de laquelle se trouvent ces cristaux (\*) et il a constaté qu'elle avait une composition très-différente de celle des veines cirieuses vertes qui la traversent. Voici les résultats qu'il a trouvés :

	Matière verte, cirieuse.	Masse terreuse blanche.
SiO <sup>3</sup> . . . . .	49,50 . . . . .	22,40
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	27,45 . . . . .	56,40
FeO. . . . .	1,05 . . . . .	traces
MnO. . . . .	traces . . . . .	traces
CaO. . . . .	5,56 . . . . .	traces
MgO. . . . .	0,72 . . . . .	0,44
Alcalis. . . . .	10,20 . . . . .	traces
HO. . . . .	5,10 . . . . .	21,15
	99,56	100,57

Ces analyses ont montré que la substance verte devait être rapportée à l'agalmatolithe, dont la composition est représentée par la formule  $KO, SiO^3 + 2(SiO^3, 2Al^2O^3) + 3HO$ . Quant à la matière blanche, sa composition n'étant celle d'aucun minéral connu, M. Haidinger lui a donné le nom de *dillénite*; l'analyse que nous venons de citer conduit à la formule  $SiO^3, 2Al^2O^3 + 4HO$ . Outre le diaspore, on rencontre dans la masse des nids de pyrite de fer en grains cristallins et quelquefois, paraît-il, de la fluorine. Aujourd'hui cet amas est exploité d'une façon régulière pour la fabrication des briques réfractaires.

*Age des grünsteins.* — Nous avons parlé plus haut, en décrivant les différentes variétés de grünstein, des filons formés par cette roche au milieu des syénites et des schistes; ces filons sont assez nombreux: on en rencontre une douzaine dans la vallée d'Hodritsch; les uns sont visibles à la surface; d'autres n'ont été reconnus encore que dans la

(\*) W. Haidinger. *Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften*. Vienne, 1850, t. VI, p. 55.

mine, et peut-être n'arrivent-ils pas jusqu'au jour. Ces filons ont une puissance très-variable, depuis 50 à 60 centimètres jusqu'à 2 ou 3 mètres et plus; les uns sont composés de grünstein solide, les autres présentent des parties terreuses complètement altérées. Ils ne paraissent avoir exercé sur la syénite aucune action de métamorphisme, car dans tous ceux que nous avons observés, nous avons toujours trouvé au contact même la syénite absolument intacte et se présentant sous son aspect habituel. Dans la vallée d'Eisenbach on connaît aussi quelques filons de grünstein plus ou moins quartzifère, mais ils sont assez difficiles à trouver à la surface; nous en avons observé trois dans les travaux de la Kreuz-Erfindungs Erbstollen; cette galerie recoupe les gneiss, puis les schistes, les quartzites et les aplites et pénètre au delà dans la syénite à grain fin; les filons dont nous parlons coupent les schistes et les quartzites; leur puissance est de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50, et, comme pour ceux d'Hodritsch, la roche encaissante n'a subi aucune altération. Tous ces filons sont à peu près parallèles entre eux et dirigés N. 15° à 20°.

Ils donnent sur l'âge des grünsteins une première indication et prouvent qu'ils sont postérieurs aux syénites et aux roches dévoniennes; du reste, on peut tirer la même conclusion des relations de superposition qu'on observe à Hodritsch et à Eisenbach, où les travaux souterrains ont fait reconnaître que les syénites et les schistes s'enfoncent sous les grünsteins et ont été recouverts par eux; nous avons cité l'un des points où ce fait est le plus évident, le Zipser Schacht, en amont d'Hodritsch. Mais ce n'est là qu'une limite inférieure qui laisserait planer sur l'âge des grünsteins une grande incertitude, si l'on n'avait d'autres données pour trancher la question; c'est le lambeau de conglomérat nummulitique d'Eisenbach qui nous les fournit. Ces conglomérats forment au bord de la route un petit escarpement au milieu duquel on observe deux filons de

grünstein parfaitement caractérisé ; ces filons ont une cinquantaine de centimètres de puissance ; ils sont inclinés en sens contraires et se réunissent vers le haut. Ils sont formés en grande partie d'un grünstein terreux à pâte jaunâtre un peu ocreuse, criblée de petits cristaux feldspatiques cireux, opaques ; on remarque quelques aiguilles de hornblende et du mica noir. (V. l'analyse L, p. 251.) Mais on trouve aussi des parties tout à fait solides, constituées par un grünstein compacte à pâte noire ; on y voit de fines lamelles feldspathiques brillantes, d'un blanc verdâtre, dont quelques-unes sont nettement striées, et de petits cristaux d'amphibole à demi fondus dans la masse. Quelques pas plus loin, de l'autre côté d'une petite gorge qui vient déboucher dans la vallée d'Eisenbach, on retrouve les conglomérats recouverts par une roche terreuse, tantôt blanchâtre, tantôt ocreuse, qui paraît être du grünstein tout à fait décomposé ; elle est, en effet, peu différente du grünstein terreux des filons que nous venons de citer et, de plus, on remarque, à son contact avec les calcaires nummulitiques, que ceux-ci ont éprouvé une altération sensible : ils se montrent bulleux et comme scoriacés sur une faible épaisseur, il est vrai, un centimètre environ, et paraissent avoir été cuits par le grünstein au moment de son arrivée. Des tufs trachytiques, qui sont la seule roche qu'on puisse confondre avec celle qui nous occupe, n'auraient pas produit un pareil effet, et nous pouvons conclure que celle-ci est bien un grünstein terreux. D'ailleurs, en gravissant la pente qui borde la vallée, on ne tarde pas à rencontrer les grünsteins solides succédant à ces roches blanches et recouvrant par conséquent aussi les couches à nummulites.

Les faits que nous venons de citer fixent d'une façon à peu près complète l'âge des grünsteins : en effet, ils sont antérieurs aux trachytes, dont les tufs sont intercalés au milieu des couches miocènes. Ils sont compris par conséquent entre deux limites fort rapprochées, et l'on peut con-

clure que c'est vers la fin de l'époque éocène ou le commencement de l'époque miocène qu'ont eu lieu les grandes éruptions de grünstein de Schemnitz et des environs.

Quant à établir entre les différentes variétés de grünstein des différences d'âge, nous avons dit plus haut qu'il n'y avait absolument pas lieu de le faire : ces variétés passent les unes aux autres par des degrés tout à fait insensibles, et l'on voit quelquefois un même bloc présenter à ses deux extrémités des roches d'aspect très-différent, se liant l'une à l'autre entre ces deux points par une variation lente dans le mode de groupement des éléments. Les variétés quartzifères nous paraissent se lier également aux variétés sans quartz par une série continue, les roches où l'on voit seulement un ou deux grains de quartz formant le passage entre celles qui en renferment une forte proportion et celles qui en sont tout à fait dépourvues ; c'est ainsi que dans la Kaiser Josephi II Erbstollen, en amont du Zipser Schacht, on voit, en avançant vers Schemnitz, le quartz devenir excessivement rare. On n'a d'ailleurs, malgré l'énorme développement des travaux souterrains, jamais rencontré de filons de grünstein quartzifère dans les grünsteins sans quartz, comme cela serait sans doute arrivé si les grünsteins quartzifères étaient plus récents que les autres. Il est à remarquer que les variétés quartzifères occupent en général le bord de la masse de grünstein et peut-être la présence du quartz est-elle liée à cette disposition ; il n'est pas impossible, en effet, que le quartz ait été enlevé en profondeur aux roches plus anciennes que les grünsteins ont traversées : le granite, par exemple, aurait pu céder ainsi son quartz, les autres éléments se dissolvant dans la masse en fusion et le quartz restant en grains isolés. Mais bornons-nous à indiquer cette répartition des grünsteins quartzifères à la limite septentrionale du massif, sans insister sur une hypothèse qu'on ne peut appuyer sur rien de positif. Il est probable que la continuation des travaux

de la Kaiser Josephi II Erbstollen tranchera un jour définitivement la question de l'âge relatif de ces deux roches, en montrant entre elles une séparation nette ou plus probablement un passage insensible, comme cela nous paraît certain d'après ce que nous avons observé.

TRACHYTES. — Les roches trachytiques forment autour des formations que nous venons de décrire une ceinture à peu près continue : on peut dire qu'en gros les masses de trachyte solide sont disposées sur le bord extérieur d'une grande ellipse dont le grand axe, dirigé N. 20°, aurait environ 40 kilomètres de longueur et le petit axe 20 kilomètres. Kremnitz et Pukantz seraient placés aux extrémités du grand axe et Dillen à l'extrémité orientale du petit axe. Les tufs trachytiques se trouvent à l'intérieur de l'ellipse, mais ils en franchissent les bords sur un grand nombre de points. De même les trachytes solides ne se montrent pas exclusivement en dehors du contour que nous venons d'indiquer ; on les retrouve aussi, moins développés il est vrai, à l'intérieur, et particulièrement sur la rive gauche de la Gran, depuis l'embouchure du ruisseau d'Eisenbach jusqu'en aval du Reichauer Thal. On distingue parmi les trachytes deux variétés principales, le trachyte gris ou andésite et le trachyte proprement dit qui est généralement accompagné de tufs très-développés, partie éruptifs, partie sédimentaires.

*Trachyte gris.* — Le trachyte gris forme, au sud de Schemnitz, le chaînon du Szittna ; c'est le seul point où il se montre dans le terrain qui nous occupe, mais on le retrouve sur la rive droite de la Gran, sur le bord occidental de la grande ellipse dont nous avons parlé, constituant les masses du Ptacnjc Vrh et de l'Inowec. Beudant lui a donné le nom de *trachyte porphyroïde* et l'a décrit comme composé de feldspath et de pyroxène. D'après M. F. v. Andrian, qui le désigne sous le nom d'*andésite amphibolique*,

*lique*, l'amphibole s'y montrerait beaucoup plus fréquemment que le pyroxène et ce dernier minéral ferait souvent complètement défaut ; il cite cependant quelques points où le trachyte gris est essentiellement pyroxénique, par exemple dans le massif du Ptacnjc Vrh. Les trachytes que nous avons observés au Szittna sont dans ce cas : ils appartiennent au groupe des *andésites pyroxéniques*.

La roche qui constitue le sommet de la montagne est formée d'une pâte grise, foncée, demi-cristalline, composée principalement de feldspath ; cette pâte renferme une grande quantité de cristaux de feldspath vitreux d'un blanc mat, variant comme grosseur entre 2 et 6 millimètres ; la plupart présentent une cassure tout à fait irrégulière ; cependant on trouve sur quelques-uns d'entre eux des facettes de clivage nettement striées. Ce feldspath s'attaque assez facilement par l'acide chlorhydrique, et des essais comparatifs que nous avons faits avec de l'oligoclase et du labrador nous ont montré que c'est au labrador qu'il faut le rapporter. On voit en outre beaucoup de cristaux noirs, prismatiques, les uns excessivement petits, à faces très-nettes, d'autres atteignant une longueur de 8 à 9 millimètres et une largeur de 5 millimètres, mais couverts d'un enduit jaunâtre. Tantôt ils montrent leurs faces naturelles à demi dégagées, tantôt ils sont brisés et leur cassure est d'un noir terne. Tous ces cristaux ont les angles du pyroxène et quelques-uns sont assez nets pour qu'on puisse reconnaître les faces *M*, *g*<sup>1</sup>, *h*<sup>1</sup> et *e*<sup>1</sup>. Enfin l'on distingue quelques rares paillettes de mica bronzé. La pâte de la roche offre, surtout autour des gros cristaux d'augite, une quantité de petites cavités irrégulières, tapissées d'un enduit jaune paille ; on y aperçoit presque toujours de la *tridymite* en petites lamelles hexagonales excessivement minces, les unes transparentes, les autres d'un blanc un peu mat, qui paraissent légèrement altérées. Ce minéral, sur la composition duquel on n'est pas encore complètement fixé, n'a été signalé jus-

qu'ici qu'au Mexique, au Drachenfels et au Mont-Dore ; il s'y montre dans des circonstances identiques à celles que nous venons d'indiquer, et il est présumable que des recherches attentives le feraient découvrir dans d'autres localités.

Au bas des escarpements qui couronnent la montagne, le trachyte est beaucoup plus compacte qu'au sommet ; la pâte est plus foncée, les cristaux de feldspath sont beaucoup moins nombreux et la masse ne présente plus aucune cavité. Le pied même du Szittna est complètement couvert de formations tuffacées dont nous parlerons plus loin et l'on ne voit plus nulle part affleurer la roche solide.

M. v. Sommaruga (\*) a analysé un échantillon de trachyte gris provenant du chaînon du Szittna ; il a obtenu les résultats suivants :

SiO <sup>3</sup> . . . . .	58,92
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	20,75
FeO . . . . .	8,86
CaO . . . . .	4,05
MgO . . . . .	1,22
KO . . . . .	3,97
NaO . . . . .	traces
MnO . . . . .	traces
Perte au feu . . . . .	1,80
	<hr/>
	99,53

Le poids spécifique de la roche est de 2,72.

Les chiffres que nous venons de citer montrent que, comme dans les grûnsteins, la pâte de la roche doit renfermer un élément feldspathique autre que le labrador et plus acide, car sans cela la masse ne pourrait avoir une teneur en silice aussi élevée ; il est probable, d'après la forte proportion de potasse décelée par l'analyse, que ce feldspath est de l'orthose.

(\*) F. v. Andrian, *loc. cit.*, p. 380.

Le trachyte gris résiste énergiquement à l'action des agents atmosphériques ; c'est à peine s'il présente à la surface une légère altération, qui ne s'étend pas à plus d'un quart de millimètre vers l'intérieur de la roche. Il forme au sommet du Szittna de grands escarpements, sur lesquels on peut étudier facilement sa structure : il est coupé par des plans verticaux diversement orientés, qui le divisent en tours ou en aiguilles quadrangulaires du plus grand effet. Ces aiguilles présentent le plus souvent à leur sommet une table tout à fait plane, résultant du fissement de la roche suivant des plans horizontaux. Ces escarpements, qui bordent le sommet de la montagne de trois côtés différents, au nord, à l'ouest et au sud, ont environ 60 à 80 mètres de hauteur ; entre les aiguilles sont creusés de profonds couloirs remplis d'une magnifique végétation alpestre, mais absolument inaccessibles. On ne peut arriver au sommet du Szittna que par la pente gazonnée qui en forme la partie orientale ou bien du côté de l'ouest à l'aide d'un petit escalier en bois accroché à la paroi des rochers et dont l'ascension présente des passages on ne peut plus pittoresques.

*Trachyte proprement dit.* — Les vrais trachytes se montrent très-développés à l'est de Schemnitz. Ce sont eux qui forment, comme nous l'avons indiqué, les croupes basses qui s'élèvent entre Illia et Steplitzhof ; si de là nous remontons vers le nord, nous les trouvons sur les deux rives de la vallée d'Antal, puis à Giesshübel et enfin tout le long de la vallée de Kozelnik, dont ils constituent les flancs depuis Dillen jusqu'à la Gran. On les rencontre encore à l'ouest sur la rive gauche de la Gran, au-dessous d'Eisenbach et d'Unter-Hammer.

Ils sont assez constants comme aspect et comme composition ; Beudant y avait distingué cependant deux variétés, le *trachyte micacé amphibolique* et le *trachyte granitoïde* ; mais ces deux variétés sont peu différentes et l'on passe

insensiblement de l'une à l'autre. Le trachyte du Tarci Vrh, au-dessus d'Illia, appartient au premier de ces deux types; il est formé d'une pâte feldspathique cristalline, gris verdâtre, avec quelques veines d'un brun clair. Cette pâte est criblée de cristaux de feldspath vitreux, en forme de tables, de dimensions variables; les plus gros ne dépassent guère 5 ou 6 millimètres de longueur; ils sont d'un blanc un peu jaunâtre, translucides, et présentent une cassure tout à fait irrégulière; on y voit pourtant quelquefois des facettes de clivage, sur lesquelles on distingue les gouttières ou les stries des feldspaths du sixième système; une analyse que nous citerons plus loin a montré que c'est du labrador. Tous ces cristaux sont solidement enchâssés dans la pâte et se brisent quand on veut les en détacher. On remarque de plus une assez grande quantité d'amphibole hornblende et de mica noir: l'amphibole est disséminée dans la masse sous forme de petites aiguilles de 2 à 5 millimètres de longueur et un millimètre de diamètre; çà et là on en voit de plus grosses, atteignant 3 millimètres d'épaisseur; elles sont généralement clivées et brillent d'un vif éclat; le mica se présente en paillettes ou en piles hexagonales. On trouve parfois à côté du trachyte normal que nous venons de décrire des trachytes à pâte tout à fait verte, colorés par un silicate de fer analogue à la glauconie; les cristaux de feldspath ne participent pas de la couleur de la pâte et se détachent plus nettement sur le fond de la roche; ces parties vertes ne présentent d'ailleurs aucune particularité, si ce n'est qu'elles sont souvent un peu altérées: les cristaux de feldspath deviennent mats et opaques et se laissent détacher sans difficulté. Enfin l'on trouve souvent au milieu de ces trachytes des nids ou des veines de jaspe-opale d'un gris jaunâtre à éclat cireux; au voisinage des parties vertes, ce jaspe se charge lui-même de silicate de fer et prend une teinte d'un vert sale.

En descendant du Tarci Vrh dans la vallée d'Illia, on

ne retrouve le trachyte à nu que sur les bords du ruisseau et au fond de son lit; mais ici c'est la variété que Beudant a nommée trachyte granitoïde: l'amphibole et le mica sont un peu moins abondants et la pâte de la roche est plus nettement cristalline; la pâte est jaunâtre ou rosée et l'on ne peut, sur les éléments qu'on y distingue, découvrir aucune strie; en revanche les cristaux de feldspath vitreux offrent des stries d'une netteté remarquable. La teinte générale de la roche est beaucoup plus claire qu'au Tarci Vrh et l'on y observe parfois un peu de quartz en petits grains gris, hyalins.

Dans la vallée de Kozelnik, au-dessous de Dillen, nous retrouvons exactement les mêmes roches, à pâte plus ou moins foncée et plus ou moins riches en amphibole et en mica; quelquefois elles sont fortement altérées et deviennent terreuses: les cristaux de feldspath se montrent alors d'un blanc mat et à demi kaolinisés; le mica et l'amphibole ont perdu leur éclat et sont aussi en partie décomposés.

M. K. v. Hauer a analysé le trachyte du Tarci Vrh (\*); il a obtenu :

SiO <sup>3</sup> . . . . .	62,45
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	16,65
FeO. . . . .	6,21
CaO. . . . .	4,88
MgO. . . . .	2,02
KO. . . . .	2,53
NaO. . . . .	4,35
Perte au feu. . . . .	1,95
	101,04

Il a fait également l'analyse des cristaux de feldspath qu'on y rencontre, et il y a trouvé 55,07 p. 100 de silice avec une forte proportion de chaux, ce qui correspond à la

(\*) *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1869, p. 50.



composition du labrador. Nous avons d'ailleurs vérifié que le feldspath vitreux du Tarci Vrh s'attaque par les acides beaucoup plus facilement que de l'oligoclase et présente à ce point de vue tous les caractères du labrador. Si nous revenons maintenant à l'analyse de la roche en masse, nous voyons bien, par la forte teneur en silice, que la pâte doit renfermer de l'orthose, ce que l'examen minéralogique ne permettait pas d'affirmer d'une façon positive.

Nous devons mentionner avec les trachytes une roche qui se montre dans la vallée de Dillen sur la rive gauche, un peu au-dessus du nouvel atelier de préparation mécanique. La pâte de cette roche est grise, serrée, à demi terreuse ; elle renferme un assez grand nombre de cristaux de feldspath vitreux, transparents et à facettes striées ; quelques-uns de ces cristaux sont altérés et se détachent nettement par leur couleur blanc mat sur le fond gris de la roche. L'amphibole et le mica sont tous deux profondément modifiés : les aiguilles d'amphibole sont devenues terreuses, d'une couleur grisâtre ou ocreuse ; le mica, devenu d'un brun rougeâtre, est presque méconnaissable. Enfin l'on aperçoit çà et là quelques grains de quartz hyalin. La masse de la roche est coupée de veines brunes, ferrugineuses, extrêmement nombreuses ; dans ces veines on trouve parfois des aiguilles de laumonite. La présence du quartz dans cette roche pourrait la faire prendre pour une rhyolithe, mais elle diffère des rhyolithes par la présence d'un feldspath strié et, au point de vue chimique, par sa faible teneur en silice : elle renferme en effet 57 p. 100 de silice et 3,5 p. 100 d'eau, tandis que les rhyolithes renferment une quantité de silice beaucoup plus forte et une proportion d'eau sensiblement moindre. La roche qui nous occupe est, en somme, un trachyte demi-terreux ; d'ailleurs nous avons vu que les trachytes d'Illia renfermaient déjà une petite quantité de quartz libre. Ce trachyte terreux passe, par suite sans doute d'une altération encore plus

profonde, à une roche tout à fait blanche renfermant des cristaux de feldspath opaques, d'un blanc laiteux et en partie cariés ; la roche humide exhale une odeur argileuse prononcée.

Les trachytes renferment parfois des fragments des roches plus anciennes qu'ils ont traversées : ainsi nous avons trouvé dans les trachytes de Dillen un galet de grünstein porphyroïde empâté dans la masse ; ce grünstein était formé d'une pâte grenue, d'un gris verdâtre, renfermant çà et là quelques cristaux de feldspath blanc mat, kaolinisés, et un assez grand nombre d'aiguilles d'amphibole, en partie décomposées.

Les trachytes sont généralement fissurés en tous sens et très-irrégulièrement, comme on peut le remarquer dans la vallée de Dillen ou aux environs d'Illia, mais on y rencontre quelquefois la division prismatique, par exemple dans la petite carrière ouverte au sommet du Tarci Vrh : toute la masse de la roche est décomposée en prismes de 0<sup>m</sup>,40 environ de diamètre, légèrement inclinés sur la verticale ; ces prismes sont divisés eux-mêmes par des plans perpendiculaires à leur axe en tronçons de colorations différentes, les uns gris, d'autres blancs, d'autres brun foncé. On observe en outre sur la tranche, quand on brise ces tronçons prismatiques, une série de zones concentriques alternativement grises et blanches, mais sans que cette différence de coloration corresponde à un fissurement de la roche.

*Tufs trachytiques.* — Les tufs trachytiques se rencontrent dans presque toutes les vallées des environs de Schemnitz, dans celles de Tepla et de Dillen, dans les vallées d'Antal et de Steplitzhof et dans la vallée d'Illia. Leur aspect est extrêmement variable : tantôt ils se présentent comme des trachytes boueux et paraissent avoir une origine éruptive, tantôt ils passent à des conglomérats renfermant des blocs roulés ou à des masses terreuses nettement stratifiées dont l'origine sédimentaire est évidente.

Ces différents types se montrent très-caractérisés aux environs d'Illia : le chemin qui conduit au Szittna coupe, à une petite distance au-dessus du village, une masse de tufs blancs compactes qui ne présentent aucun indice de stratification et offrent une ressemblance frappante avec les tufs trachytiques de la vallée du Mittelbach, dans le Siebengebirge. Ils sont formés d'une pâte terreuse d'un blanc grisâtre renfermant de petites lamelles brillantes de feldspath vitreux, dont quelques-unes sont striées, de très-petites aiguilles d'amphibole hornblende et des paillettes de mica noir dont la plupart n'ont pas un demi-millimètre de diamètre. Au milieu de cette pâte on remarque des taches blanches de forme et d'étendue irrégulières ; elles sont constituées, comme le reste de la masse, par une sorte de kaolin empâtant de petits cristaux de feldspath vitreux, mais l'amphibole et le mica y sont moins finement disséminés. On trouve quelquefois dans ces tufs des fragments aigus de trachyte gris, qui ont sans doute été enlevés par eux quand ils sont venus au jour.

Si nous continuons à monter vers le Szittna, nous passons de ces tufs blancs à des tufs bréchiformes, gris jaunâtre, tout à fait terreux ; on y distingue les mêmes éléments que dans les tufs blancs : la masse est constituée par une sorte de kaolin et renferme du mica et un peu d'amphibole ; mais on y trouve en outre un assez grand nombre de blocs de trachyte à contours arrondis. Il y a dans ces blocs des variétés très-différentes : d'abord des trachytes à pâte grise renfermant des cristaux de feldspath vitreux, du mica noir et de l'amphibole, puis çà et là des trachytes rougeâtres appartenant à une variété qu'on ne rencontre pas en place aux environs. Ceux-ci sont formés d'une pâte serrée, demi-cristalline, d'un rouge clair, au milieu de laquelle se détachent des cristaux de feldspath vitreux blancs, brillants et nettement striés ; on y remarque de l'amphibole en prismes, mais décomposée et devenue ocreuse, et des pail-

lettes de mica, d'un brun rougeâtre, altérées également. Enfin l'on y distingue quelques petits grains de quartz, ce qui rapproche cette roche des porphyres trachytiques, dont elle diffère assez peu comme aspect ; mais elle ne renferme pas, comme eux, des cristaux d'orthose vitreux, et sa teneur en silice n'est que de 62 p. 100. Il est impossible, sur des blocs isolés, de juger à quel groupe on doit rapporter cette variété ; elle semble cependant, par la texture de sa pâte, se rapprocher plutôt des trachytes gris. M. F. v. Andrian indique d'ailleurs des trachytes rougeâtres dans le massif du Ptacnjik Vrh qui est, comme nous l'avons indiqué, formé de trachyte gris, tantôt amphibolique, tantôt pyroxénique.

Quelques blocs présentent une texture tout à fait porphyroïde : la pâte en est compacte, d'un rouge foncé ; elle renferme quelques cristaux blancs de feldspath vitreux, du mica, de l'amphibole fortement altérée et qui ne se distingue de la pâte que par sa structure lamelleuse et par une teinte d'un rouge un peu plus sombre. Le quartz se montre en petits grains hyalins, mais il est rare ; on trouve du reste une série d'intermédiaires entre cette roche et les trachytes rougeâtres à pâte plus claire et plus cristalline.

Enfin les tufs jaunâtres dont nous parlons sont coupés çà et là par de petits filons d'un pétrosilix brun clair ; ce pétrosilix se divise sous le marteau en plaques parallèles au plan du filon ; par places il est un peu terreux et paraît altéré. Plus haut nous trouvons des dépôts tuffacés tout à fait sableux, stratifiés par couches horizontales et renfermant encore quelques blocs de trachyte plus ou moins décomposés.

Les tufs qui bordent la rive droite du ruisseau d'Illia, en amont du village, ressemblent beaucoup aux tufs blancs dont nous avons parlé d'abord : ils sont seulement un peu plus solides et leur pâte est d'un gris jaunâtre, mais on y voit les mêmes éléments que dans les tufs blancs et les

mêmes taches d'un blanc mat se détachant sur le fond. A la partie supérieure, ils passent à un conglomérat renfermant des blocs roulés.

A Steplitzhof et à Rybnik, au-dessous de Schemnitz, les tufs trachytiques sont pour la plupart sédimentaires : ils sont sableux ou bréchiformes et alternent avec des grès et des conglomérats miocènes ; on y trouve aussi des intercalations de trachyte proprement dit très-bien caractérisé. Ces grès, ainsi que les tufs eux-mêmes, renferment des veines ou des bancs peu épais de lignite et quelquefois des empreintes de plantes assez nettes pour qu'on puisse les déterminer ; nous citerons les *Carpinus grandis*, Ung., *Carpinus Neibreichi*, Kov., *Ulmus plurinervia*, Ung., *Planera Ungeri*, Etingsh. et *Libocedrus salicornioides*, Ung.

*Age des roches trachytiques.* — Les débris de plantes dont nous venons de parler ont permis de fixer exactement le niveau géologique des tufs trachytiques : ils appartiennent à l'étage du terrain miocène désigné sous le nom d'étage à cérithes (*Cerithenschisten*), c'est-à-dire au miocène supérieur. Cela détermine en même temps l'âge des trachytes proprement dits, puisque nous venons de voir qu'on les trouve intercalés au milieu des tufs.

Quant aux relations des trachytes avec les grünsteins, ils leur sont certainement postérieurs : en effet, sur tout le pourtour du massif du Paradeisberg, on trouve le grünstein recouvert par les tufs, et d'ailleurs les trachytes solides renferment parfois, comme nous l'avons indiqué, des blocs de grünstein empâtés. Il est plus difficile de fixer d'une façon précise l'âge des trachytes gris, les environs de Schemnitz ne nous fournissant sur cette question aucun renseignement précis ; mais les faits observés sur d'autres points de la Hongrie prouvent qu'ils sont intermédiaires comme âge entre les grünsteins et les vrais trachytes.

Les formations tuffacées sableuses et les grès dont nous venons d'indiquer la présence entre Steplitzhof et le Calva-

rienberg prouvent que vers le milieu de l'époque miocène le pays qui nous occupe a subi un affaissement et a été recouvert par les eaux. Les éruptions de grünstein, et sans doute celles de trachyte gris, sont antérieures à ce moment, car elles n'ont pas été accompagnées de formations tuffacées. Les vrais trachytes semblent au contraire, comme l'indique M. F. v. Richthofen, avoir fait éruption sous les eaux ; une partie s'est solidifiée complètement, et les éléments de la roche ont pu cristalliser ; d'autres ont passé à l'état boueux et ont formé des tufs, comme aux environs d'Illia ; mais ces tufs ont été ensuite remaniés par les eaux, et c'est là l'origine des tufs sableux ou bréchiformes nettement stratifiés qu'on observe en différents points.

*Trachyte semi-vitreux.* — Il nous reste à mentionner, mais seulement pour mémoire, une dernière variété de trachyte, le trachyte semi-vitreux de Beudant : il est formé d'une pâte noire compacte et renferme des cristaux de feldspath vitreux blancs ou jaunâtres, translucides, plus ou moins développés. Il est postérieur aux trachytes proprement dits et se montre çà et là en petites masses isolées, mais on ne le rencontre qu'à une assez grande distance de Schemnitz.

*RHYOLITHES.* — M. F. v. Richthofen a réuni sous ce nom généralement adopté aujourd'hui, une série de roches d'aspects très-différents, mais qui se lient les unes aux autres par tous les intermédiaires possibles et apparaissent souvent toutes ensemble sur des espaces fort restreints ; ce sont les porphyres trachytiques, les porphyres molaires et les perlites de Beudant. Elles présentent d'ailleurs un caractère commun et parfaitement constant : elles renferment une quantité de silice considérable, bien supérieure à celle qu'on trouve dans toutes les autres roches de la série trachytique.

Les rhyolithes sont peu développées dans les environs im-

médiats de Schemnitz : elles forment de petits pointements entre Illia et Steplitzhof et se montrent en masses un peu plus importantes dans la partie inférieure de la vallée d'Eisenbach, à la hauteur de l'établissement de bains. Les principaux massifs de rhyolithe sont ceux de Hlinik, de Königsberg et de Kremnitz, on y rencontre toutes les variétés, depuis les obsidiennes et les ponces jusqu'aux porphyres molaires proprement dits; mais nous renverrons pour l'étude de ces roches au travail de M. F. v. Richthofen, qui les a décrites dans les plus grands détails (\*). Nous ne parlerons ici que des rhyolithes de Schemnitz et d'Eisenbach, qui appartiennent au groupe des porphyres trachytiques de Beudant.

Les rhyolithes d'Eisenbach sont, en effet, de véritables porphyres : elles sont formées d'une pâte feldspathique un peu rude, renfermant un grand nombre de cristaux transparents d'orthose vitreux et de grains de quartz hyalin gris, de 1 à 3 millimètres de diamètre; on y voit en outre de très-petites aiguilles d'amphibole hornblende, de 0,5 à 2 millimètres de longueur et quelques très-rares paillettes de mica noir ou bronzé. La couleur de la pâte est extrêmement variable : elle est tantôt blanche ou grisâtre, tantôt d'un brun jaunâtre clair, tantôt rougeâtre ou lie de vin; souvent un même bloc présente des taches ou des veines de couleurs différentes; en général, les parties foncées sont plus serrées et ont un grain plus fin que les parties claires. La masse est le plus souvent compacte, mais on rencontre aussi des parties un peu bulleuses et scoriacées qui offrent un commencement de passage aux porphyres molaires. Le feldspath est lui-même assez variable d'aspect : d'ordinaire il se présente en cristaux nets, brillants, fragiles, mais solidement soudés à la pâte; ces cristaux ont la forme de tables et ne dépassent guère 6 à 8 millimètres de lon-

(\*) F. Freiherr v. Richthofen, *loc. cit.*, p. 153.

gueur. On en trouve quelquefois de plus gros, mais à contours moins nets et renfermant dans leur intérieur des paillettes de mica et des aiguilles de hornblende. Parfois ces cristaux sont altérés, ils deviennent d'un blanc mat, sont profondément cariés, et finissent par passer à l'état de kaolin et par tomber en poussière sous la moindre pression. Les autres éléments sont, au contraire, très-constants dans leur aspect, l'amphibole même présente rarement des traces de décomposition. On trouve souvent dans la masse de la roche de l'agate chalcédoine d'un blanc laiteux tapissant les parois des fissures ou formant d'assez gros rognons dont la surface est couverte de petits mamelons irréguliers; il reste parfois au milieu de ces rognons des vides tapissés de petits cristaux de quartz hyalin. On rencontre aussi çà et là des masses de quartz en cristaux enchevêtrés, hachées de fentes nombreuses.

La rhyolithe forme au-dessus de la vallée d'Eisenbach des escarpements à pic, garnis à leur pied de grands talus d'éboulis. Au pied de ces éboulis, sur la rive droite de la vallée et un peu en amont des bains, se trouve une terrasse presque horizontale de 500 mètres de largeur environ, entièrement couverte d'énormes blocs anguleux de rhyolithe porphyrique, amoncelés les uns sur les autres; c'est ce qu'on appelle dans le pays le *Steinmeer*. Cette mer de pierres est d'un aspect extrêmement singulier et pittoresque, et l'on y rencontre, à quelques pas l'une de l'autre, toutes les variétés possibles de porphyre trachytique. Elle paraît avoir été formée par l'écroulement d'une montagne de rhyolithe, écroulement qui, si l'on en croit la tradition, aurait été produit par un tremblement de terre; les tremblements de terre ne sont, d'ailleurs, pas très-rares à Eisenbach.

La rhyolithe a été rencontrée à Schemnitz dans les travaux souterrains, dans les champs d'exploitation dits *Pacherstollen* et *Michaelistollen*; elle forme là, au milieu

du grünstein, un filon d'une quinzaine de mètres de puissance, qui a été recoupé par différentes galeries, notamment par la Glanzenberg Erbstollen. Ce filon est connu sous le nom de *Clotilde Kluff*; il se trouve à quelque distance du toit du filon métallifère le plus important, le Spitaler Gang. La roche de la Clotilde Kluff est formée d'une pâte blanche, serrée, un peu rude; on y distingue quelques cristaux plats d'orthose vitreux, très-brillants, mais peu développés, et un grand nombre de petits grains de quartz; l'amphibole y est extrêmement rare; on en trouve cependant çà et là quelques petites aiguilles; le mica manque complètement. C'est, en somme, un porphyre trachytique très-analogue à ceux du Steinmeer; il n'en diffère guère que par les petites dimensions des éléments qu'il renferme: cristaux de sanidine et grains de quartz. On remarque en outre dans toute la masse de la roche une quantité de très-petits grains cubiques ou dodécaédriques de pyrite jaune; nous avons signalé plus haut une semblable imprégnation de pyrite dans un grand nombre de grünsteins.

M. K. v. Hauer a analysé la rhyolithe d'Eisenbach (\*); il y a trouvé:

SiO <sup>3</sup> . . . . .	69,04
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	17,09
CaO. . . . .	0,74
MgO. . . . .	traces
KO. . . . .	9,74
NaO. . . . .	2,54
Perte au feu. . . . .	0,94
	<hr/>
	99,89

On voit combien sa teneur en silice est supérieure à celle de toutes les roches que nous avons étudiées jusqu'ici; cependant la rhyolithe d'Eisenbach est l'une des moins acides de tout le groupe, car certaines variétés de perlite renfer-

(\*) *Verhandlungen der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1868, p. 386.

ment jusqu'à 77 p. 100 de silice. Une analyse de la roche de la Clotilde Kluff nous a donné:

SiO <sup>3</sup> . . . . .	74,25
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	13,87
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	0,87
CaO. . . . .	0,75
MgO. . . . .	»
KO. . . . .	5,57
NaO. . . . .	3,02
Perte au feu. . . . .	0,75
	<hr/>
	98,88
Effervescence. . . . .	Presque nulle.
S. . . . .	0,82
répondant à FeS <sup>2</sup> . . . . .	1,51
SO <sup>3</sup> tout formé. . . . .	0,60

Nous avons vu que les roches du Grüner Gang qu'on a comparées à celle-ci ne renferment pas plus de 55 p. 100 de silice. Il est à remarquer que la rhyolithe de la Clotilde Kluff contient un peu d'acide carbonique, tandis que celle du Steinmeer ne donne par l'acide chlorhydrique aucune effervescence.

M. K. v. Hauer a soumis également à l'analyse les cristaux de feldspath vitreux de la rhyolithe d'Eisenbach; il a obtenu les résultats suivants (\*):

SiO <sup>3</sup> . . . . .	66,57
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	18,84
CaO. . . . .	0,06
MgO. . . . .	0,12
KO. . . . .	11,30
NaO. . . . .	2,37
Perte au feu. . . . .	0,57
	<hr/>
	99,83

Ces chiffres montrent que ce feldspath est bien de l'orthose vitreux, comme l'absence de stries sur les facettes nous

(\*) K. Ritter v. Hauer, *loc. cit.*, p. 386.

l'avait fait affirmer. Il présente une composition presque identique à celle des cristaux de sanidine du Drachenfels et il est, comme eux, légèrement attaquable par les acides.

On trouve quelquefois des dépôts de quartz d'eau douce en relation intime avec les rhyolithes : nous citerons ceux qu'on rencontre entre Steplitzhof et Illia en descendant vers ce dernier village. Ces quartz sont généralement blancs ou jaunâtres, absolument compactes ; on y remarque çà et là des taches noires de forme irrégulière, généralement bordées d'une bande ocreuse ; cette coloration est due à de l'oxyde de fer et à des matières organiques. Il y a parfois dans la masse des veinules ou de petites géodes tapissées de petits cristaux de quartz hyalin parfaitement pur. Les quartz d'eau douce d'Illia renferment une grande quantité de débris de plantes fossiles ; nous y avons trouvé en abondance les rhizômes, entourés de nombreuses bases de pétioles, de l'*Osmunda Schemnitzensis*, Pettko (*sp.*) ; nous avons rencontré en outre des tiges du *Phragmites Ungerii*, Stur, des fragments de feuilles du *Fagus Deucalionis*, Ung. à nervation remarquablement nette et plusieurs morceaux de bois fossile appartenant à des dicotylédonées ; la structure de ces bois n'est malheureusement pas assez nette pour qu'on puisse les déterminer d'une façon positive ; il est possible qu'ils appartiennent au hêtre dont nous avons observé les feuilles. Nous avons remarqué enfin une portion de cône et des fragments de rameaux qui paraissent appartenir au *Sequoia Langsdorffi*, Brongt. (*sp.*).

Les rhyolithes sont souvent accompagnées de formations tuffacées plus ou moins bréchiformes, qui prouvent qu'une partie des éruptions ont eu lieu sous les eaux. M. F. v. Richt-hofen considère les rhyolithes comme des roches volcaniques proprement dites, sorties sous forme de coulées de fentes ou de cratères véritables. Il admet que les ponces ont paru les premières, les perlites ensuite, et les porphyres trachytiques quartzifères en dernier lieu, alors que les eaux

s'étaient déjà retirées par suite du soulèvement progressif du sol. Les tufs rhyolithiques sont nettement distincts des tufs trachytiques, ce qui montre que les éruptions trachytiques avaient complètement cessé quand les rhyolithes sont venues au jour ; les pointements rhyolithiques qui percent les tufs et les trachytes solides aux environs d'Illia prouvent d'ailleurs d'une façon positive que les rhyolithes sont postérieures aux trachytes proprement dits et sont, par conséquent, les dernières roches de la série trachytique, si développée dans toute cette partie de la Hongrie. Nous avons vu plus haut que les trachytes étaient contemporains du miocène supérieur ; les rhyolithes sont un peu plus récentes, mais la différence d'âge ne doit pas être bien considérable, car les quelques plantes trouvées dans les tufs rhyolithiques se rapportent encore aux couches à cérithes ou au niveau immédiatement supérieur. C'est donc, selon toute probabilité, de la fin de l'époque miocène ou peut-être du commencement de l'époque pliocène que datent les éruptions de rhyolithes.

**BASALTE.** — Le basalte ne se montre près de Schemnitz qu'au Calvarienberg ou à Giesshübel. Le Calvarienberg est, comme nous l'avons dit en commençant, un piton conique de forme régulière qui s'élève au milieu des tufs trachytiques sur la rive gauche du Schemnitzer Bach. Le basalte qui le constitue présente une pâte noire, compacte, à cassure esquilleuse, au milieu de laquelle on distingue quelques rares lamelles brillantes de labrador, de petits cristaux noirs de pyroxène augite et un grand nombre de grains de péridot olivine jaunes ou verts ; il y a en outre de très-petits grains de fer oxydulé disséminés çà et là dans la pâte. On trouve parfois dans des géodes des prismes hexagonaux ou des scalénoèdres de calcite, recouverts de concrétions de silice à demi gélatineuse colorée en noir par de l'oxyde de fer. A la base du cône, le basalte est tout à fait solide et ne

présente d'altération que sur une épaisseur excessivement faible. Mais vers le sommet il change de nature : la pâte est grise, criblée de petites taches ocreuses, le péridot est un peu altéré et présente des teintes rougeâtres avec une légère irisation ; la masse même a une structure tout à fait particulière, elle est coupée de petites fentes curvilignes irrégulières, qui lui donnent une cassure semblable à celle d'un poudingue. On observe d'ailleurs tous les intermédiaires entre le basalte solide et cette roche : la pâte passe d'abord au gris et la cassure, de nette qu'elle était, devient irrégulière et comme mamelonnée ; puis on voit l'olivine changer d'aspect, et au sommet il semble qu'on ait affaire à un conglomérat basaltique : les fentes sont tapissées d'un dépôt ocreux et la roche se désagrège presque complètement sous le marteau.

L'analyse d'un échantillon de basalte de la base du cône du Calvarienberg a donné :

SiO <sup>3</sup> . . . . .	44,75
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	18,00
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	12,23
CaO . . . . .	9,75
MgO . . . . .	6,46
KO . . . . .	1,51
NaO . . . . .	4,41
Perte au feu . . . . .	2,50
	99,61

Au point de vue de la structure en grand, le basalte du Calvarienberg présente, surtout au haut du cône, une division extrêmement régulière : il est coupé par des plans parallèles légèrement inclinés sur la verticale, distants les uns des autres de 50 centimètres à 1 mètre, qui simulent une stratification. Un peu plus bas, les plans sont moins espacés et la roche se divise en plaquettes qui n'ont souvent que 1 ou 2 centimètres d'épaisseur.

A Giesshübel, le basalte forme deux filons de 2 à 3 mètres de puissance au milieu des trachytes ; le basalte de ces filons renferme très-peu d'olivine ; on y trouve, empâtés dans la masse, des morceaux du trachyte qu'ils ont traversé.

Les basaltes paraissent la roche éruptive la plus récente : ils sont certainement postérieurs aux trachytes, puisqu'ils les ont percés à Schemnitz et à Giesshübel. Leurs relations avec les rhyolithes sont plus difficiles à déterminer ; ils paraissent cependant leur être aussi postérieurs : M. F. v. Richthofen cite comme preuve (\*) les tufs basaltiques de Gleichenberg en Styrie, qui renferment des fragments de rhyolithe quartzifère ; M. F. v. Andrian indique en outre un pointement de basalte, au sud-est de Jastreba près Kreinnitz, au milieu d'une puissante formation de tufs ponceux (\*\*).

SOURCES MINÉRALES. — Il nous reste à mentionner l'existence aux environs de Schemnitz de sources minérales chaudes, qui paraissent être les dernières traces de l'action volcanique qui s'est fait sentir si longtemps dans le pays. L'une d'elles est la source d'Eisenbach ; elle est exploitée pour l'usage médical et attire tous les étés un nombre de baigneurs assez considérable. Elle sort des tufs rhyolithiques qui bordent la rive gauche du ruisseau. Elle avait presque complètement disparu il y a quelques années à la suite d'un tremblement de terre ; les travaux qu'on a faits pour la retrouver ont amené la découverte d'un petit filon de pyrite avec lequel elle paraît être en relation. La température de la source est de 38°,25 C. Un litre d'eau renferme, d'après MM. A. Felix et R. Mehes (\*\*\*) :

(\*) F. Freiherr v. Richthofen, *loc. cit.*, p. 161.

(\*\*) F. Freiherr v. Andrian, *loc. cit.*, p. 416.

(\*\*\*) F. Freiherr v. Andrian, *loc. cit.*, p. 416.

	grammes.		grammes.
CaO, CO <sup>2</sup> . . . . .	0,4572	<i>Report.</i> . . . .	0,8266
MgO, CO <sup>2</sup> . . . . .	0,0432	MgO, SO <sup>3</sup> . . . . .	0,1752
FeO, CO <sup>2</sup> . . . . .	0,0430	MgCl . . . . .	0,0005
NaO, SO <sup>3</sup> . . . . .	0,0302	SiO <sup>2</sup> . . . . .	0,0081
CaO, SO <sup>3</sup> . . . . .	0,2530	Perte . . . . .	0,0286
<i>A reporter.</i> . . . .	0,8266	Matières fixes . . . . .	1,0388

et 513 centimètres cubes d'acide carbonique libre. Cette source a donné naissance à des tufs calcaires dans lesquels on trouve quelques coquilles, principalement des *Helix*, et des feuilles d'arbres très-bien conservées, la plupart appartenant au hêtre et au noisetier communs.

Les dépôts qui se forment dans le canal même où coule l'eau de la source sont surtout calcaires et ferrugineux; ils se composent de :

Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	1,25	<i>Report.</i> . . . .	92,75
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	6,77	Eau hygrométrique . . . .	0,85
CaO . . . . .	49,66	Eau de constitution . . . .	4,49
MgO . . . . .	0,73	Argile et sable . . . . .	1,50
CO <sup>2</sup> . . . . .	54,54		99,55
<i>A reporter.</i> . . . .	92,75		

Les autres sources sont celles de Glashütte; elles sortent du calcaire à quelque distance d'un massif de rhyolithe; leur température est respectivement de 54°,50 — 51°,25 — 46°,25 — 43°,75 et 20°,00 C. La plus chargée en éléments salins est la Josephsquelle: elle contient 2<sup>gr</sup>,50 de matières fixes par litre (\*), composées principalement de sulfates de chaux et de magnésie; elle renferme en outre 120 centimètres cubes d'acide carbonique libre. Ces sources sont, comme celle d'Eisenbach, employées en bains et assez fréquentées.

Enfin nous citerons la source carbonique froide de Bukovina, qui se trouve un peu plus au nord, vers Heiligenkreuz, et dont l'eau est employée comme boisson de table dans tout le pays aux environs.

(La suite à la prochaine livraison.)

(\*) F. Freiherr v. Andrian, *loc. cit.*, p. 417.

## MÉMOIRE

SUR LES ROCHES ÉRUPTIVES ET LES FILONS MÉTALLIFÈRES DU DISTRICT DE SCHEMNITZ (HONGRIE.)

Par MM. R. ZEILLER et A. HENRY, ingénieurs des mines.

SUITE ET FIN.

### DEUXIÈME PARTIE.

#### Description des filons.

Les filons exploités dans le district de Schemnitz peuvent, comme nous l'avons dit précédemment, se diviser en deux groupes caractérisés par la nature des terrains qu'ils traversent; les uns sont encaissés dans les grünsteins, les autres dans la syénite et les roches anciennes. Le premier groupe est exploité à Schemnitz, à Windschacht, à Dillen et à Moderstollen; le second à Hodritsch et à Eisenbach.

#### FILONS DANS LES GRUNSTEINS.

Les travaux les plus importants et les plus développés portent sur les filons encaissés dans les grünsteins et exploités à Schemnitz et à Windschacht; ces filons, au nombre de sept, ont une direction peu différente de celle de la bande de grünstein dont nous avons parlé dans la première partie. En allant de l'est à l'ouest, on rencontre successivement le Grüner Gang, le Stefan Gang, le Johann Gang, le Spitaler Gang, le Biber Gang, le Theresia Gang et l'Ochsenkopfer Gang. Chacun d'eux est constitué par un système de fentes minéralisées, peu distantes l'une de l'autre et ayant entre



elles un ensemble de caractères communs ; dans l'intervalle compris entre ces fentes, ainsi qu'à une certaine distance de part et d'autre du système, le grünstein est plus ou moins dur et compacte, plus ou moins décomposé et argileux, mais il est toujours imprégné de petits cristaux cubiques de pyrite de fer, très-nets et ne présentant jamais d'altération, même dans le cas où la roche est tout à fait kaolinisée ; cette pyrite de fer est toujours pauvre en métaux précieux. Les fentes dont l'ensemble forme le filon se réunissent par endroits pour se séparer ensuite ; elles ont souvent une grande puissance et une étendue considérable en direction comme en profondeur et pourraient être à bon droit considérées séparément comme des filons importants si le développement des travaux n'avait montré leurs relations réciproques et conduit à les grouper ensemble sous un nom unique de filon. C'est cette circonstance qui fait qu'on a dit souvent que les filons de Schemnitz avaient une puissance colossale, allant jusqu'à 40 mètres ; mais en réalité cela signifie simplement qu'entre les deux veines extrêmes d'un système il y a une distance de 40 mètres ; la puissance réelle totale des veines minérales dépasse rarement un petit nombre de mètres.

Outre ces fentes principales, on en rencontre un grand nombre d'autres dont la direction est plus ou moins inclinée sur celle des premières ; elles forment parfois dans l'intervalle de deux filons voisins un réseau très-complexe et leur exploitation a donné lieu à des travaux tout aussi suivis que celle des filons principaux.

Aux grands filons dont nous venons de parler il faut joindre ceux qui sont exploités à Dillen et à Moderstollen et qui, comme eux, sont encaissés dans les grünsteins.

Pour la description de ces gîtes, nous suivrons l'ordre indiqué dans leur énumération ; nous décrirons successivement les filons principaux en rattachant à chacun d'eux les fentes secondaires qui sont en relation avec lui.

*Grüner Gang.* — Le Grüner Gang est connu sur une longueur de 1.400 mètres environ ; il est compris dans l'angle formé par les deux ruisseaux qui descendent, l'un de Schemnitz, l'autre de Steplitzhof. Il est dirigé N. 28° dans sa partie sud ; en allant vers le nord il s'infléchit un peu à l'est et prend la direction N. 37° ; il paraît revenir à sa direction primitive à son extrémité nord. Son pendage est de 70 à 80° vers le sud-est. Il est formé de plusieurs veines courant parallèlement dans une masse blanche d'une puissance moyenne de 20 mètres environ.

On a trouvé au cinquième étage du Franz Schacht (V. Pl. VII), au toit du Grüner Gang, des couches de charbon intercalées dans des tufs trachytiques stratifiés. C'est sans doute à cause de cette circonstance et de l'aspect particulier de la roche au voisinage du minerai que M. V. Lipold a dit que ce filon était formé de veines courant dans une masse rhyolithique décomposée et encaissée elle-même dans les tufs trachytiques. Mais il n'en est pas ainsi : l'examen minéralogique attentif et l'analyse des échantillons recueillis dans cette prétendue masse rhyolithique montrent bien, comme nous l'avons vu plus haut, qu'elle est réellement formée de grünstein altéré. De plus, à l'étage de la Kaiser Franz Erbstollen, on peut voir, à une certaine distance du toit dans la galerie qui va du Franz Schacht au filon, un beau grünstein porphyroïde à pâte presque noire, criblée de petits cristaux de feldspath blanc et ne présentant pas la moindre trace d'altération ; en s'approchant du filon, on voit cette roche s'altérer assez rapidement, se charger de pyrite et devenir blanche ou légèrement violacée au voisinage des veines métallifères. Il en est ainsi dans toute l'étendue du filon, qui est réellement encaissé dans le grünstein ; près des veines métallifères, ce grünstein est profondément altéré, chargé de pyrite de fer, et sa cassure ne permet plus de distinguer que la place qu'occupaient dans la roche primitive les éléments qui la composaient. De part

et d'autre du filon, la roche altérée passe assez rapidement, mais par degrés insensibles, au grüenstein tout à fait solide.

Le remplissage des veines du Grüner Gang est exclusivement argentifère ; les espèces minérales qu'il renferme sont, comme presque partout à Schemnitz, des sulfures simples ou des sulfoantimoniures ou sulfoarséniures d'argent noirs ; on n'y a pas signalé d'argent rouge ; c'est la stéphanite qui est l'espèce dominante. On a bien trouvé des traces de galène et de blende, mais nulle part ces minéraux ne sont en quantité notable. A une profondeur de 270 mètres environ, on a trouvé dans une région très-circonscrite du Grüner Gang des parties contenant du sinople, de la galène et de la blende, d'aspect identique à celui du remplissage de certaines parties du Spitaler Gang et du Theresia Gang ; M. G. Faller, qui signale ce fait (\*), pense que ces nodules ont précisément été arrachés aux affleurements de ces filons et qu'ils ont pénétré par le haut dans la masse du Grüner Gang ; c'est ce qu'il nous paraît difficile d'admettre ; il est, du reste, inutile de chercher une explication aussi étrange : la galène et la blende s'étant trouvées en petites quantités dans diverses régions du filon, on ne doit pas s'étonner de les trouver associées à du sinople, car, comme nous le verrons plus loin, cette association est générale à Schemnitz.

La gangue pierreuse qui accompagne les minerais d'argent est formée d'un quartz mélangé très-intimement de calcite manganésifère, très-compacte, d'un jaune rosé tout à fait caractéristique. Cette gangue quartzo-calcaire renferme souvent de petites masses de quartz hyalin d'une grande pureté que les mineurs ont appelé *glos* (*Glas*, verre). C'est un compagnon fidèle du minerai précieux : toutes les

(\*) G. Faller. *Der Schemnitzer Metall-Bergbau in seinem jetzigen Zustande*. 1865.

fois qu'il paraît dans les travaux, le minerai d'argent est proche. On a remarqué que plus la gangue est quartzreuse, plus le minerai riche est rare ; plus elle est calcaire, plus le minerai est abondant.

Toute la masse de grüenstein kaolinisé dans laquelle courent les veines du filon est criblée de pyrite de fer en petits cubes très-nets qui n'ont éprouvé aucune altération ; elle est également imprégnée d'une certaine quantité de minerai d'argent. Elle est en général abâtue comme minerai de bocard.

Les minerais d'argent ne sont pas également répartis dans toute l'étendue du filon ; ils sont concentrés en certains points et forment des nids dont l'ensemble paraît constituer une série de colonnes riches plongeant dans le filon vers le nord-est et faisant avec l'horizon un angle voisin de 45°. Ces colonnes riches sont limitées en hauteur ; elles sont à des niveaux d'autant plus bas qu'on s'avance plus vers le nord ; ainsi au voisinage du Mariahimmelfahrt Schacht elles affleurent au jour, tandis qu'au delà du Franz Schacht elles se trouvent au-dessous du cinquième étage seulement ; leur ensemble est compris dans une grande zone plongeant au nord-est et faisant avec l'horizon un angle de 50° environ. Au voisinage des nids de minerai, la veine métallifère est presque toujours rencontrée par des fentes transversales absolument stériles, ne renfermant ni minerai ni gangue d'aucune espèce ; ces fentes ne s'étendent pas beaucoup en profondeur et disparaissent généralement avec le minerai ; d'après la direction et le plongement du plus grand nombre, leur intersection avec le filon plongerait vers le sud-ouest, c'est-à-dire en sens inverse des colonnes riches. Néanmoins, les ingénieurs de Schemnitz attribuent presque tous à ces fentes l'enrichissement local du filon ; chacune d'elles aurait déterminé la formation d'un point riche, d'un nid de peu d'étendue, placé au voisinage de son intersection avec le filon et dirigé dans le filon suivant le pendage

de cette intersection ; mais elles se seraient étagées de telle manière, que ces points riches formeraient des colonnes plongeant en sens inverse. La production de ces grandes colonnes n'aurait pas été le résultat d'une cause générale agissant dans toute leur étendue, mais celui d'une série de causes particulières se répétant dans chacune de leurs parties.

Quelques-uns pensent au contraire que ces fentes transversales ne sont pour rien dans l'enrichissement qu'on observe dans leur voisinage ; ils ne peuvent croire qu'elles seraient restées absolument stériles si leur présence avait occasionné cet enrichissement ; ils expliquent la concentration du minerai par la réunion de deux ou plusieurs des veines du filon.

Nous nous contenterons de signaler ces deux genres d'explication sans nous prononcer ni pour l'un ni pour l'autre ; nous avons bien constaté la présence de veines transversales stériles au voisinage de deux des points riches ; mais comme le filon est complètement exploité dans toute la partie qui n'est pas au-dessous du niveau des eaux, il nous a été impossible de vérifier dans les vieux travaux si les points riches étaient précisément des points de jonction des veines du filon.

L'argent extrait des minerais du Grüner Gang est aurifère ; sa teneur en or augmente au fur et à mesure qu'on avance en profondeur : ainsi, entre le cinquième et le sixième étage du Franz Schacht, cette teneur était de 3 à 4 millièmes seulement, tandis qu'au-dessous du sixième étage elle s'est élevée jusqu'à 11 millièmes.

Le Grüner Gang est actuellement exploité au moyen de deux puits placés à son toit, le Franz Schacht et le Marienhimmelfahrt Schacht ; au moment de notre visite, ce dernier ne servait plus qu'à l'épuisement ; l'extraction, très-faible du reste, se faisait tout entière par le Franz Schacht. Les travaux ayant été poussés rapidement en contre-bas de la

Kaiser Franz Erbstollen, on a dû établir des machines d'épuisement pour se débarrasser des eaux qui affluaient dans les chantiers, mais ces machines se sont trouvées bien vite insuffisantes, et tout ce que l'on peut faire aujourd'hui, c'est de maintenir à sec le sixième étage ; on a dû, malgré la richesse exceptionnelle du minerai entre le sixième et le septième étage, abandonner les travaux dans cette région et les laisser noyer. On se contente pour le moment de glaner le peu de minerai laissé dans les étages supérieurs ou d'abattre comme minerai de bocard la roche encaissante des veines métallifères dans les régions où elle a été respectée lors de l'exploitation de ces veines. On devra probablement attendre l'achèvement de la Kaiser Josephi II Erbstollen avant de pouvoir s'approfondir, et jusque-là le Franz Schacht qui, à lui seul, a donné près de 3 millions de florins (7.500.000 fr.) de 1856 à 1870, restera fort peu productif.

Il existe au toit du Grüner Gang, dans la région du nord-est, trois veines connues : en partant du filon et en se dirigeant vers l'est, on rencontre successivement la *Johann-Nepomuk Kluft* (V. Pl. VI, n° 1), la *Sophia Kluft* (V. Pl. VI, n° 2) et la *Francisci Kluft*. La première, située entre le filon et le Franz Schacht, n'est connue que sur une très-faible étendue ; sa direction est la même que celle du filon dans son voisinage. Les deux dernières sont situées au delà du Franz Schacht ; elles sont parallèles et dirigées N. 45° ; la Sophia Kluft n'a été reconnue que sur un faible parcours ; la Francisci Kluft a donné lieu à des travaux de recherche relativement plus étendus.

Du côté du mur se trouve la *Vierte Kluft*, qui est à peu près parallèle au filon, mais qui paraît se rapprocher de lui vers le nord. Son pendage est en sens contraire de celui du filon ; il est de 70 à 80°, vers le nord-ouest. La Vierte Kluft coupe le filon sans le rejeter dans les niveaux tout à fait supérieurs ; l'intersection s'est trouvée en gé-

néral riche en minéral. Son remplissage est analogue à celui du Grüner Gang ; la puissance de la bande pyritisée et décomposée au milieu de laquelle elle court varie de 1<sup>m</sup>,50 à 4 mètres. Elle est connue sur toute l'étendue du filon et, si ce n'était son pendage inverse, elle pourrait être considérée comme la veine du mur de ce dernier.

Au delà de la Vierter Kluft, on connaît encore deux autres veines parallèles au filon : ce sont la *Nepomuk Kluft* et la *Rechtsinnische Kluft* ; cette dernière (V. Pl. VI, n° 3) pourrait bien n'être que le prolongement de la veine du toit du Stefan Gang.

*Filons de Dillen.* — Les filons de Dillen sont considérés comme étant le prolongement du système de fentes du Grüner Gang. Les deux principaux sont le *Goldfahrtner Gang* et le *Baumgartner Gang*. Suivant les uns ils sont parallèles, suivant les autres ils se coupent ; d'après ces derniers, la direction du Goldfahrtner Gang serait N. 11° et celle du Baumgartner Gang N. 21° ; leur pendage, presque vertical, serait dirigé vers l'ouest. Ces filons sont encaissés dans leur partie méridionale dans les grünteins terreux ; vers le nord, ils se prolongent dans les brèches trachytiques et les vrais trachytés. Leur puissance est mal connue ; leur remplissage diffère un peu de celui du Grüner Gang : il est composé d'un quartz gris ou blanc, un peu bréchiforme, mélangé de calcite, parvenue en minéral d'argent, mais relativement riche en or. Ils doivent être considérés comme formant un seul et même système ; ils ont donné lieu à une exploitation très-importante, surtout dans les points où ils paraissent se couper.

A l'est de ces deux filons on rencontre le *Georg Gang* dirigé N. 11° comme le Goldfahrtner Gang et plongeant de 60° à l'ouest ; sa puissance est d'environ 1<sup>m</sup> mètre ; son remplissage est exclusivement quartzéux.

A l'ouest, c'est-à-dire au toit des filons principaux, on a reconnu et exploité trois veines : la *Goldfahrtner Han-*

*gendkluft* (V. Pl. VI, n° 4), la *Golderzige Kluft* (V. Pl. VI, n° 5) et la *Johann Kluft* (V. Pl. VI, n° 6) ; leur direction paraît être N. 45° ; leur remplissage est identique à celui des filons avec lesquels elles viennent se réunir.

C'est entre le Grüner Gang et les filons de Dillen que se trouve le piton basaltique du Calvarienberg. Que deviennent les filons dans son voisinage ? C'est ce que l'on ne sait pas encore ; une galerie d'allongement partant de la rive droite du ruisseau de Dillen et destinée à reconnaître la partie méridionale des filons a été commencée dernièrement ; si, comme on en a l'intention, on continue activement à la pousser vers le sud, elle donnera probablement des indications curieuses à cet égard.

Les filons de Dillen ne sont plus exploités actuellement ; toute la partie située au-dessus de la galerie d'écoulement dite *Dillner Erbstollen* a été abattue et l'affluence des eaux a empêché d'exploiter au-dessous ; on a reconnu seulement que le minéral se continue en profondeur, qu'il est abondant et riche. Une machine d'épuisement de 50 chevaux suffirait pour assécher les travaux, mais on ne dispose ni de chute d'eau suffisante pour la faire mouvoir ni de combustible pour alimenter une machine à vapeur. Aussi est-on forcé d'attendre que le charbon puisse arriver à Schmeinitz à des prix abordables avant de songer à reprendre l'exploitation.

*Stefan Gang.* — Le Stefan Gang est connu en direction sur une longueur de 550 mètres seulement, sur la rive gauche du ruisseau de Steplizhof, sous le village même ; il est dirigé N. 28° ; son pendage est de 80° vers le nord-ouest. Il se compose de trois veines parallèles ; l'intervalle compris entre les deux veines extrêmes varie de 12 à 16 mètres. La puissance de ces veines est très-variable.

La roche encaissante est un grüntein en général très-compacte ; il est toujours imprégné de pyrite. Au voisinage des parties stériles des veines, ce grüntein ne présente

aucune altération ; il est presque toujours de couleur assez foncée ; on y trouve un peu de quartz libre. Près des points riches, au contraire, la roche, tout en restant assez solide, est tout à fait blanche ; sa cassure est grenue ; on y distingue des piles de mica et des cristaux d'amphibole décomposés, avec beaucoup de pyrite en cubes ne présentant aucune trace d'altération.

Le remplissage des veines métallifères se compose de minerai d'argent mélangé d'un peu de pyrite jaune cuivreuse et aurifère, que les mineurs désignent sous le nom de *gelf* (*gelb*, jaune), tandis que la pyrite pauvre est appelée *wilder Kies* (pyrite sauvage). Vers le sud on trouve surtout du sulfure simple d'argent (argentite, AgS), tandis que dans la partie nord c'est l'antimonio-sulfure, variété stéphanite ( $Sb^2S^3$ , 6AgS), qui domine. La gangue qui accompagne le minerai d'argent est formée d'un mélange de quartz et de calcite quelquefois manganésifère ; ces espèces minérales sont beaucoup moins intimement mélangées que dans le Grüner Gang. Le quartz est souvent tout à fait hyalin et à l'état de *glos* ; comme dans le Grüner Gang, ce *glos* est toujours un indice certain de la présence du minerai précieux. On a trouvé à diverses reprises dans des géodes du Stefan Gang des cristaux de quartz présentant à l'intérieur des cavités renfermant une goutte de liquide et une bulle de gaz.

Les parties riches des veines se sont concentrées en un même point : là les trois veines se sont confondues et ont formé une immense colonne riche s'étendant sur 150 mètres en direction et sur 200 mètres en profondeur ; toute cette masse a été abattue presque sans remblais et il existe à la place qu'elle occupait des excavations énormes, qui par leur étendue témoignent de la richesse exceptionnelle du gîte. A très-peu de distance de la masse de minerai, les veines se rétrécissaient rapidement et devenaient tout à fait stériles ; à l'inverse du Grüner Gang, la roche encais-

sante n'était pas imprégnée de minerai au voisinage des points riches.

A 200 mètres environ au sud du Stefan Schacht, qui est creusé dans le filon même, celui-ci est brusquement interrompu : il est coupé par la *Weisse Kluft* (V. Pl. VI, n° 7), dirigée N. 158° (N. 22° O.), plongeant de 60° au sud-ouest. Cette fente est stérile ; la roche qui en forme les parois est un grüstein tout à fait blanc. On croit qu'elle a simplement rejeté le Stefan Gang vers le nord-ouest ; une recherche effectuée au premier étage pour s'assurer du fait a permis de constater de l'autre côté de cette fente l'existence de trois veines parallèles entre elles et parallèles au filon, que l'on a considérées comme étant le prolongement des trois veines du filon ; elles ont été trouvées complètement stériles, c'est pourquoi on ne les a explorées que sur une faible étendue.

A 150 mètres au nord du puits, le Stefan Gang est aussi brusquement interrompu : il vient buter contre la *Flache Kluft*, dirigée N. 64° et plongeant au sud-est. La roche qui en forme les parois est un grüstein blanc, décomposé ; à cassure grenue, présentant l'aspect d'une masse argilo-sableuse ; elle est coupée de veines quartzieuses ressemblant à de l'agate, accompagnées de calcite et de minerai d'argent mélangé d'un peu de galène et de blende. La *Flache Kluft* a été explorée seulement à l'est du filon ; elle a donné lieu à des travaux assez suivis. Plus au nord se trouve la *Morgen Kluft*, dirigée N. 78° et plongeant vers le sud-est comme la précédente. Ces deux fentes (V. Pl. VI, n° 8) rejettent probablement le filon vers le nord-ouest comme la *Weisse Kluft*, mais on n'a fait encore aucun travail de reconnaissance pour s'en assurer. Actuellement le Stefan Gang n'est réellement connu qu'entre la *Weisse Kluft* et la *Flache Kluft*.

La *Flache Kluft* et la *Morgen Kluft*, en se prolongeant à l'est, viennent rencontrer la *Vierte Kluft* au même point ; là

le minerai précieux s'est accumulé et a formé une colonne riche d'une grande puissance, dont l'exploitation a laissé des excavations considérables connues sous le nom de *Sefengöttes Verhaue*.

Avant d'arriver à la Vierte Kluft, la Flache Kluft et la Morgen Kluft sont coupées nettement et quelquefois rejetées de 2 mètres vers leur toit par une série de fentes dirigées à peu près nord-sud magnétique (H. 12), et connues à cause de cela sous le nom de *Zwölfer*. Quelques-unes de ces fentes sont minéralisées et ont donné lieu à des travaux de recherche et d'exploitation. Leurs parois sont formées d'une roche d'un aspect tout à fait particulier, de couleur blanche; sa dureté est assez faible, sa cassure est tout à fait grenue comme serait celle d'un grès à gros grains; on y distingue peu d'éléments différents, si ce n'est la pyrite cubique dont elle est criblée. Ce n'est qu'en examinant avec soin la manière dont elle se modifie peu à peu quand on s'éloigne des fentes que l'on peut reconnaître qu'elle n'est autre chose qu'un grünenstein pyriteux complètement blanchi et kaolinisé. La roche solide dont elle provient devait être compacte, peu porphyrique ou même presque aphanitique, sans cristaux d'amphibole ni piles de mica. Le remplissage de ces *Zwölfer* se compose surtout de quartz peu transparent, presque laiteux, accompagné d'un peu de calcite et de stéphanite mélangée à de la pyrite cuivreuse aurifère.

Le Stefan Gang a été exploité au moyen du Stefan Schacht; sa découverte est relativement récente, son exploitation n'a commencé qu'en 1785; elle a fourni de très-grandes quantités de minerai d'argent. Aujourd'hui elle est fort peu productive; la grande colonne riche paraît s'être perdue en profondeur au niveau du cinquième étage, et l'affluence des eaux empêche d'exécuter des recherches au-dessous de ce niveau, qui lui-même est actuellement noyé. On ne fait plus que rechercher le peu de minerai qui a pu être laissé

dans le filon, dans les veines du nord ou dans les *Zwölfer*; on ne connaît pas toujours exactement les régions qui ont été exploitées, de sorte qu'il arrive quelquefois que les travaux qu'on exécute pour rechercher le minerai dans les étages supérieurs tombent sur des parties abattues et sont alors tout à fait improductifs.

*Johann Gang*. — Le Johann Gang est connu en direction sur une longueur de 4.000 mètres environ, depuis la rive gauche du ruisseau de Steplitzhof près de Windschacht, jusqu'au delà de Schemnitz; ses affleurements sont visibles sur la route de Dillen, un peu au delà de la Dillner Thor, à la hauteur de la Michaelistollen. Dans sa partie sud, il est dirigé N. 40°, jusque dans le voisinage du Max Schacht; là il s'infléchit et se dirige N. 15° jusqu'au Sigmund Schacht; à partir de ce dernier point jusqu'à son extrémité nord, sa direction est N. 28°. Son plongement est de 60° environ vers le sud-est. C'est, de tous les filons de Schemnitz, celui qui est le moins connu. Il a été exploité en trois points de son parcours, au Max Schacht, au Sigmund Schacht et à la Pacherstollen sous la ville même de Schemnitz; la Michaelistollen l'a recoupé et l'a trouvé stérile; mais depuis longtemps son exploitation est abandonnée. C'est sous la ville que les travaux ont duré le plus longtemps; on a dû les cesser par mesure de sûreté pour les habitations. Les détails que nous donnons sur ce filon sont empruntés au mémoire de M. V. Lipold (\*), ou nous ont été donnés de vive voix par les ingénieurs de Schemnitz.

A la Pacherstollen, le Johann Gang se compose d'une seule veine; près du Sigmund Schacht il se divise en deux; au droit de l'Andreas Schacht la veine du mur se rapproche de celle du toit et se réunit avec elle dans le champ d'exploitation du Max Schacht; au sud de ce dernier, les deux

(\*) M. V. Lipold, *loc. cit.*, p. 408.

veines paraissent se séparer de nouveau et s'écarter beaucoup l'une de l'autre.

La roche encaissante des deux veines du Johann Gang n'est pas la même ; celle de la veine du toit est quartzeuse et dure ; celle de la veine du mur est au contraire argileuse et tendre. Les travaux exécutés dans cette dernière étaient d'un entretien très-dispendieux, les boisages devaient être souvent renouvelés à cause de la poussée des roches ; de plus il s'y dégageait beaucoup de mauvais gaz, cause d'une maladie de poitrine spéciale qui se développait chez les ouvriers. La stéphanite et la polybasite sont les espèces minérales dominantes dans le Johann Gang ; elles sont accompagnées de pyrite, de quartz et de calcaire. Mais au niveau du huitième étage du Sigmund Schacht, la blende et la galène apparaissent et au-dessous elles remplacent tout à fait les minerais d'argent ; dans les horizons supérieurs, le Johann Gang est un filon exclusivement argentifère ; il devient plombé en profondeur.

Les minerais ne sont pas régulièrement répartis dans l'étendue du filon ; en général la veine du mur est meilleure que celle du toit. Les parties riches sont très-nettement circonscrites, et quand on s'en éloigne, même très-peu, le minerai disparaît tout à fait. A peu de distance des points riches, la roche encaissante ne peut même plus être exploitée comme minerai de bocard ; c'est un caractère analogue à celui du Stefan Gang. Au voisinage du Sigmund Schacht, on a exploité une colonne riche qui s'étendait sur 200 mètres en direction et sur 300 mètres en inclinaison ; au Max Schacht, la colonne riche avait 240 mètres en direction sur 80 mètres en inclinaison. Au niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen, la galerie allant du Sigmund Schacht au Franz Schacht, aujourd'hui noyée, a recoupé les deux veines du Johann Gang ; la veine du mur est peu puissante, elle est surtout galéneuse et blendeuse ; la veine du toit est puissante ; une galerie de 50 mètres poussée en

direction vers le sud a montré que ces deux veines étaient inexploitables.

Les fentes secondaires, se rapportant au Johann Gang sont : la *Hangendkluft*, la *Gräfische Kluff*, la *Markasit Kluff* et la *Zwölfer Kluff*.

La *Hangendkluff* (V. Pl. VI, n° 9), située près du Max Schacht, plonge tantôt verticalement, tantôt suivant un angle de 65° ; elle coupe le filon principal ; l'intersection et les points au voisinage ont été trouvés riches en minerai.

La *Gräfische Kluff* (V. Pl. VI, n° 10), rencontrée en profondeur par le Max Schacht, est connue sur 1.200 mètres en direction ; elle affleure au jour au point où se réunissent les deux vallons de l'Andreas Schacht et du Sigmund Schacht. Elle est dirigée N. 56° ; son plongement est de 60 à 70° au sud-est. Sa puissance est faible. Dans le champ du Sigmund Schacht, elle a été explorée sur 200 mètres d'étendue en direction vers le sud et reconnue inexploitable. Au Max Schacht, elle a été reconnue sur 660 mètres en direction et sur 200 mètres en inclinaison ; on y a trouvé du minerai rassemblé en petits nids, mais la majeure partie de la fente était stérile. La roche encaissante est du grüstein altéré, feldspathique ou argileux ; le remplissage se compose de minerai d'argent, stéphanite et polybasite, et de pyrite ; la gangue est formée de quartz et de calcaire en masse ou en veines dans le grüstein. Au toit de la Gräfische Kluff, on a reconnu l'existence d'une petite veine, mais elle n'a pas été explorée.

La *Markasit Kluff* (V. Pl. VI, n° 11), dirigée N. 56°, a été reconnue à l'étage de la Kaiser Franz Erbstollen ; on y a fait beaucoup de travaux de recherche, on l'a trouvée inexploitable ; son remplissage est exclusivement composé de pyrite blanche ou marcassite : de là son nom.

La *Zwölfer Kluff* (V. Pl. VI, n° 12), indiquée par Hell comme étant dirigée N. 10°, n'est plus connue aujourd'hui.

*Spitaler Gang*. — Le Spitaler Gang est un des plus grands

filons connus; son étendue incertaine en direction est de 8.000 mètres; elle est de 12.000 si, comme on le pense, c'est lui qui affleure près du village de Gyökes, au sud-ouest de Schemnitz. Ses affleurements sont visibles en différents points, notamment au Glanzenberg. Au sud du ruisseau de Steplitzhoj, il est dirigé N. 35°; après avoir coupé ce ruisseau, il s'infléchit à l'est et prend la direction N. 55°; il prend ensuite la direction N. 22° au Carl Schacht. Plus loin, entre le Carl Schacht et l'Andreas Schacht, il présente trois inflexions semblables aux premières, et à l'Elisabeth Schacht il reprend sa direction primitive qu'il conserve à peu près jusqu'à son extrémité nord sur la route de Teplá, au nord du Georgstollner Thal. Le pendage du Spitaler Gang est dirigé vers le sud-est; il est variable en direction et en profondeur: ainsi, dans la partie sud du filon, ce pendage est de 52 à 40° près des affleurements, et de 50 à 60° dans les niveaux inférieurs; dans la partie nord il est de 45° au jour et de 70° en profondeur. Au nord de la Michaelistollen au delà du point où il est rencontré par la *Diagonale Kluff*, son pendage devient inverse; plus au nord, le filon n'est plus que fort peu connu; il paraît se diviser en plusieurs veines, disposées en éventail. Dans toute son étendue, le Spitaler Gang est encaissé dans les grünssteins, solides ou décomposés, mais toujours imprégnés de pyrite.

Le Spitaler Gang est formé d'un nombre variable de veines, se réunissant parfois en direction comme en profondeur; l'intervalle compris entre les veines extrêmes est toujours très-considérable: il est en moyenne de 40 à 50 mètres. Ces veines extrêmes sont en général plus importantes que les veines intermédiaires; elles se poursuivent presque entièrement distinctes sur toute l'étendue du filon et forment peut-être ainsi deux filons parallèles; elles se rapprochent et se réunissent en quelques points. Parfois aussi les veines intermédiaires se concentrent dans leur

intervalle et leur réunion forme comme un gros filon accompagné à son toit et à son mur de veines parallèles d'une importance relativement moindre. C'est ainsi qu'en parcourant le filon du sud au nord on lui trouve la disposition suivante:

Au Ferdinand Schacht et au Carl Schacht, le Spitaler Gang se compose d'un grand nombre de petites veines courant dans des directions diverses, cette région étant entièrement exploitée aujourd'hui. A nous ne pouvons préciser davantage.

Au Max Schacht, à l'Andreas Schacht et au Sigmund Schacht, les veines se rassemblent au toit pour former le filon principal; il existe en outre une veine du mur composée de deux fentes parallèles et fort peu distantes l'une de l'autre.

A la Pacherstollen, on trouve entre la veine du toit et la veine du mur plusieurs veines intermédiaires assez importantes, qui se réunissent sur une certaine étendue pour former un gros filon.

Au Michael Schacht, les veines se réunissent au mur du filon et forment un gîte important accompagné d'une veine moins considérable à son toit.

Les deux veines du toit et du mur se confondent et se réunissent avec toutes les veines intermédiaires pour former un filon unique en quatre points: tout près de l'Andreas Schacht; vis-à-vis de l'Elisabeth Schacht; entre la ville de Schemnitz et le Michael Schacht; au delà du Michael Schacht, sous le petit ruisseau qui descend du flanc nord du Glanzenberg. Ces points sont des centres d'exploitation très-importants; le minerai s'y est accumulé en grande abondance.

Le remplissage du Spitaler Gang est variable en direction comme en profondeur. On peut dire en général que, dans les régions qui sont exploitées actuellement, sa partie sud est exclusivement argentifère, tandis que sa partie nord



est surtout plombeuse et aurifère. Il y a passage insensible d'un remplissage à l'autre ; la zone de séparation moyenne est à peu près rectiligne, elle plonge vers le sud dans le plan du filon ; elle affleure un peu au sud de l'Elisabeth Schacht ; elle coupe l'Andreas Schacht à une profondeur d'environ 40 mètres et s'enfonce de plus en plus ; elle apparaît dans les horizons inférieurs du Max Schacht ; elle a été à peine atteinte au Carl Schacht.

Le grüstein qui forme les parois des veines dans la région sud est en général blanc ou bleuâtre, fortement décomposé, presque argileux ; il est toujours imprégné de pyrite de fer non altérée. Ces veines sont étroites, mais le minerai d'argent a pénétré la roche encaissante à une certaine distance, et cette roche est abattue, soit comme minerai de scheidage, soit comme minerai de bocard. Les espèces minérales de l'argent trouvées dans ces veines sont des sulfures simples ou complexes, noirs, accompagnés de pyrite cuivreuse aurifère et d'une gangue pierreuse formée d'un mélange plus ou moins intime de quartz et de calcite manganésifère. Au Carl Schacht il existe généralement au mur une veine très-quartzeuse et très-dure, que les anciens avaient abandonnée à cause de sa dureté, et qui est le siège de l'exploitation actuelle. Le quartz est toujours opaque et un peu jauni par de la calcite manganésifère ; le minerai est disséminé dans sa masse ; il y forme quelquefois de petites veines contournées diversement et lui donnant un aspect zoné ; souvent il est déposé à sa surface ; souvent aussi on voit apparaître près du minerai le quartz hyalin nommé *glos* ; la disposition de ce dernier indique que sa formation est certainement postérieure à celle du minerai. Au Max Schacht, au troisième étage, la veine du mur se compose, comme nous l'avons dit plus haut, de deux fentes séparées : celle du toit court dans un grüstein tout à fait blanc, complètement kaolinisé, formant une pâte liante avec l'eau ; le minerai d'ar-

gent s'y trouve déposé à la surface de bandes de quartz haché par des lames de manganèse carbonaté d'un beau rose ; l'intérieur de ces rognons présente souvent à la cassure de petites géodes d'améthyste cristallisée. L'argile au contact est imprégnée de minerai d'argent, et de blende en petits cristaux très-nets, d'une belle couleur jaune de miel (\*). La veine du mur, distante de quelques décimètres seulement, a un remplissage tout à fait différent : elle est formée du mélange de quartz hématite, galène et blende, que nous retrouverons dans toute la partie nord du filon. La masse de remplissage est compacte, d'un rouge brun foncé, mouchetée de petits cristaux de galène, de blende et de pyrite cuivreuse ; ces dernières espèces minérales deviennent parfois plus abondantes et forment de petites veinules. Cette veine est de peu d'importance ; elle est abattue comme minerai à bocarder. Comme on le voit, ce point est dans la région mixte à la limite des deux zones principales du filon ; il est à la fois argentifère et plombeux.

Le quartz hématite que nous voyons apparaître ici est un minéral très-répanu dans les filons de Schemnitz qui ne sont pas exclusivement argentifères ; il est connu sous le nom de *sinople*. Sa cassure est mate, un peu grenue, mais

(\*) L'analyse d'un échantillon stérile de cette argile nous a donné les résultats suivants :

SiO <sub>3</sub> . . . . .	30,02	
Al <sup>2</sup> O <sub>3</sub> . . . . .	18,19	
Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub> . . . . .	8,58	Effervescence vive.
CaO . . . . .	12,00	S . . . . . 4,41
MgO . . . . .	5,96	répondant à
KO . . . . .	2,41	FeS <sup>2</sup> . . . . . 8,14
NaO . . . . .	3,16	SO <sub>3</sub> tout formé . . . . . 0,77
Perte au feu . . . . .	19,25	
	99,57	

Elle renferme beaucoup de pyrite et une quantité importante de carbonates mélangés ; aussi la proportion de silice pour 100 est-elle peu considérable.

à grain très-fin comme celle du pétrosilex ; il se polit difficilement et ne devient pas brillant ; il est très-dur. Il est essentiellement composé de silice et d'oxyde de fer avec un peu de chaux et de magnésie ; il renferme de l'argent et de l'or. On a quelquefois dit que ce minéral était coloré en rouge par du cinabre et que l'or et l'argent s'y trouvaient à l'état d'amalgame ; mais il est certain que sa coloration est due à de l'oxyde de fer ; de plus, le bocardage à mort et le lavage soigné permettent d'en extraire de l'or en très-petites paillettes ; enfin les analyses auxquelles on l'a soumis n'ont pas décelé trace de mercure. Nous donnons ici les résultats des analyses faites au laboratoire de l'Institut géologique de Vienne, par MM. Fessl et Eschka (\*), sur quatre échantillons de sinople rapportés de Schemnitz par M. V. Lipold.

	I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub> . . . . .	86,802	93,279 0	81,886	36,466
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7,737	4,132	13,673	64,120
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,327	0,055	3,070	0,846
CaO . . . . .	1,237	0,897	1,215	0,566
MgO . . . . .	0,272	0,200	0,217	0,196
HO . . . . .	0,022	0,045	0,014	0,023
Somme . . . . .	96,397	99,658	99,075	99,217
Or (aux 100 kilogr.)	"	1 <sup>er</sup> , 43	traces	2 <sup>es</sup> , 41
Ag ( de minéral. )	"	0,139	26,85	1,37

- I. Sinople du Spitaler Gang, veine du mur ; Ferdinand Schacht, à 6 mètres au-dessous de la Bibererbstollen.  
 II. Sinople du Spitaler Gang, Pacherstollen, 17<sup>e</sup> étage.  
 III. Id. Id. 22<sup>e</sup> étage.  
 IV. Id. Michaelistollen, 7<sup>e</sup> étage.

On trouve parfois dans la masse compacte de sinople des parties tendres, tachant les doigts en rouge brun foncé, faisant avec l'eau une boue d'un rouge sang et composées surtout de peroxyde de fer anhydre en petites lamelles brillantes ; ce sont des nids d'hématite ou d'origiste dans

(\*). Verhandlungen des geol. Reichsanstalt, 1867, pag. 83

la masse ferrugineuse. Le n<sup>o</sup> IV appartient à cette variété ; c'est ce qui explique sa richesse en fer ; l'analyse montre que sa teneur en or et en argent est plus grande que celle des sinopls tout à fait quartzeux.

D'après le tableau qui précède, le sinople doit être considéré surtout comme un minéral aurifère, il est abattu partout comme minéral de bocard.

Dans quelques parties du filon, le sinople devient tendre, argileux, coloré en vert plus ou moins foncé ; on lui donne alors le nom de milz ; les analyses suivantes, faites par les auteurs cités plus haut, montrent la composition de ce minéral et sa teneur en métaux précieux.

	V	VI	VII
SiO <sub>2</sub> . . . . .	70,732		
FeO . . . . .	21,355		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5,988		
CaO . . . . .	0,964		
MgO . . . . .	0,274		
HO . . . . .	0,216		
Somme . . . . .	99,559		
Or (aux 100 kilogr.)	14 <sup>es</sup> , 64	39 <sup>es</sup> , 10	12 <sup>es</sup> , 68
Ag ( de minéral. )	20 ,54	56 ,79	9 ,82

- V. Milz du Spitaler Gang, Michaelistollen ; 7<sup>e</sup> étage. Cet échantillon est imprégné de pyrite.  
 VI Échantillon précédent, débarrassé de pyrite autant que possible.  
 VII. Pyrite triée de l'échantillon n<sup>o</sup> V, débarrassée de milz autant que possible.

Ces chiffres montrent que ce n'est point la présence de la pyrite qui est cause de la forte teneur en or des milze, car la masse débarrassée de pyrite est beaucoup plus riche que la moyenne ou que la pyrite seule. Ces milze sont d'excellents minerais ; ils sont séparés dans la mine et traités sans aucune préparation.

Pour nous rendre compte de la richesse relative des trois autres éléments, galène, pyrite cuivreuse et blendé, nous

avons fait essayer au bureau d'essai de l'École des mines les quatre échantillons suivants :

- I. Galène presque pure, à grandes facettes, de la Pacherstollen.
- II. Blende jaune de miel, avec très-peu de galène, de la Pacherstollen.
- III. Galène presque pure, à grandes facettes, de la Michaelistollen.
- IV. Galène très-pyriteuse, provenant du même échantillon que le n° III.

Voici les résultats des analyses faites par M. Rioult :

	PLOMB p. 100.	CUIVRE p. 100.	ZINC p. 100.	ARGENT aux 100 kilogr. de plomb.	OR.
I	82,00	"	"	gr. 63	0
II	4,00	0,20	19,00	traces	0
III	69,00	5,00	"	75	0
IV	52,00	28,80	"	70	tr. très-faibles

Ces chiffres montrent que la galène seule est argentifère ; la blende ne l'est pas ; la présence du cuivre pyriteux n'augmente pas la proportion d'argent par rapport au plomb, comme le montrent les essais III et IV, ce qui prouve que ce minéral n'est pas argentifère ; mais il est un peu aurifère.

C'est l'association des minéraux dont il vient d'être parlé qui forme le remplissage métallifère de toute la partie nord du Spitaler Gang. Dans cette région la roche encaissante est toujours compacte, jamais décomposée, simplement traversée par endroits par de petites veines, de remplissage analogue à celui du filon. Cette association se présente sous des aspects divers, mais avec un certain nombre de caractères à peu près constants. En général, elle est bréchi-forme ; les morceaux empâtés sont formés de grüstein très-fortement pénétré de quartz, ressemblant souvent à du quartzite, mais présentant encore par places des indices assez nets de sa constitution primitive pour qu'il ne soit pas possible de douter de sa nature ; ce grüstein est en

général imprégné de pyrite comme toute la roche encaissante. Autour de ces morceaux anguleux de grüstein, le sinople forme la première couche de la masse qui a empâté la brèche ; il est mélangé à un quartz opaque, compacte, à cassure un peu grenue, et plus ou moins imprégné de galène à grandes facettes, de blende jaune ou brune et de pyrite cuivreuse. Le tout est presque toujours coupé de petites veines et percé de petites géodes de quartz hyalin cristallisé.

Cette brèche présente plusieurs variétés : parfois, les minerais sulfurés disparaissent presque complètement ; il ne reste plus que le sinople et le quartz empâtant le grüstein ; c'est dans cette variété qu'on rencontre fréquemment le sinople très-ferrière que nous avons signalé plus haut. Le sinople et le quartz opaque, qui généralement sont mélangés d'une façon très-intime, se séparent quelquefois en zones concentriques bien distinctes entourant les morceaux de grüstein. Parfois aussi les morceaux de grüstein empâtés dans le sinople sont traversés de petites veines de sinople ; ils ont été minéralisés avant leur empâtement et contiennent, outre de la pyrite, de la blende identique à celle du reste du remplissage. Enfin les veines de quartz hyalin prennent quelquefois un grand développement, et les morceaux qui constituent la brèche apparente au premier abord sont formés eux-mêmes aux dépens d'une autre brèche et composés surtout de sinople. Il arrive aussi qu'on trouve des masses entières formées uniquement par la pâte de la brèche ; le remplissage est alors très-compacte et très-dur, et en général pauvre en minerais sulfurés.

Ces derniers, la galène surtout, se sont accumulés par places dans le filon et forment des colonnes riches, principalement aux points où les veines du toit et du mur se rencontrent. A la Pacherstollen et à la Michaelistollen, on a ainsi des abatages de près de 2 mètres de puissance. Dans ces points riches, non-seulement la puissance du gîte est

plus grande que partout ailleurs, mais encore les minéraux quartzeux, le sinople et la blende disparaissent en partie; la galène se concentre en veines importantes au milieu du remplissage et forme quelquefois le remplissage unique du filon tout entier: elle est alors massive, mouchetée seulement de petits cristaux de pyrite cuivreuse.

Dans la masse du filon, le remplissage bréchiforme qui vient d'être décrit est souvent coupé de grosses veines de quartz hyalin cristallisé desquelles dépendent les petites lentes et géodes quartzeuses dont nous avons parlé. Ces veines présentent des géodes de grandes dimensions tapissées de fort beaux cristaux de quartz souvent colorés en violet; à la Pacherstollen et à la Michaelistollen, on a trouvé ainsi de fort beaux échantillons d'améthyste. Sur une grande plaque que nous avons rapportée pour la collection de l'École des mines, on voit une série de groupes formés chacun d'un gros cristal entouré d'une quantité d'autres plus petits disposés parallèlement à son axe. On a souvent trouvé ces géodes remplies d'eau; on n'a jamais recueilli et analysé cette eau qui peut provenir soit des sources qui ont minéralisé le filon si la géode est complètement fermée, soit des infiltrations venues du jour si la géode est ouverte par le haut et étanchée par le bas. Dans le champ d'exploitation du Sigmund Schacht, l'intérieur des géodes a été trouvé quelquefois tapissé de fort beaux cristaux de gypse, atteignant jusqu'à 6 à 8 centimètres de longueur, complètement transparent, et présentant parfois une courbure considérable lorsque l'espace dans lequel ils se sont formés était trop restreint; ces cristaux offrent les faces *M*, *i*, et *g* très-développées. A la Pacherstollen, les cristaux d'améthyste sont comme saupoudrés de petites tables hexagonales de barite sulfatée, blanches et opaques, elles ont environ 1 millimètre d'épaisseur et 5 à 6 millimètres de diamètre; ces tables sont parallèles à la face *P* et présentent les facettes *M* très-brillantes et *g* presque ternes; on

on rencontre quelquefois la troncature  $a^{3/2}$ . Ce dernier minéral est fréquemment accompagné de pyrite; quelquefois les tables de barytine prennent un grand développement et sont en partie pseudomorphosées en quartz; ce fait se présente à l'Andrea Schacht. Ailleurs on trouve déposés sur le quartz des cristaux très-nets de galène cubique et de blende; ces derniers sont translucides, jaunes de miel ou enfumés; ils ont souvent près de 2 centimètres de largeur. A la Michaelistollen, les géodes de quartz sont presque toujours tapissées de cristaux de marcassite qui affectent les dispositions les plus variées; presque toujours l'enduit pyriteux est continu et présente à sa surface des séries de festons saillants, irréguliers, qui se séparent parfois complètement de la masse et forment alors des sortes de filaments d'une certaine grosseur, percés d'un petit canal à leur intérieur; les cristaux de marcassite sont plantés normalement à ce canal. Les échantillons de cette pyrite sont difficiles à conserver: ils s'effleurissent à l'air avec une grande rapidité. La calcite et le fer carbonaté ne se rencontrent que très-rarement dans les parties plombées du Spitaler Gangueu et on y a trouvé parfois de la goëthite.

Pour donner une idée de la disposition des différentes parties du remplissage, nous reproduisons, d'après M. G. Falster (5), un certain nombre de coupes transversales du filon prises au l'avancement des galeries en différents points de son parcours. (Voir fig. 2 à 5, Pl. VIII.) L'examen de ces coupes et des détails que nous venons de donner sur la disposition respective des minéraux dans le filon suffisent pour qu'on puisse déterminer l'âge relatif des diverses formations. A la Pacherstollen, A la Pacherstollen, l'examen de ces coupes et des détails que nous venons de donner sur la disposition respective des minéraux dans le filon suffisent pour qu'on puisse déterminer l'âge relatif des diverses formations. A la Pacherstollen, l'examen de ces coupes et des détails que nous venons de donner sur la disposition respective des minéraux dans le filon suffisent pour qu'on puisse déterminer l'âge relatif des diverses formations.

Après M. Wiesner, on pourrait distinguer trois périodes: la première serait caractérisée par le dépôt du sinople, du

(\*) G. Falster, *Gedenkbüchlein zur hundertjährigen Gründung der Berg- u. Forst-Akademie - Schmeinitz*, 1871, p. 528.

quartz opaque, de la blende, de la galène et du cuivre pyriteux, en un mot par la formation du remplissage bréchi-forme dont nous avons parlé plus haut et du remplissage sulfuré; le milz, variété du sinople, appartiendrait à cette même période. Cette première formation serait à la fois plombeuse, aurifère et argentifère; elle formerait la majeure partie du remplissage du filon sur toute son étendue en direction. La deuxième période serait caractérisée par la formation du quartz hyalin, cristallisé en grandes géodes, et par le dépôt dans ces géodes de cristaux de galène, de pyrite cuivreuse et de blende; cette formation serait peu aurifère et peu argentifère. Le remplissage de la fente du toit à la Michaelistollen et de la Diagonale Kluft, qui réunit cette fente au filon, appartient en grande partie à cette dernière période. Enfin la troisième période serait caractérisée par le dépôt dans les géodes de la barytine, de la marcassite ne renfermant ni or ni argent, et du gypse, et pourrait être considérée comme se continuant de nos jours.

Cette division peut paraître peu intéressante, puisqu'elle laisse ensemble sans distinction d'âge les minéraux les plus importants; elle est néanmoins la traduction exacte des faits observés et il est difficile de la rendre plus précise tout en lui conservant sa vérité. Tout ce que l'on peut dire, suivant nous, d'après la disposition la plus commune du remplissage bréchi-forme, c'est que le sinople est le minéral qui s'est déposé le premier; c'est en effet toujours lui qui recouvre les noyaux de grünstein empâtés; quant au quartz opaque et aux minéraux sulfurés, leur dépôt n'a eu lieu que lorsque celui du sinople était déjà commencé; il s'est continué avec ce dernier et a probablement duré plus longtemps, jusqu'à l'apparition du quartz de la deuxième période. Les deux premières périodes ont dû être séparées par un mouvement qui a ouvert de nouvelles fentes dans la masse déjà formée et a par endroits brisé cette masse en

morceaux que le quartz hyalin a empâtés ensuite, donnant ainsi naissance à une nouvelle brèche. Rien n'indique au contraire qu'un tel mouvement soit survenu entre la deuxième et la troisième période.

Le Spitaler Gang est en rapport avec un grand nombre de fentes situées à son toit ou à son mur.

Au toit on connaît les veines suivantes :

La *Mittersinkner Kluft*, au Carl Schacht, dirigée N. 60 à 75°, plongeant de 55° au sud, atteint dans sa partie est une puissance de près de 2 mètres. Son remplissage est formé de quartz mélangé de calcite manganésifère et renfermant du minéral d'argent aurifère disséminé. La roche encaissante est du grünstein altéré.

La *Hornsteinsinkner Kluft* (V. Pl. VI, n° 13), au Carl Schacht, dirigée N. 22°, plongeant de 50° au sud-est.

La *Mathias Kluft* (V. Pl. VI, n° 14), au Max Schacht, est peu connue; elle est dirigée N. 25° et plonge de 50 à 60° au sud-est; elle est formée de quatre veines parallèles qui paraissent avoir été très-exploitées dans les horizons supérieurs du Ferdinand Schacht; leur remplissage était argentifère.

La *Quirin Kluft* et l'*Erasmus Kluft*, à la Pacherstollen; leur direction est N. 29°; leur plongement est de 45° au sud-est pour la première, et de 40° au nord-ouest pour la seconde. Leur remplissage est calcaire; le seul minéral qu'il contienne est de la pyrite pauvre; aussi les a-t-on abandonnées après quelques recherches.

La *Clotilde Kluft* suit la Quirin Kluft parallèlement en direction comme en profondeur. Ce n'est pas à proprement parler une fente se rattachant au Spitaler Gang; c'est un filon de rhyolithe ne renfermant d'autre espèce minérale que la pyrite jaune, disséminée en petits cubes dans la masse.

La *Hangendkluft*, connue et exploitée à la Michaelistollen, suit le filon sur une certaine longueur; elle est légèrement

sinueuse et paraît le couper deux fois. Elle a à peu près le même remplissage que lui, sauf qu'elle renferme peu de sinople. Dans la partie nord du même champ d'exploitation on connaît une autre fente, la *Diagonale Klust*, qui va du filon à la *Hangendklust*; elle a le même remplissage, mais elle est encore plus pauvre en sinople et plus riche en pyrite blanche; un peu au delà du point où elle rencontre le filon, celui-ci change de pendage et plonge vers le nord-ouest.

On a signalé aussi, dans les archives des mines, au Carl Schacht la *Zwölfer Klust* et la *Flache Hangendklust* et au Ferdinand Schacht la *Michaeli Klust*; mais ces veines ne sont plus connues aujourd'hui.

Les fentes connues au mur du Spitaler Gang sont beaucoup plus nombreuses et plus importantes. Ce sont les suivantes :

La *Saigère Klust* (V. Pl. VI, n° 15), au Carl Schacht, dirigée N. 22°, plonge de 76° au sud-est; près du jour son remplissage est formé de quartz et de calcite, il est très-dur; en profondeur, vers le sud, ce remplissage est argileux et tendre. Sa puissance est de 1 mètre environ. Les minerais sont argentifères dans la partie tendre et plombeux dans la partie dure; dans les horizons supérieurs, ces minerais étaient disposés en colonnes riches.

La *Wasserbrucher Klust* (V. Pl. VI, n° 16), au Carl Schacht, est parallèle à la précédente; elle plonge de 50° au sud-est; elle a dû être riche dans les parties supérieures, mais elle devient tout-à-fait pauvre en profondeur.

La *Flache Klust* (V. Pl. VI, n° 17), exploitée au Ferdinand Schacht et au Christina Schacht, et en profondeur au Siglisberger Schacht et au Carl Schacht, est dirigée N. 55°; son pendage est de 25 à 30° au sud-est. Sa puissance est de 50 centimètres à 1 mètre. Dans les niveaux supérieurs son remplissage se compose de quartz grossier imprégné de minerais d'argent et de pyrite; mais en pro-

fondeur le minerai précieux disparaît peu à peu, pour faire place à un mélange de sinople, de blende et de galène; le remplissage est alors bréchiforme et extrêmement quartzeux; le gîte devient inexploitable.

Le minerai d'argent dans les niveaux supérieurs était disposé en colonnes riches; au voisinage du minerai la roche encaissante était très-dure et formait des salbandes d'une grande netteté; cette dureté était un caractère qui faisait reconnaître la présence des colonnes riches.

La *Johann-Nepomack Klust* (V. Pl. VI, n° 18), au Carl Schacht, est dirigée N. 80°; elle a donné du minerai d'argent disséminé dans un remplissage quartzeux.

La *Probovna Klust* et la *Spergethische Klust* sont analogues à la précédente; mais cette dernière paraît couper; elles sont peu importantes. On y a trouvé de bons minerais à l'étage de la Kaiser Franz Erbstollen.

La *Straka Klust* (V. Pl. VI, n° 19), au Carl Schacht, est dirigée N. 20°; elle plonge de 57° au sud-est. En profondeur sa puissance est d'environ 30 centimètres. Son remplissage est quartzeux; on y trouve de la manganocalcite, de la galène, de la blende et de la pyrite; elle n'est pas exploitable.

Le *Wolf Gang*, au Ferdinand Schacht, est dirigé N. 68°; à ses extrémités nord-est et sud-ouest, il est dirigé N. 55°; il plonge au sud-est de 50 à 40°; son plongement augmente en profondeur; c'est un véritable filon qui se détache du Spitaler Gang; c'est la plus importante des veines situées au mur de ce filon.

Le *Wolf Gang* se prolonge jusqu'au Biber Gang, mais son intersection avec ce dernier n'est pas connue; on ne sait s'il le coupe ou s'il vient se souder avec lui; on ne l'a pas encore retrouvé à l'ouest de ce dernier. La roche encaissante est un grüenstein très-pénétré de quartz et très-dur. La puissance du filon varie de 2 à 60 à 5 mètres. Son remplissage est quartzeux et extraordinairement dur; il est formé d'une masse bréchiforme à cassure un peu esquillante.

leuse comme celle d'un quartzite; on y distingue des morceaux de grüenstein pénétré de quartz, empâtés dans du sinople peu coloré et imprégné de minerai d'argent et de petits grains de pyrite cuivreuse et de galène; le tout est traversé par des veines de quartz très-compacte, presque transparent ou très-légèrement coloré en jaune, probablement par un peu de calcite manganésifère.

Ce remplissage, comme on le voit, procède à la fois des deux remplissages du Spitaler Gang. Le minerai n'y est pas régulièrement disséminé; il est ramassé en petites masses séparées et disposées d'une façon à peu près quelconque.

Le Wolf Gang a été exploité par les anciens dans les niveaux supérieurs, et plus récemment en profondeur; mais à cause de sa dureté exceptionnelle on n'a abattu que quelques points reconnus riches. Aujourd'hui on reprend par endroits l'exploitation des régions abandonnées précédemment, mais cette exploitation est peu fructueuse et ne donne guère que des minerais à bocarder.

La *Roschka Klüft* (V. Pl. VI, n° 20), connue au Christina Schacht, au Max Schacht et à Klingerstollen, est dirigée N. 15° et plonge au sud-est; elle coupe le Wolf Gang; au nord de ce filon, son plongement est de 45 à 50°, son remplissage est quartzeux et se compose de galène et de pyrite cuivreuse en petites masses, mélangées de blende et de pyrite de fer; au contraire au sud du Wolf Gang son plongement est de 70° et son remplissage est argileux et un peu argentifère et aurifère. Elle a été exploitée avec profit, surtout dans sa partie nord à Klingerstollen.

Dans l'intervalle compris entre le Spitaler Gang, le Wolf Gang et le Biber Gang, il existe un grand nombre de fentes secondaires, non indiquées sur la carte, mais représentées sur la fig. 6, Pl. VIII, et dont nous allons dire quelques mots.

Les trois *Rechtsinnische Klüfte*, dirigées N. 65°, plon-

gent au sud-est. Leur puissance varie de 50 centimètres à 1 mètre. Leur remplissage est formé de quartz dur et de manganocalcite; il contient des minerais d'argent disposés en masses très-irrégulières et très-circonscrites; on y trouve en outre de la galène, de la blende et de la pyrite. On ne sait pas si ces fentes coupent le Wolf Gang ni même si elles l'atteignent.

Les trois *Widersinnische Klüfte*, dirigées N. 20 à 40°, plongent au nord-ouest; leur puissance varie de 0<sup>m</sup>,30 à 1<sup>m</sup>,30. Leur remplissage est tendre et argileux; il renferme des noyaux de calcite et de manganocalcite; ces fentes ont été très-riches en minerais d'argent, elles ont été exploitées sur près de 500 mètres en direction et jusqu'à une grande profondeur (*Pyrochlauf*).

L'*Althandler Klüft*, la *Floriani Klüft* et la *Josephi Klüft* ont aussi été reconnues et exploitées en plusieurs points.

Les *Kreuzklüfte*, dirigées N. 150° (N. 50° O.), sont surtout des gîtes de quartz; on les a trouvées minéralisées aux points où elles rencontrent les autres fentes.

Il existe encore d'autres fentes dans la même région; toutes ces veines forment un réseau fort compliqué; elles se coupent sans se rejeter; les remplissages passent de l'une à l'autre sans interruption; les points d'intersection surtout sont riches en minerais. Il est probable qu'un grand nombre de ces fentes ne sont autre chose que les plans de division de la roche encaissante. Quoiqu'il en soit, elles ont donné lieu à une exploitation très-active et très-fructueuse pendant longtemps; cette exploitation se faisait par trois puits: le Christina Schacht, le Wolf Schacht et le Ferdinand Schacht.

Nous avons indiqué dans le courant de la description quels sont les puits qui exploitent le Spitaler Gang et les nombreuses veines situées dans son voisinage. Pour terminer l'histoire de ce gîte si important, nous allons dire en

quelques mots quel est l'état actuel de l'exploitation dans ses différentes parties. Dans toute la région argentifère, l'exploitation est pour ainsi dire suspendue, toute la partie située au-dessus du niveau des eaux étant abattue. On est descendu en quelques points au-dessous de la Kaiser Franz Erbstollen; les eaux étaient élevées par le Leopold Schacht et versées dans cette galerie; mais des accidents survenus aux pompes dans ces dernières années ont nécessité un arrêt considérable dans l'épuisement; les machines se sont trouvées ensuite insuffisantes, on a été forcé de suspendre tout travail dans les niveaux inférieurs. On se contente alors d'exploiter les veines dures ou peu riches laissées par les anciens dans les niveaux supérieurs; on recherche aussi dans les vieux travaux les morceaux de minerai laissés au milieu des remblais; cette exploitation des vieux remblais est fructueuse par places, mais elle est difficile et, de plus, elle ne peut être guidée par rien; ce n'est souvent que par hasard que l'on recueille des indices de la présence de ces remblais riches. Cette exploitation des veines dures et des vieux remblais donne une petite quantité de minerais triés et une certaine proportion de minerais à bocarder. Les principales veines dures exploitées ainsi sont la veine du mur du Spitaler Gang au Carl Schacht, la Flache Kluft et le Wolf Gang au Christina Schacht et au Ferdinand Schacht. Au Max Schacht, on exploite la veine du mur du Spitaler Gang, qui, comme nous l'avons vu plus haut, est peu productive.

Dans la région plombeuse, notamment au nord, à la Pacherstollen et à la Michaelistollen, les travaux sont beaucoup plus actifs; au sud, à l'Andreas Schacht et au Sigmund Schacht, ils sont presque suspendus. C'est par ce dernier puits que se fait l'élévation des eaux de la Pacherstollen, qui sont versées dans la Kaiser Franz Erbstollen; presque tous les chantiers productifs sont en contre-bas de cette galerie; les plus profonds sont au niveau du neuvième

étage du Sigmund Schacht. A la Michaelistollen, l'exhaure se fait par le Michael Schacht; les eaux sont versées dans la Kaiser Franz Erbstollen; le point le plus bas en exploitation est au septième étage. La branche de la Kaiser Joseph II Erbstollen qui va du Sigmund Schacht à l'Amalia Schacht a recoupé le Spitaler Gang et l'a reconnu divisé en deux veines; celle du mur est étroite et inexploitable; celle du toit a été suivie vers le nord, sur une longueur de 400 mètres environ, par une galerie destinée à recouper les colonnes riches connues à la Pacherstollen; son remplissage est le même qu'au niveau de la Kaiser Franz Erbstollen: il est formé de quarz avec sinople, galène, blende et pyrite cuivreuse. Les colonnes riches n'ont pas encore été retrouvées.

*Biber Gang.*—Le Biber Gang est connu en direction depuis les étangs de Windschacht jusqu'au Georgstollner Thal. Dans sa partie sud, au Siglisberger Schacht, il est dirigé N. 45°; à partir du Christina Schacht, il s'infléchit un peu vers le nord et prend la direction N. 29° qu'il conserve jusqu'à l'Amalia Schacht; depuis ce point jusqu'au Gabriel Schacht, il se dirige N. 55°, comme le Spitaler Gang à la Pacherstollen; au delà il s'infléchit de nouveau vers le nord et prend la direction N. 20° qu'il conserve jusqu'à son extrémité. Son pendage est de 40 à 45° vers le sud-est.

Comme le Spitaler Gang, il est formé de plusieurs veines courant plus ou moins parallèlement dans le grünstein; la distance des veines extrêmes est souvent considérable et va parfois jusqu'à 40 mètres. Il est beaucoup moins bien connu que le filon précédent; les travaux d'exploitation se sont portés surtout sur les fentes latérales qui en dépendent. Son remplissage varie de la même façon que celui du Spitaler Gang: il est exclusivement argentifère au sud, tandis qu'au nord il est surtout plombeux; la zone de démarcation entre les deux régions part de la vallée de Klingerstollen et plonge vers le sud-ouest. La nature et la dispo-



sition des minerais, l'aspect et la dureté de la roche encaissante varient dans ces deux régions de la même manière qu'au Spitaler Gang; il n'y a que des différences de détail.

Dans la partie argentifère, à la Bartolomai Stollen, par exemple, on trouve dans le remplissage des veines de sable quartzes argentifère avec nids de *branderze* (minerais brûlés), au milieu de l'argile; c'est comme si le remplissage primitif de quartz imprégné de minerai d'argent avait été fortement attaqué et désagrégé. Ces *branderze* sont formés de petits grains d'un brun noir, analogues à des paillettes de fer oxydé; ils sont fort mal cimentés et tombent en poussière lorsqu'ils sont secs; quelquefois ils sont adhérents à des morceaux de quartz carié et ocreux. Ce sont de très-bons minerais, ils sont en général beaucoup plus riches en or que les minerais d'argent ordinaires. On les rencontre assez fréquemment dans le Biber Gang, mais il faut une grande habitude pour les reconnaître et les distinguer des noyaux ocreux de limonite qui se forment dans la masse par suite de l'infiltration des eaux et de la décomposition des pyrites. A côté de ce remplissage argilo-sableux avec *branderze*, on trouve des veines quartzes avec sinople et minerais sulfurés que l'on exploite comme minerais de bocard. Ces veines présentent déjà une grande analogie d'aspect avec le remplissage plombeux.

Dans la région plombeuse, les métaux précieux sont moins abondants qu'au Spitaler Gang.

Enfin, vers son extrémité nord, le Biber Gang pénètre, suivant M. Wiesner, dans les calcaires du Georgstollner Thal; son épaisseur y est réduite à 1 mètre ou 1<sup>m</sup>,50; son remplissage est alors exclusivement pyriteux; au delà il rentrerait dans le *grünstein* et redeviendrait riche.

M. V. Lipold (\*) pense que le Biber Gang, de même que

(\*) M. V. Lipold, *loc. cit.*, p. 427.

le *Grüner Gang* et le *Johann Gang*, est un filon de rhyolithe kaolinisée, et que le remplissage métallifère s'est déposé dans les fentes de la masse rhyolithique. Nous avons donné, en décrivant le *Grüner Gang*, les raisons qui nous empêchent d'admettre cette idée pour ce filon; ces raisons sont tirées de faits qui se retrouvent identiquement semblables au *Biber Gang* dans sa partie argentifère; de plus, dans sa partie plombeuse, on trouve le *grünstein* parfaitement caractérisé en contact immédiat avec le remplissage métallifère sans que les travaux de mines aient traversé de rhyolithe dans le voisinage. C'est pourquoi nous croyons, contrairement à M. V. Lipold, que le *Biber Gang*, comme tous les autres filons qui nous occupent, est encaissé dans le *grünstein*, altéré dans sa partie sud, bien caractérisé dans sa partie nord, et qu'il n'existe ni à son contact ni dans son voisinage aucun filon rhyolithique.

Les fentes qui se rattachent au *Biber Gang* et sont situées à son toit sont les suivantes :

La *Franz Kluft* (V. Pl. VI, n° 21), au *Siglisberger Schacht*, dirigée N. 17°, est connue au huitième et au neuvième étage de ce puits; elle a donné beaucoup de minerai d'argent très-riche.

La *Vorsinkner Kluft* (V. Pl. VI, n° 22), au *Siglisberger Schacht*, est dirigée N. 60°; elle a été exploitée au niveau de la *Kaiser Franz Erbstollen* et aux dixième et onzième étages. Son remplissage est formé de quartz et de mangano-calcite avec minerais d'argent; on y a trouvé aussi des traces de galène.

La *Biber Gangs Hangendkluft* (V. Pl. VI, n° 23) suit le filon à son toit depuis le *Siglisberger Schacht* jusqu'à l'*Amalia Schacht*; c'est la plus importante des veines secondaires en rapport avec le *Biber Gang*. Sa puissance varie de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre. Son remplissage est le même que celui du filon et présente en direction les mêmes variations: ainsi au *Christina Schacht*, il est formé d'un mélange de quartz et de cal-

cite dans lequel la calcite domine et de minerais d'argent avec pyrite cuivreuse; au Max Schacht, au contraire, et à Klingerstollen, on le trouve en profondeur avec l'aspect bréchiforme et formé de grünstein plus ou moins altéré, de quartz, de sinople et de galène accompagnée de pyrite cuivreuse.

La *Flache Danieli Kluft* (V. Pl. VI, n° 24), à Klingerstollen, se dirige parallèlement au filon dans son voisinage; elle a le même pendage que lui. Cette fente doit être rapprochée de la *Saigere Danieli Kluft* (V. Pl. VI, n° 25), également parallèle au filon en direction; mais celle-ci a un pendage presque vertical, et dirigé en sens inverse, vers le nord-ouest; elle coupe le filon et se trouve à son mur à l'étage de la Kaiser Franz Erbstollen. Ces deux fentes ont une puissance variable de 0<sup>m</sup>,50 à un mètre; elles se coupent entre le neuvième étage et la Dreifaltigkeit Erbstollen; leur partie commune a été trouvée riche en minerai. Leur remplissage était formé d'un mélange de quartz, de calcite et de manganocalcite accompagné de minerai d'argent. La Saigere Kluft a donné aussi des minerais composés de quartz, calcite, sinople, galène et pyrite cuivreuse.

La *Josephi Kluft* (V. Pl. VI, n° 26), à la Pacherstollen et à la Michaelistollen, est dirigée N. 19°. Elle rejoint le filon près du Gabriel Schacht et paraît être le prolongement sud de la partie du Biber Gang située au nord de ce puits. Elle plonge au sud-est; son remplissage est formé de quartz et de calcite avec de la galène, de la blende et de la pyrite disséminées irrégulièrement ou rassemblées en petites masses dans la gangue pierreuse.

Les fentes du mur sont les suivantes;

Les deux *Kuhaida Klüfte* (V. Pl. VI, n° 27) au Siglisberger Schacht sont dirigées N. 22°; la roche encaissante est du grünstein compacte vert tendre, aphanitique et pyriteux; le remplissage est formé de quartz et de calcite accompagnés de minerai d'argent et de mouches de galène.

La *Wetternicker Kluft* (V. Pl. VI, n° 28) est dirigée est-ouest; son pendage est de 70° au sud. Au toit et au mur, le grünstein est altéré et pyriteux; le remplissage est quartzeux avec minerai d'argent et pyrite cuivreuse; on y rencontre aussi çà et là de la calcite et de la manganocalcite avec de la galène et de la blende.

La *Morgen Kluft* (V. Pl. VI, n° 29) est également dirigée est-ouest, mais son pendage est de 60° vers le nord; elle rencontre la *Wetternicker Kluft*, se traîne un certain temps avec elle, puis la traverse; les caractères de la roche encaissante et du remplissage sont les mêmes pour ces deux fentes.

Les deux *Kreuzklüfte*, situées au sud des précédentes, sont dirigées N. 104° (N. 76° O.). Leur remplissage est analogue à celui des Kuhaida Klüfte.

Toutes les fentes du mur dont il vient d'être parlé sont exploitées près du Siglisberger Schacht par la galerie nommée *Wasserrösche*. Les travaux auxquels elles ont donné lieu se sont peu approfondis; les minerais d'argent disparaissent en profondeur; on peut dire que dans cette région les fentes du mur du Biber Gang sont riches aux niveaux supérieurs, tandis que les fentes du toit sont pauvres; ces dernières s'enrichissent à la hauteur où les premières commencent à s'appauvrir, comme si le minerai passait d'un côté à l'autre du filon au fur et à mesure qu'on avance en profondeur; aux niveaux tout à fait inférieurs les veines du toit ont été de nouveau trouvées pauvres.

La *Pauli Kluft* (V. Pl. VI, n° 30), au Christina Schacht, est dirigée N. 84°; elle n'est guère connue que par les vieux travaux aux affleurements.

La *Liegendkluft*, dirigée parallèlement au filon, est connue à la Schmidtenrinn Stollen, à Klingerstollen et au Christina Schacht; sa puissance atteint parfois 2 mètres; son remplissage est analogue à celui du filon dans le voisinage.

Outre les nombreuses fentes dont nous venons de parler,

on peut encore citer une *Saigere Kluft*, une *Josephi Kluft* et la *Johann-Baptista Kluft* à Siglisberg, les *Barbara Kluft*, *Jacobi Kluft* et *Nepomuzeni Kluft* à Klingerstollen, la *Hirschgrunder Kluft* et la *Wolfsstollner Kluft* au Georgstollner Thal.

Comme nous l'avons dit plus haut, le Biber Gang a été relativement moins exploité que ses nombreuses fentes ; ce sont ces dernières qui ont fourni de si grandes quantités de minerais d'argent à Siglisberg et à Windschacht ; le réseau compliqué qu'elles forment dans ces deux localités a été l'objet de travaux dont les nombreuses halles qui couvrent le sol et le rapprochement des puits attestent toute l'importance. Actuellement, tout ce quartier est peu exploité ; tout est abattu au-dessus du niveau des eaux ; comme au Spitaler Gang, on ne fait que rechercher les quelques points laissés par les anciens ou exploiter les vieux remblais ; il en est de même dans toute la région argentifère du Biber Gang. Dans la région plombeuse, on ne l'exploite plus qu'à la Michaelistollen.

*Theresia Gang.* — Le Theresia Gang est connu depuis Siglisberg jusqu'au Georgstollner Thal. Dans sa partie sud il est dirigé N. 40° ; près de l'Amalia Schacht, il s'infléchit vers le nord et se dirige N. 10° sur une faible étendue ; il prend ensuite la direction N. 29° jusqu'à la petite vallée qui descend du Paradeisberg ; au col de Rottenbrunn, il est presque nord-sud ; au delà il prend la direction N. 20° qu'il conserve jusqu'à son extrémité nord. Dans sa partie sud, il plonge de 70° au sud-est ; il se redresse quand on s'avance vers le nord, et à Klingerstollen il est vertical ; il reste sensiblement vertical avec de légères variations dans un sens ou dans l'autre jusqu'à Rottenbrunn ; à partir de là, son pendage est dirigé en sens inverse ; il plonge de 75 à 80° vers le nord-ouest. Les affleurements du Theresia Gang sont visibles en plusieurs points, notamment sur le flanc du Paradeisberg au-dessus de la ville de Schemnitz ; là ils

constituent de puissants rochers de quartz en forme de dyke ; vers le sud on reconnaît aussi ces affleurements aux nombreuses excavations creusées dans le sol.

La roche encaissante est le grünstein, presque partout compacte et non altéré. Le filon est formé de deux ou trois veines parallèles, se réunissant par places pour se séparer ensuite. Son remplissage est variable : dans sa partie sud, aux niveaux tout à fait supérieurs, il est argentifère et la roche encaissante est argileuse et tendre ; les affleurements ont été très-productifs dans toute cette région, ils sont complètement exploités depuis longtemps. Ce remplissage argentifère passe très-rapidement au remplissage plombeux.

Ainsi au niveau de la Klingerstollen on n'a plus trouvé de minerais d'argent ; la masse du filon est une brèche d'un aspect particulier et tout à fait différent de celui du remplissage bréchiforme du Spitaler Gang, quoique les éléments constituants soient sensiblement les mêmes. Cette brèche se compose de fragments anguleux, de la grosseur d'un œuf au maximum, empâtés dans une masse formée de zones concentriques de sinople de couleur pâle et de quartz jaunâtre qui probablement doit sa couleur à une petite quantité de calcite manganésifère mélangée ; dans cette masse on trouve de petites géodes tapissées de cristaux de quartz hyalin. Les morceaux empâtés proviennent de la destruction d'un remplissage antérieur ; ils ont eux-mêmes un aspect bréchiforme et contiennent, avec du grünstein très-fortement pénétré de quartz et des parties tout à fait quartzieuses, un mélange de galène, blende et pyrite cuivreuse dans lequel la blende, de couleur jaunâtre, paraît dominer. Quelques-uns de ces fragments contiennent aussi du sinople pâle comme celui qui constitue la masse ; enfin cette dernière présente aussi des cristaux nets de sulfures, surtout de blende, intercalés entre les zones concentriques de sinople et de quartz. Cette disposition montre qu'à la suite d'un premier dépôt bréchiforme avec noyaux

de grüenstein pénétrés de quartz, le remplissage a été brisé par suite d'un mouvement de la roche encaissante qui n'a pas modifié la nature des émanations circulant dans le filon, et que les fragments de ce premier remplissage ont ensuite été empâtés dans un dépôt identique au premier quant aux éléments, différent seulement par la manière dont ces éléments se sont disposés.

Au niveau de la Dreifaltigkeit Erbstollen, ce remplissage change d'aspect, le sinople et le quartz disparaissent presque complètement et la proportion de galène et de blende augmente. On a trouvé à ce niveau trois colonnes riches de galène séparées par des intervalles tout à fait stériles dans lesquels le filon se réduit à de simples fentes dans un grüenstein très-dur et très-compacte, mais toujours un peu pyriteux. Dans ces colonnes riches, la galène est toujours mêlée de blende et de pyrite cuivreuse; celle-ci est souvent en beaux cristaux dans les géodes de quartz qui se rencontrent dans la masse. Presque toujours les cristaux de quartz qui tapissent ces géodes sont recouverts d'un enduit de calcite cristallisée et nacréée. On trouve quelquefois dans ces géodes de la barytine en très-beaux cristaux d'un centimètre de diamètre et de plus d'un centimètre de longueur, présentant la base *P* et les faces *M* avec les tronçatures  $b^{1/2}$ . On rencontre assez fréquemment aussi de petits cristaux de manganocalcite réunis en houppes nacréées très-élégantes. Plus bas, au troisième étage de l'Amalia Schacht, par exemple, le remplissage devient presque exclusivement quartzeux; il est très-dur et tout à fait stérile.

Dans toute sa région nord, le Theresia Gang a un remplissage analogue à ceux du Biber Gang et du Spitaler Gang dans le voisinage; comme le Biber Gang, il traverserait des calcaires du Georgstollner Thal et y serait rempli de pyrite; on le retrouverait riche plus loin, à sa rentrée dans le grüenstein.

Les fentes qui se rattachent au Theresia Gang sont peu

nombreuses; au sud, dans le champ d'exploitation du Christina Schacht, à l'étage de la Kaiser Franz Erbstollen, on a reconnu la *Blei Klust* (V. Pl. VI, n° 31), qui a la même direction que le filon et paraît n'être que son prolongement. Son remplissage est quartzeux et galéneux; elle est inexploitable.

La *Max Klust* (V. Pl. VI, n° 32), située au mur de la précédente, est dirigée N. 65°; son pendage est sud-est.

A Klingerstollen on a trouvé, outre une veine au mur peu importante, une veine au toit à laquelle on a donné le nom de *Himberger Gang* (V. Pl. VI, n° 33); sa puissance varie de 30 à 60 centimètres; son remplissage est quartzeux et galéneux; elle paraît se réunir au filon en profondeur; elle a été exploitée en quelques points à Klingerstollen et à Schmidtenrinnstollen.

Actuellement, le Theresia Gang n'est plus exploité que dans le quartier de l'Amalia Schacht.

À l'ouest de l'extrémité nord du Theresia Gang, à la naissance du Georgstollner Thal, se trouvent deux gîtes désignés sous les noms de *Maria-Empfangniss Gang* et de *Quarz Lager*. Le premier (V. Pl. VI, n° 40) est une veine dirigée N. 15° avec un pendage à l'est; son remplissage est argileux; il contient du quartz et de la calcite avec des minerais d'argent, mais ces derniers sont disposés en petites masses distinctes très-circonscrites. Le *Quarz Lager* (V. Pl. VI, n° 41) dirigé N. 45° plonge presque verticalement vers l'est; sa puissance est de 12 mètres; il est formé d'un quartz massif, blanc, poreux, non cristallin; on y trouve des minerais d'argent aurifères et des pyrites aurifères remplissant des géodes disséminées irrégulièrement dans la masse de quartz sur toute l'épaisseur du filon. Vers le nord, de quartz devient compacte et le minerai disparaît; plus loin le gîte paraît se bifurquer. Le *Quarz Lager* ne paraît pas devoir être considéré comme un filon; c'est plutôt un amas de quartz métallifère par endroits, stérile

dans la plus grande partie de sa masse; peut-être n'est-ce qu'une couche de quartzite.

*Ochsenkopfer Gang.* — A l'ouest du Theresia Gang, sur le flanc ouest du Paradeisberg, affleure un filon exploité autrefois à Gedeonstollen et aussi à Klingerstollen, mais dont l'exploitation est suspendue depuis longtemps. Ce filon, nommé Ochsenkopfer Gang, est formé d'un système de fentes nombreuses courant dans le grünstein. Sa direction est variable, elle est en moyenne N. 10°; son pendage est dirigé vers le sud-est. L'intervalle compris entre les fentes extrêmes est d'environ 12 à 14 mètres; parmi ces fentes, on en trouve trois à peu près constantes, qui sont réunies entre elles et croisées par d'autres fentes intermédiaires et moins importantes. Ces dernières ont un plongement, tantôt dans la même direction que le filon, tantôt dans une direction contraire.

Le remplissage de l'Ochsenkopfer Gang est en général très-quartzeux et très-dur; il est rarement argileux. On y trouve des minerais d'argent, surtout des branderze disséminés dans la masse de quartz ou déposés dans de petites veinules ou dans des géodes; le quartz est souvent accompagné de calcite manganésifère.

Un peu au nord du champ d'exploitation de la Gedeonstollen, on a exploité, sous le nom de *Heiliger-Geiststollner Gang*, une veine de direction très-variable et plongeant au nord-ouest, c'est-à-dire en sens inverse du filon précédent; on la considère néanmoins comme son prolongement. Son remplissage est du reste analogue, et composé de quartz avec branderze; en profondeur on y a trouvé aussi de la galène, de la blende et de la pyrite cuivreuse.

Au delà, à la Michaelistollen, on a recoupé et exploité un filon nommé *Rozner Gang*, dirigé N. 10° dans sa partie sud et s'infléchissant un peu vers le nord dans sa région septentrionale; son pendage est dirigé vers l'ouest, comme celui du Theresia Gang dans le même champ d'exploitation.

Il est considéré aussi comme étant le prolongement de l'Ochsenkopfer Gang. Son remplissage est formé de quartz mélangé de galène, de blende, de pyrite et de minerais d'argent.

Enfin, au nord de la Michaelistollen, sur le versant droit de la vallée d'Eisenbach, au-dessus du Rossgrunder Teich, on a exploité, sous le nom de *Markus und Anna Gang*, une veine dirigée N. 5° et plongeant vers l'est; on y trouve une assez grande quantité de barytine, souvent en beaux cristaux. Cette veine paraît également être le prolongement de l'Ochsenkopfer Gang.

Ce dernier filon devrait alors être considéré comme s'étendant en direction sur une longueur analogue à celle des grands filons de Schemnitz et présentant la même variation de remplissage; il aurait, comme le Theresia Gang, un plongement sud-est dans sa partie sud et nord-ouest dans sa partie nord; à son extrémité septentrionale, il plongerait de nouveau à l'est.

Les fentes que l'on peut rattacher à ce filon sont les suivantes :

La *Johann Kluft* (V. Pl. VI, n° 54), dirigée N. 42°, plonge de 70° au sud-est; son remplissage est quartzeux; elle contient des branderze, de la galène et de la blende; cette fente a été aussi considérée comme le prolongement sud de l'Ochsenkopfer Gang.

L'*Urbani Kluft*, au voisinage de la précédente, n'est pas exploitable.

La *Baccali Kluft* (V. Pl. VI, n° 35) est située au mur de la Johann Kluft; sa direction et son inclinaison sont les mêmes que celles de cette dernière fente; son remplissage est également le même.

La *Philip Jacob Kluft* (V. Pl. VI, n° 36), à Gedeonstollen, est située au mur de l'Ochsenkopfer Gang; sa direction est N. 22°; vers le nord elle se divise en deux veines; elle est considérée comme inexploitable.

A la Michaelistollen, au mur du Roxner Gang, on a recoupé deux veines qui lui sont parallèles, la *Ferdinand Kluft* (V. Pl. VI, n° 37) et la *Caroli Kluft* (V. Pl. VI, n° 38). La première plonge vers le sud-est, c'est-à-dire en sens inverse du filon; la seconde, au contraire, plonge comme le filon.

Dans la même région on a recoupé au toit du filon une autre veine à laquelle on a donné le nom de *Neuhoffnungs Gang*; son pendage est le même que celui du filon; son remplissage est formé d'un mélange de calcite et de fer carbonaté; il contient en outre des minerais d'argent; il est percé de géodes dans lesquelles on a trouvé de fort belles améthystes.

A l'ouest de l'Ochsenkopfer Gang, mais à une assez grande distance, on a reconnu les veines suivantes :

La *Lobkowitz Kluft*, dirigée N. 40°, plongeant de 45° au sud-est; son remplissage est quartzeux.

L'*Amalia Kluft*, dirigée N. 29°, plongeant de 50° au sud-est; elle a fourni beaucoup de minerai d'argent, qui s'y trouvait condensé dans une colonne d'une faible étendue; son remplissage est surtout calcaire.

La *Martini Kluft*, parallèle à la précédente; elle a une puissance de près de 2 mètres; son remplissage est également calcaire, il pénètre de part et d'autre dans de petites fentes ouvertes dans le grünstein.

La *Katharina Kluft*, parallèle en direction aux deux précédentes, mais d'un plongement plus voisin de la verticale; sa puissance est de près de 1 mètre, son remplissage est calcaire. Ces trois dernières veines (V. Pl. VI, n° 39) ont été exploitées sur une assez grande étendue en direction, de 400 à 500 mètres, par la *Martini Stollen*.

Dans la vallée d'Hodritsch, au-dessous de l'Unterer Hodritscher Teich, on a exploré une veine désignée sous le nom de *Bärenleitner Gang*; sa direction est N. 45°; son remplissage est formé de quartz presque pur, massif, coloré en rouge et percé de géodes; on y rencontre de la galène,

de la pyrite de cuivre, de la pyrite de fer et quelques branderze argentifères. Non loin de là, près de l'étang supérieur de la vallée d'Hodritsch, se trouve la *Kupfer Kluft*; c'est un puissant gîte de quartz, renfermant de la pyrite de cuivre; elle est peu connue.

Toutes ces veines ne sont plus exploitées aujourd'hui; on fait cependant çà et là quelques travaux de recherche, notamment au Markus und Anna Gang.

*Filons de Moderstollen.* — Les filons exploités à Moderstollen sont au nombre de deux, le *Hauptgang* et le *Gold Gang*.

*Hauptgang.* — Le Hauptgang est connu sur une assez faible longueur en direction; il affleure sur un monticule situé entre Kopanitz et Moderstollen, et dont le sommet fait partie de la ligne de partage des eaux entre le Reichaper Thal et le Kohutower Thal, tributaire de la vallée d'Hodritsch. Il est aujourd'hui le siège d'une exploitation assez importante. Sa direction est sensiblement nord-sud; son pendage, dirigé vers l'est, est variable, il est en moyenne de 40°. Dans la partie sud, le pendage diminue au fur et à mesure qu'on s'avance en profondeur; vers le nord ce pendage est plus fort et diminue moins rapidement en profondeur. La puissance du filon est également variable; elle est d'autant plus considérable que le pendage est plus faible; vers le sud, dans les niveaux inférieurs, elle va jusqu'à 5 et 6 mètres.

Dans la partie sud le filon est accompagné à son toit de plusieurs veines parallèles qui se réunissent avec lui en profondeur. Entre ces veines et le filon principal, se trouvent une série de veines diagonales dont la direction est N. 40 à 50°, et dont la puissance est assez considérable; elles ont été activement exploitées. Elles se prolongent sur une certaine longueur en dehors de l'espace occupé par le filon et les fentes parallèles; généralement leurs points de croisement avec les veines principales sont riches en minerais;

mais ces croisements ne sont jamais accompagnés de rejets ; les veines qui se croisent se rapprochent insensiblement, se confondent sur une certaine étendue et se séparent ensuite.

Dans la partie nord, les veines du toit disparaissent ; le filon présente plusieurs déviations brusques sans cassure apparente ; il est de plus coupé par un grand nombre de fentes argileuses ; il est ainsi formé de tronçons successifs très-courts, conservant la direction primitive du filon, se rattachant l'un à l'autre dans le cas de simple déviation par des parties courbes tantôt étranglées tantôt puissantes, complètement séparés dans l'autre cas. Cette disposition rend l'exploitation de cette partie du gîte très-difficile. Les difficultés sont encore augmentées par l'incertitude où l'on est de l'effet produit par les croiseurs argileux ; la règle de Schmidt est absolument inapplicable ; aussi, toutes les fois que l'on rencontre un croiseur non reconnu aux niveaux supérieurs, pousse-t-on en même temps une galerie de recherche à droite et une à gauche pour retrouver le filon. L'expérience a montré que l'on ne pouvait tirer aucune indication de l'observation des directions et des plongements relatifs du filon et des croiseurs. L'examen de ces croiseurs montre facilement, du reste, qu'il doit en être ainsi : leur puissance est très-faible et dépasse rarement 4 à 5 centimètres, l'argile tout à fait plastique qui les remplit présente *des stries dirigées horizontalement* qui montrent bien que les mouvements qui ont produit le rejet n'ont pas eu lieu suivant la ligne de plus grande pente du croiseur comme cela arrive quand la pesanteur seule agit, et comme le suppose la règle de Schmidt, mais que ces mouvements se sont effectués surtout dans le sens horizontal, sous l'impulsion d'une poussée latérale au terrain brisé. Ceci n'est du reste pas un fait isolé dans le district de Schemnitz ; nous aurons encore dans la suite l'occasion de le signaler à plusieurs reprises. Ces croiseurs sont surtout très-nombreux et très-rappro-

chés dans la partie du filon qui se trouve sous un mamelon de grünstein très-élevé situé au nord de Moderstollen, et dont la masse tout entière est, du reste, hachée de fentes argileuses semblables, dirigées dans tous les sens.

Le remplissage du Hauptgang n'est pas le même en tous ses points : vers le sud il se compose d'un quartz dur, jaunâtre, criblé de petites cavités, qui paraît être une brèche formée de petits morceaux de quartz anguleux empâtés dans une masse également quartzreuse ; ces petites cavités sont remplies de grains de minerais d'argent noirs ; mais le plus souvent ce minerai est comme dissous dans le quartz, qui présente alors une simple coloration d'un noir bleuâtre plus ou moins intense ; aussi la majeure partie du filon ne produit-elle que du minerai à bocarder et fort peu de minerai trié. Cette partie quartzreuse du filon sert pour ainsi dire d'arête au mamelon de grünstein qui sépare Kopanitz et Moderstollen. Vers le nord, l'aspect du remplissage se modifie complètement ; il est toujours bréchiforme ; les fragments empâtés sont petits, très-anguleux et formés de grünstein vert pyriteux ou d'une matière feldspathique rougeâtre ; ils sont agglomérés par une masse feldspathique et calcaire, parfois un peu décomposée, mais dont la proportion est relativement faible par rapport à celle des fragments empâtés. Ce remplissage est criblé de petits cristaux de pyrite aurifère. Les minerais y sont disposés en petites masses agglomérées formées de pyrite cuivreuse aurifère et des différentes espèces noires de l'argent. On n'y a pas signalé de galène ni de blende. Cette partie du filon donne à la fois des minerais triés et des minerais de bocard. L'argent extrait des minerais du Hauptgang est très-aurifère.

Le Hauptgang est exploité par plusieurs galeries situées à des hauteurs différentes, dont la principale, la plus profonde, porte le nom de *Moderstollner Erbstollen*, et vient déboucher au nord de Moderstollen dans le Kohutower Thal. Celles des niveaux supérieurs sont très-anciennes,

elles ont été faites à la pointerolle. En un point des affleurements du filon, vers le sud, on a fait des travaux au jour très-considérables et poussés à une grande profondeur. On peut entrer par la galerie de fond, remonter le filon dans toute sa hauteur (240 mètres environ), et sortir par ces vieux travaux aux affleurements. Les anciens n'y avaient exploité que les parties les plus riches; comme la roche au toit est imprégnée de minerai à une certaine distance et qu'elle peut donner de bons minerais de bocard, on l'exploite encore actuellement par une méthode plus économique que recommandable: on laisse le toit des excavations s'ébouler par le temps, et, lorsqu'un éboulement a eu lieu, les ouvriers viennent trier les parties riches, puis on attend un nouvel éboulement. Ces éboulements sont quelquefois considérables; il y a quelques années, l'un d'entre eux amena un mouvement de terrain tel qu'une galerie supérieure qui peut donner accès dans les vieux travaux et qui sert encore à l'entrée et à la sortie des ouvriers se trouva coupée et complètement barrée par suite du glissement d'une masse énorme du toit du filon.

**Gold Gang.** — Le Gold Gang est dirigé nord-sud, il plonge de 50° à l'ouest en sens inverse du filon précédent. Son remplissage est surtout feldspathique et très-peu quartzeux. Les minerais y sont disposés en petites masses très-circonscrites et irrégulièrement disséminées dans l'étendue du filon. Ils contiennent les espèces noires de l'argent, mélangées de beaucoup de pyrite aurifère. L'argent qu'on en extrait est très-fortement aurifère, il contient jusqu'à 55 p. 100 d'or; c'est ce qui a fait donner à ce filon le nom de Gold Gang. Il n'est plus exploité aujourd'hui, par suite de l'affluence des eaux dans les niveaux inférieurs.

#### FILONS DANS LA SYÉNITE.

Les filons encaissés dans la syénite sont exploités dans

les deux vallées d'Hodritsch et d'Eisenbach. Ils diffèrent sensiblement de ceux qui sont encaissés dans les grünteins; ils sont le plus souvent constitués par une veine unique, presque toujours puissante, remplie de quartz ou de calcite ou d'un mélange de ces deux matières; les minerais qui s'y rencontrent sont exclusivement des minerais d'argent; mais de part et d'autre du filon, la syénite est criblée de petits cristaux de pyrite pauvre comme le grüntein au voisinage des filons de Schemnitz. Cette syénite est tantôt dure et solide, tantôt décomposée; mais les épontes du filon sont presque toujours nettes. Si la syénite a été quelquefois modifiée au contact de la veine par le voisinage de son remplissage pierreux, elle n'est presque jamais imprégnée de minerais d'argent.

Nous étudierons successivement les deux groupes d'Hodritsch et d'Eisenbach.

**FILONS DE LA VALLÉE D'HODRITSCH.** — Les filons connus dans la vallée d'Hodritsch sont les suivants: l'Allerheiligen Gang et ses prolongements, le Josephi Gang, le Nikolai Gang, le Finsterorter Gang, le Brenner Gang, le Katharina Gang, les Johann-Baptista Gang, Johann-Nepomuk Gang et Schöpfer Gang, le Neu-Anton Gang et le Colloredo Gang.

**Allerheiligen Gang.** — L'Allerheiligen Gang n'est pas un filon proprement dit, c'est un gîte de contact: il a pour mur la syénite et pour toit un grüntein assez généralement quartzifère. Il est dirigé parallèlement à la vallée d'Hodritsch; ses affleurements sont sur le versant droit de cette vallée; dans sa partie ouest, il est dirigé N. 65°, il s'infléchit ensuite très-fortement vers le sud pour revenir par un coude brusque dans une direction presque nord-sud; dans sa partie est, sa direction est N. 85°; il suit les inflexions de la surface de la syénite qu'il recouvre. Son pendage, comme celui de cette surface, est dirigé vers le sud; il est de 20° en moyenne.



Ce gîte est formé de plusieurs veines ; l'intervalle des veines extrêmes varie beaucoup ; la masse comprise dans cet intervalle est composée de quartzites et d'aprites. Le remplissage de ces veines est variable ; il est généralement quartzeux, d'apparence quelquefois bréchiforme avec noyaux de grüstein pénétré de quartz et de quartzite empâtés ; quelquefois ce remplissage est feldspathique ; on y rencontre également de la calcite, mais plus rarement. Les minerais contenus dans ce remplissage sont des minerais argentifères et aurifères : la stéphanite, l'argent rouge, la pyrite cuivreuse et les branderze ; ces derniers sont déposés dans les cavités irrégulières d'un quartz opaque et d'aspect carié ; on ne rencontre jamais ni blende ni galène.

Dans les travaux d'exploitation de l'Allerheiligen Gang, on a suivi surtout deux veines principales, l'une au mur, l'autre au toit du filon. La veine du mur est plus continue et plus régulière que celle du toit. De ces veines principales partent un grand nombre de petites veinules qui s'enfoncent dans la syénite au mur et dans le grüstein au toit, ce qui fait que, par places, toute la roche adjacente est minéralisée à une certaine distance des veines ; dans le grüstein ces veinules sont surtout riches en calcite ; au voisinage, le grüstein est profondément altéré ; sa couleur est presque blanche et l'on n'aperçoit plus que la place des piles de mica et des cristaux d'amphibole ; on y distingue beaucoup de grains de quartz hyalin. En plusieurs points, les épontes des veines principales sont d'une netteté admirable : la surface de la roche est polie comme un miroir ; on y distingue des stries indiquant la direction du glissement relatif qui a eu lieu entre le toit et le mur, soit à la suite de la formation de la fente primordiale, soit après le dépôt du remplissage du filon ; il est très-probable que ce mouvement, qui a si bien poli les épontes, a eu lieu avant le remplissage des fentes, car ce dernier ne présente pas de

cassures et ne porte aucune trace des dislocations qui se seraient certainement produites dans sa masse s'il eût existé au moment où ce mouvement s'opérait. La direction des stries de glissement n'est jamais celle de la ligne de pente du filon ; en plusieurs points nous avons vu ces stries faisant avec la ligne de pente un angle voisin de  $40^\circ$ , ce qui montre qu'ici, comme à Moderstollen, les mouvements de terrain ont eu pour causes des forces latérales. En un point du filon, dans des vieux travaux, près d'un chantier à la pointerolle en parfait état de conservation, nous avons rencontré dans la masse même de remplissage d'une des veines principales, vers le toit de cette veine, une fente de puissance variable, de 5 à 20 centimètres environ, remplie d'une masse bréchiforme ayant tout à fait l'aspect d'un *conglomérat de cailloux roulés*. Ces cailloux sont des débris quartzeux de grosseur variable, atteignant parfois celle d'une noix ; ils présentent très-rarement des traces de minerais ; le ciment qui les agglomère est en partie calcaire, il est peu résistant. La présence de ce conglomérat, qui ressemble tout à fait à du béton, au contact même du filon et affectant lui-même la forme d'un filon se poursuivant sur une grande étendue, est assez singulière. Nous pensons que sa formation ne peut être que très-difficilement attribuée à des causes extérieures, quoique le ciment ne présente aucun des caractères d'un dépôt de filon. La région où il se rencontre est en effet à une trop grande profondeur au-dessous des affleurements pour que les eaux extérieures aient pu venir y déposer des cailloux roulés. On ne rencontre, du reste, dans ces cailloux ni fragments de syénite ni morceaux de grüstein, comme cela arriverait certainement s'ils avaient été amenés du dehors.

Outre les veines qui forment le filon proprement dit, on en connaît quelques autres, notamment, dans la région ouest, la *Liegendkluft*, dans la syénite ; cette veine et le filon principal sont arrêtés tous deux à une *Kreuzkluft* dirigée

sensiblement nord-sud et tout à fait stérile. Cette fente est peu connue ; on ne sait si elle croise le filon en le rejetant ou si elle l'arrête ; des travaux faits dans le but de recouper le filon de l'autre côté de cette veine n'ont encore donné aucun résultat. Il y a, du reste, d'autres croiseurs, mais tout aussi mal connus ; ils n'ont été découverts que quand on a repris l'exploitation des vieux travaux en quelques points ; nous en avons vu un, qui consiste en une petite fente argileuse produisant un rejet de quelques décimètres seulement.

On pourrait au premier abord s'étonner du peu de connaissances que l'on a sur un gîte aussi important et qui a donné lieu à une exploitation aussi considérable que l'Allerheiligen Gang ; cela tient à ce que cette exploitation est très-ancienne et qu'on n'a conservé sur elle aucun document précis. Elle a laissé des vides immenses qui montrent que le minerai était rassemblé dans le filon par masses considérables et qu'au voisinage de ces masses la roche encaissante était imprégnée de minerai jusqu'à une grande distance ; quelques-uns de ces vides se sont éboulés en partie, de sorte que les galeries que l'on a dû conserver pour l'exploitation actuelle sont d'une irrégularité dont rien ne peut donner une idée et qui fait que les plans de mines ne donnent que des indications peu nettes sur l'allure exacte du gîte et n'en donnent aucune sur les détails qu'a présentés cette allure aux anciens exploitants. Toute la partie du gîte située au-dessus de la Kaiser Franz Erbstollen est abattue ; depuis longtemps on ne fait plus que rechercher dans les vieux travaux les veines dures que les anciens ont laissées, ou dans les remblais les morceaux de minerai de schéidage ou de minerai de bocard qui peuvent s'y trouver. On espère que la grande richesse que possédait le gîte au-dessus de la Kaiser Franz Erbstollen ne s'arrête pas brusquement et que, lorsqu'on aura recoupé le filon au niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen, l'exploitation donnera de nouveaux bons résultats.

*Rabensteiner Klust.* — A l'est de l'Allerheiligen Gang, dominant la vallée d'Hodritsch et presque tout le pays aux environs, se trouvent les rochers de quartzite du Rabenstein (V. Pl. VI, n° 42). Ces quartzites sont minéralisés par places ; on les trouve imprégnés de pyrite et de minerais argentifères ; ils contiennent fréquemment de l'hématite mamelonnée remplissant de petites cavités.

Ils ont été anciennement le siège d'une exploitation très-importante, comme l'attestent les éboulis considérables formés par les vieilles halles sur le flanc de la vallée et de nombreuses et profondes excavations, en forme de fentes très-étroites, à peine assez larges pour qu'un homme puisse y passer. On ne sait pas de quelle époque date cette exploitation. On n'a aucune donnée sur l'importance du gîte en profondeur ; les principales fentes ouvertes sont parallèles à la vallée ; elles pourraient bien n'être que le prolongement vers l'est de l'Allerheiligen Gang.

*Pauli Gang.* — Le Pauli Gang est situé à l'est du Rabensteiner Fels ; on a réuni sous ce nom un ensemble de veines courant dans les quartzites qui séparent ici les syénites des grünsteins. Cet ensemble forme un gîte dirigé N. 40° et plongeant au sud-est. Les fentes sont généralement larges ; elles hachent le quartzite dans tous les sens et se croisent fréquemment entre elles ; elles se prolongent parfois jusque dans la syénite, qui est pyriteuse et altérée à leur contact. Le remplissage de ces fentes est bréchiforme ; les fragments empâtés sont de la syénite, du quartzite ou du grünstein ; ils sont pris dans une masse de quartz criblée de petites cavités dans lesquelles sont déposés des minerais d'argent, de la galène et de la pyrite cuivreuse avec un peu de blende. L'abatage donnerait très-peu de minerai trié, mais beaucoup de minerai à bocarder.

Le Pauli Gang n'est plus exploité, non par suite de son épuisement, mais parce que le transport du minerai, depuis l'ouverture de la galerie jusqu'au fond de la vallée, dans

les ateliers de préparation mécanique est beaucoup trop dispendieux et coûterait plus que la valeur qu'on en retirerait; la pente est tellement rapide qu'il est impossible d'effectuer ce transport autrement qu'à dos de cheval.

*Josephi Gang.* — Le Josephi Gang affleure au nord des gîtes précédents, près du sommet du massif syénitique qui sépare les deux vallées d'Hodritsch et d'Eisenbach. Il est dirigé sensiblement N. 35°; dans sa partie sud, il s'infléchit vers l'ouest et se divise en deux veines; son pendage est sud-est et varie de 25 à 45°. Il est encaissé dans la syénite et court parallèlement à un filon de grünstein qui affleure au-dessus de lui au sommet même du Rumplocka Vrh.

Le remplissage du Josephi Gang est généralement très-quartzeux; tantôt le quartz est massif, tantôt il forme seulement la pâte d'une brèche dont les fragments sont composés d'une masse syénitique ou feldspathique. On trouve fréquemment le quartz présentant l'empreinte très-nette de gros cristaux rhomboédriques; il a été déposé sur de la calcite et s'est moulé exactement sur les cristaux, qui par la suite ont disparu complètement; ils ont été dissous par des eaux acides qui ont circulé ultérieurement dans le filon. Les faces des cavités rhomboïdales empreintes dans ce quartz sont tapissées de petites paillettes brunes brillantes de fer carbonaté. La salbande du mur est généralement très-argileuse.

Les minerais trouvés dans le Josephi Gang se composent surtout d'espèces de l'argent, stéphanite et argent rouge, accompagnées de galène, de pyrite cuivreuse et de calcite. En général ces minerais n'occupent que la moitié de l'épaisseur du filon, du côté du toit; ils sont disposés en nids ou en géodes dans les parties supérieures du gîte, en veinules dans les parties inférieures. Le filon renferme en outre beaucoup de pyrite.

Le Josephi Gang n'est plus exploité actuellement, pour la même raison que le Pauli Gang.

*Nikolai Gang.* — Le Nikolai Gang n'est plus exploité; il est peu connu. M. V. Lipold l'indique (\*) comme affleurant sur le versant gauche du petit vallon dans lequel se trouve le village d'Hodritsch, avec la direction N. 15° et un pendage à l'est.

*Brenner Gang et Finsterorter Gang.* — Les affleurements du Brenner Gang viennent couper la vallée d'Hodritsch au-dessus du Leopold Schacht. Dans cette région, la direction du filon est N. 15°; plus au nord, il s'infléchit à l'est, prend la direction N. 35° et se rapproche insensiblement du Finsterorter Gang; sur une certaine étendue, les deux filons ne sont séparés que par un massif de syénite de 30 à 50 centimètres d'épaisseur; au delà ils paraissent se séparer, mais le Brenner Gang n'est plus connu. Son pendage est de 65 à 70° à l'est; sa puissance est variable, elle est en général de plus d'un mètre. Il est encaissé dans la syénite; les épontes sont presque toujours nettes et quelquefois polies. A son mur et à son toit, à peu de distance, on trouve deux filons de grünstein qui lui sont sensiblement parallèles.

Le Brenner Gang est accompagné de trois veines au mur et d'une veine au toit; ces veines sont parallèles au filon; elles ont été productives en quelques points, notamment dans la partie sud.

Le remplissage du Brenner Gang est généralement composé d'un mélange de quartz et de calcite manganésifère dans lequel le quartz domine; ce quartz est en général saccharoïde, à cassure rugueuse, criblé de petites cavités; on y voit souvent un dépôt jaunâtre caverneux de calcite lamellaire; quelquefois la masse est hachée par des lames de barytine qui ont disparu; presque toujours elle empâte des blocs considérables de syénite. Ce remplissage pierreux est imprégné de minerais d'argent composés de sulfures noirs simples ou complexes et d'argent rouge; on y

(\*) M. V. Lipold, *loc. cit.*, p. 440.

trouve aussi de la pyrite cuivreuse et aurifère, et rarement de la galène en petites lamelles. Ces minerais sont disposés en masses considérables et très-étendues; généralement la syénite au contact est en partie décomposée. Au voisinage du point où il se rapproche du Finsterorter Gang, le remplissage du Brenner Gang devient très-géodique; ces géodes tapissées de quartz sont souvent de grandes dimensions et sont en partie remplies par des fragments du remplissage même, cimentés par des oxydes de fer et de la pyrite accompagnés fréquemment de branderze. D'autres fois elles sont au contraire remplies d'une substance blanche, pulvérulente, douce au toucher, happant très-fortement à la langue, et composée surtout de silice hydratée soluble dans la potasse à froid. L'analyse d'un échantillon a donné les résultats suivants :

Résidu insoluble dans la potasse.	}	SiO <sub>2</sub> . . . . .	5,66
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7,00
		CaO . . . . .	2,00
		MgO . . . . .	2,00
Silice soluble (par différence).			51,01
Perte au feu . . . . .			34,55
			100,00

Cette silice se rencontre assez fréquemment; sa formation ne peut être attribuée qu'à la précipitation d'eaux très-siliceuses, qui ont circulé dans les géodes après le dépôt du remplissage.

La partie sud du Brenner Gang a donné lieu à une exploitation considérable; presque toute la masse du filon était minéralisée. Il est complètement abattu dans cette région au-dessus de la galerie d'écoulement qui débouche au fond de la vallée; aujourd'hui les travaux portent surtout sur la région voisine du Finsterorter Gang.

Le Finsterorter Gang est dirigé nord-sud, son pendage est de 45 à 50° à l'est; d'après cela son intersection avec le Brenner Gang devrait plonger vers le nord; mais, par suite

d'irrégularités de direction et de pendage dans les deux gites, c'est l'inverse qui a lieu: au point où on l'exploite actuellement, cette intersection plonge au sud. Au delà de cette intersection le filon paraît se ramifier, il n'est plus guère connu.

Le Finsterorter Gang se compose de deux veines parallèles et peu distantes l'une de l'autre, encaissées dans la syénite, avec des éponges nettes et souvent polies, ayant à leur mur, à une faible distance, un filon de grunstein qui leur est parallèle. Ces deux veines se rapprochent parfois l'une de l'autre et se confondent presque; leur puissance varie de 1 à 2 mètres. C'est la veine du mur qui paraît la plus importante; elle est elle-même divisée en deux filets qui se séparent par endroits et se réunissent plus loin; en général, toute la masse de syénite qui sépare les deux veines ou les deux filets de la veine du mur est fendillée dans tous les sens et imprégnée par le remplissage de ces veines. Ce remplissage est le même que celui du Brenner Gang; les minerais y sont disposés par colonnes riches presque verticales plongeant un peu vers le nord. Ces colonnes correspondent presque toujours aux points où les veines se rapprochent le plus l'une de l'autre; la plus importante de ces colonnes est celle qui se trouve au voisinage du Brenner Gang, et la fois dans les deux filons. Comme au Brenner Gang, la roche encaissante est généralement décomposée près des masses de minéral.

La partie sud du filon est complètement abattue; des travaux portent surtout sur la région voisine du Brenner Gang. Les deux filons dont nous venons de parler ont été très-anciennement exploités, les galeries des niveaux supérieurs sont tout entières à la pointe, quelques-unes datent du xv<sup>e</sup> siècle.

*Anton Gang et Katharina Gang.* — L'Anton Gang et le Katharina Gang, connus aussi sous le nom de *Thiergartner Gänge* ne sont plus exploités aujourd'hui. Le premier est

dirigé N. 15° dans sa partie sud ; dans sa partie septentrionale, il s'infléchit un peu en se rapprochant du nord ; son pendage est de 50° à l'est. Le second est dirigé presque nord-sud ; son pendage est de 45° à l'est. Leur puissance est en général de 1 à 1<sup>m</sup>,50 ; par places, elle va jusqu'à 2 mètres, tandis qu'en d'autres endroits elle se réduit presque à rien.

Outre ces deux filons principaux, on connaît deux veines importantes :

La *Katharina Kluft*, dirigée N. 45°, qui plonge à l'est de 60° à 70°, et dont les épontes sont souvent très-bien polies,

Et l'*Erzkluft*, dirigée N. 50°, plongeant de 50° à l'est ; la puissance de ces deux veines varie de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,60.

Il y a aussi d'autres petites veines venant recouper les filons et se confondre avec eux, en donnant généralement naissance à des points riches à leurs intersections.

Le remplissage de toutes ces veines présente les mêmes caractères que celui du Brenner Gang ; l'argent rouge y est cependant en plus forte proportion. C'est l'*Erzkluft* qui a donné les minerais les plus riches.

*Johann-Baptista Gang*, *Johann-Nepomuk Gang* et *Schöpfer Gang*. — Ces trois gîtes affleurent sur le versant gauche d'un vallon tributaire de la vallée d'Hodritsch, nommé Erlein Grund, et parallèlement à ce vallon.

Dans sa partie sud, le Johann-Baptista Gang est dirigé N. 12° ; il se rapproche beaucoup du Johann-Nepomuk Gang ou se confond même avec lui ; il n'a été exploité qu'au voisinage de ce dernier filon, partout ailleurs il a été reconnu trop pauvre ; plus loin il s'écarte de lui et se dirige vers le nord ; il suit probablement les inflexions du Johann-Nepomuk Gang ; il se réunit ensuite avec lui, et c'est la réunion de ces deux gîtes qui porte le nom de Schöpfer Gang.

Le Johann-Nepomuk Gang, en se séparant au sud du

Johann-Baptista Gang, est dirigé N. 64°, puis il s'infléchit vers le nord et se dirige N. 55° pour revenir ensuite à sa direction primitive et prendre au delà la direction N. 8°, qu'il conserve jusqu'à sa jonction au nord avec l'autre filon ; son plongement est un peu variable ; il est de 48° vers l'est dans sa partie sud. Ce filon est un gîte très-puissant, formé généralement de trois veines parallèles comprises dans un espace de 40 mètres environ ; il est encaissé dans la syénite entre deux grands filons de grüstein qu'on trouve au toit et au mur à une certaine distance. La masse qui sépare les différentes veines qui le composent est formée de syénite plus ou moins altérée ou pénétrée de quartz, coupée de veines quartzieuses qui paraissent la diviser en gros blocs. Généralement l'éponte du toit des veines du filon est très-bien polie et présente des stries de glissement très-apparences ; nous avons constaté qu'en plusieurs points ces stries sont dirigées suivant la ligne de pente.

Le remplissage des veines est formé de quartz et de calcite ; dans la partie sud, c'est le quartz qui domine ; vers le nord, la calcite devient de plus en plus abondante, elle forme presque toute la masse vers le point de jonction avec le Johann-Baptista Gang. Outre ces deux éléments, on rencontre encore du carbonate et du silicate de manganèse d'une très-belle couleur rose, tantôt à l'état de mélange intime colorant la masse, tantôt séparés en veinules plus ou moins contournées et cristallisés dans ces veinules en baguettes radiées. Enfin la masse est souvent rendue bréchiforme par des fragments de syénite empâtés. On rencontre fréquemment des veines quartzieuses plus ou moins épaisses, plus ou moins contournées et irrégulières, formées d'une masse d'un jaune grisâtre ayant la cassure terne d'un pétrosilex et criblées de petits grains ou de paillettes de minéral. Parfois ces veines deviennent assez régulières et forment dans le filon des bandes, colorées en gris noirâtre, de quartz compacte désigné sous le nom de *hornstein*. Ces

bandes alternent avec d'autres, formées de calcite seule ou d'une brèche de calcite et de syénite; cette brèche est généralement verdâtre. Les minerais qui se rencontrent dans ce remplissage sont des minerais d'argent noirs, principalement de la polybasite; ils sont accompagnés de pyrite; cette dernière imprègne presque toujours la syénite au voisinage du filon. On y trouve aussi de la galène en petites lamelles. Au nord, quand on se rapproche du point de jonction, le remplissage devient de plus en plus calcaire; le quartz disparaît presque complètement dans la partie sud du Schöpfer Gang. Le minerai paraît disposé en colonnes riches parallèles à la ligne de pente.

Au sud, la veine du toit s'écarte de plus en plus du filon en profondeur: son plongement n'est plus que de 20° dans les niveaux inférieurs; elle reçoit alors le nom de *Flache Hangendkluft*; elle conserve son allure jusqu'à la première inflexion du filon; là elle est rencontrée sans rejet par une veine nommée *Steile Erzkluft*, dirigée N. 172° (N. 8° O.), et plongeant de 60° à l'est; elle paraît ne pas se prolonger beaucoup au delà. Cette *Steile Erzkluft* se rapproche du filon principal; c'est au point où elle l'atteint que ce dernier change de direction; elle est puissante et a donné lieu à des travaux importants. On connaît en outre une *Querkluft*, dirigée N. 59° et plongeant de 48° à l'est; cette veine est mince et n'a été exploitée qu'en quelques points; elle rencontre la *Flache Hangendkluft* et la *Steile Erzkluft*. Ces trois fentes constituent les trois faces d'une pyramide triangulaire dont le sommet correspond à un point qui était d'une richesse exceptionnelle en minerai; c'est, du reste, la règle générale dans le district de Schemnitz: les points d'intersection des veines sont presque toujours des points riches. Le remplissage des veines dont nous venons de parler est le même que celui du filon. Elles forment avec lui le groupe de mines connu sous le nom de *Johannstollen*. Toute la partie sud est abattue jusqu'au niveau de la

Kaiser Josephi II Erbstollen; les travaux actuels s'exécutent principalement vers le nord.

Le Schöpfer Gang, qui résulte de la jonction des trois veines du Johann-Nepomuk Gang avec le Johann-Baptista Gang, est dirigé N. 21°; il plonge de 53° à l'est; sa puissance est considérable, elle varie de 6 à 12 mètres. Les épontes sont toujours très-nettes. La syénite qui forme le toit est généralement coupée de veines quartzzeuses jusqu'à une certaine distance. Dans la partie sud, le remplissage est presque exclusivement calcaire; la calcite y est très-blanche, quelquefois un peu rosée, cristalline, à facettes de grandes dimensions; elle empâte parfois des noyaux de quartz imprégné de minerai ou de calcite à petites lamelles, de couleur grisâtre et également mêlée de minerai; quand elle est à grandes lamelles, elle est pauvre. Elle est souvent comme imprégnée de quartz, qui apparaît parfois en petites géodes; quand on la traite par un acide, elle laisse alors comme résidu une carcasse de quartz très-poreux, présentant par places une structure hachée; dans certaines parties du filon, on trouve ces carcasses, toutes formées, elles proviennent évidemment de la dissolution par des eaux acides de la calcite qui en remplissait les cavités; le minerai est resté avec le quartz. Vers le nord, le remplissage devient de plus en plus quartzzeux, la calcite finit par disparaître complètement; mais on reconnaît facilement à l'aspect carié du quartz, qui par places est même haché, que toutes les cavités qu'il présente étaient primitivement remplies de calcite qui a été dissoute ensuite. C'était néanmoins le quartz qui dominait dans le remplissage primitif, comme le montre bien l'aspect que présente actuellement la masse du filon. Ce remplissage empâte dans sa masse des blocs de syénite stérile. Les minerais du Schöpfer Gang sont des minerais d'argent noirs accompagnés d'un peu de pyrite cuivreuse; ils sont disposés en colonnes riches plongeant légèrement vers le sud; on n'a pas ob-

servé de différence notable de richesse entre les parties quartzeuses et les parties calcaires.

Le filon est rencontré sans rejet par une veine étroite et presque stérile nommée *Morgen Gang* (V. Pl. VI, n° 43), dirigée à peu près est-ouest et plongeant de 74° vers le sud; cette veine n'est connue qu'à l'est du filon; au point d'intersection naît une autre veine dirigée nord-nord-est entre le filon et le *Morgen Gang*; elle est exclusivement argileuse et tout à fait stérile. A son extrémité nord, le filon se partage en deux veines; celle du mur s'infléchit vers l'ouest et reste riche, tandis que l'autre, qui conserve sa direction, renferme peu de minerais.

L'exploitation du *Schöpfer Gang* est très-active et très-productive; les minerais y sont très-riches, leur teneur en argent peut être amenée par simple triage à près de 8 p. 100. On abat toute l'épaisseur du filon; pour soutenir le toit, on construit avec les blocs stériles de grands piliers en maçonnerie sèche de 8 à 10 mètres de côté, séparés par des intervalles de 60 à 100 mètres; le toit est très-solide et se maintient très-bien ainsi sans boisage ni remblai.

A l'est du *Schöpfer Gang*, on a exploité dans les niveaux supérieurs un autre filon, nommé *Stefani Gang*, dirigé comme lui N. 21°, s'infléchissant à l'est au point où il serait coupé par le *Morgen Gang* prolongé, pour reprendre ensuite sa direction primitive; il plonge de 85° à l'est; il est probable alors qu'il rencontre le *Schöpfer Gang* en profondeur, car celui-ci est beaucoup moins incliné sur l'horizon.

*Neu Anton Gang*. — Le *Neu Anton Gang* affleure sur la rive gauche de la vallée d'Hodritsch. Il est dirigé sensiblement nord-sud; il plonge à l'est de 40 à 45°; en profondeur son plongement augmente et atteint 60°. A son affleurement, il paraît divisé en deux veines séparées par un massif de syénite de 5 à 6 mètres de puissance; ces deux veines se prolongent parallèlement en profondeur; leur puissance atteint parfois 2 mètres. C'est la syénite qui constitue le

mur du filon, mais le grüstein apparaît au toit, et forme dans la syénite un filon de 16 mètres environ de puissance; vers le sud, ce filon de grüstein en quittant la syénite pénètre dans une masse de calcaire; en ce point, les deux veines du *Neu Anton Gang* paraissent, d'après M. V. Lipold (\*), se séparer complètement; la veine du toit suit le filon de grüstein à travers ces calcaires, tandis que la veine du mur pénètre entre les calcaires et la syénite et forme là un véritable gîte de contact. Cette partie du filon n'est connue que par quelques travaux de reconnaissance; il a été trouvé tout à fait inexploitable à partir du point où il s'approche des calcaires. C'est dans ces travaux de reconnaissance que l'Ignaz Stollen a recoupé dans le calcaire un gîte de serpentine d'un beau vert jaunâtre, dont nous avons parlé plus haut.

Le remplissage des veines du *Neu Anton Gang* est formé d'un mélange de quartz et de calcite dans lequel la calcite est de beaucoup l'élément dominant. Il est analogue à celui du *Johann-Nepomuk Gang* et du *Schöpfer Gang* dans leurs parties calcaires; il en diffère cependant en ce sens qu'il est plus rarement bréchiforme; il est presque toujours composé de bandes régulières parallèles aux épontes, qui se distinguent par la couleur de la calcite ou par la grandeur de ses facettes; les minerais forment des lignes noires entre ces bandes; la syénite empâtée est toujours en petits fragments.

En général, le remplissage est séparé du toit par une salbande argileuse; au mur, au contraire, il se soude pour ainsi dire à la syénite au moyen des nombreuses veinules qui traversent cette roche et viennent se réunir au filon; le massif qui sépare les deux veines est presque toujours haché de veinules semblables. Dans les niveaux supérieurs, la syénite était un peu décomposée au voisinage du filon;

(\*) M. V. Lipold, *loc. cit.*, p. 446.

elle paraît devenir plus dure en profondeur. Les minerais sont les mêmes que ceux du Schöpfer Gang.

A l'est du Neu Anton Gang, on connaît un filon étroit et stérile auquel on a donné le nom d'*Anna Gang*; il vient couper le premier dans sa partie nord sous un angle très-aigu. M. V. Lipold le considère comme le prolongement du Johann-Baptista Gang et comme étant parallèle au Neu Anton Gang. Nous n'adopterons pas cette manière de voir; c'est plutôt une fente latérale qui se détache au toit du filon principal. L'*Anna Gang* a été recoupé vers le sud par les travaux de l'*Ignaz Stollen*; il a été reconnu stérile et inexploitable.

Le Neu Anton Gang est presque complètement exploité dans la partie située au-dessus du niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen.

*Colloredo Gang.* — Le Colloredo Gang a été découvert à la fin du siècle dernier seulement, au moment où il a été recoupé par la Kaiser Josephi II Erbstollen. Il affleure sur la rive droite de la vallée; il est dirigé N. 15° vers le nord il s'infléchit à l'est; il plonge à l'est de 40° environ dans sa partie sud; au point où il s'infléchit, il devient beaucoup plus roide et son plongement atteint 70°; généralement, ce plongement augmente en profondeur. Sa puissance est variable de 0<sup>m</sup>,60 à 4 mètres; c'est au point où il s'infléchit qu'il est le plus mince, surtout dans les niveaux inférieurs.

Il est encaissé dans la syénite; au mur il est suivi parallèlement par un filon de grüstein situé à une petite distance. La syénite est toujours imprégnée de pyrite; tantôt elle est très-solide et rendue tout à fait compacte par du quartz qui l'imprègne; tantôt elle est décomposée, presque kaolinisée, et tombe en sable sous le marteau. Les épontes sont toujours très-nettes, souvent polies; ainsi, vers le sud, on peut voir dans les vieux travaux des étendues considérables de l'éponte du mur présentant un poli tout à fait miroitant; on distingue des stries de glissement faisant avec l'horizontale un angle de 10° environ.

Plus au nord, au delà de la courbe, le filon présente un accident remarquable; en un point, il disparaît presque complètement et se réduit à un simple joint, tout à fait semblable à ceux que l'on trouve constamment dans la syénite. Les premiers travaux faits pour le retrouver ont été infructueux; on a beaucoup discuté sur la question de savoir s'il y avait un rejet produit par un croiseur inconnu ou si le filon s'arrêtait là. Dans ces derniers temps, des travaux plus complets ont élucidé la question: le filon se bifurque en deux veines dont l'une conserve sa direction, tandis que l'autre se dévie brusquement vers le mur et, à quelques mètres de distance seulement, reprend sa direction primitive; la première reste toujours un simple joint et se perd non loin du point de division; la seconde reste étroite sur une faible longueur et redevient puissante aussitôt qu'elle reprend sa direction primitive; c'est elle qui constitue le filon principal; ce dernier s'est dévié brusquement en détachant une simple fente à son toit, laquelle a continué à suivre sa direction, et dans toute la partie déviée il s'est réduit lui-même à une fente. Nous avons pu vérifier ce fait à deux étages successifs. Dans la partie déviée, les épontes de la fente sont d'un noir brillant, très-polies et tout à fait miroitantes; elles présentent des stries de glissement tout à fait horizontales; entre elles on trouve un peu d'argile qui paraît résulter du broiement de la syénite au moment du glissement. Pendant ce glissement, la pression était telle que cette syénite s'est pour ainsi dire comprimée sur une épaisseur de quelques centimètres: elle présente en effet au voisinage de la surface polie l'aspect d'un pétrosilex; en s'en éloignant peu à peu, on voit les éléments de la roche reparaitre d'abord confus, puis distincts à une distance de 10 à 20 centimètres. Cette syénite est très-compacte et pénétrée de quartz; il en était probablement déjà ainsi au moment où s'est effectué le mouvement dont nous parlons. Ce mouvement



a eu lieu nécessairement dans le sens horizontal, sous l'action de forces latérales dont la direction devait se rapprocher de celle du filon ; il faut en effet qu'il en ait été ainsi pour que la partie déviée seule soit complètement étranglée et présente dans le voisinage des traces de frottement énergétique.

Le remplissage du Colloredo Gang est variable ; vers le sud, il est surtout calcaire et analogue à celui du Neu Anton Gang ; au nord, il devient rapidement quartzeux et présente un aspect tout particulier : il est généralement formé de sable blanc quartzeux, disposé en bandes parallèles aux épontes ; ce sable est à grains lamelleux et contient beaucoup de petits fragments de quartz blanc très-caverneux, d'aspect haché. Il provient évidemment de la désagrégation de carcasses quartzieuses résultant de l'attaque par des eaux très-acides d'un mélange intime de quartz et de calcite dans lequel la calcite était l'élément prédominant ; nous avons reproduit des carcasses de quartz tout à fait identiques en traitant des fragments d'un tel mélange par de l'eau acidulée ; ces carcasses, qu'on trouve souvent intactes dans le Colloredo Gang, sont d'une grande légèreté ; leurs parois sont parfois hérissées d'assez gros cristaux de quartz hyalin. Entre les bandes sableuses se trouvent des bandes parallèles plus solides, qui sont formées également de quartz haché, adhérent à du quartz presque compacte formant le noyau, l'arête solide de la bande. Ce quartz compacte est souvent cristallin, percé de géodes et coloré en violet plus ou moins foncé ; en quelques points on trouve de petites améthystes. Quelquefois les hachures du quartz sont à grandes facettes, planes et profondes ; d'autres fois elles sont courbes et plus petites ; il est probable que ces dernières sont produites par la disparition de lamelles courbes de calcite plus ou moins dolomitique ou ferrugineuse. Dans tous les cas, ces hachures ont dû être produites par des lamelles de cal-

cite, car on ne trouve pas de barytine dans les filons d'Hodritsch.

Toute cette masse sableuse ou quartzieuse est semée de petits grains d'un noir mat de minerai d'argent ; parfois aussi le minerai d'argent colore en noir des bandes de quartz compacte qui forment, pour ainsi dire, des veinules dans le filon ; ces minerais sont accompagnés de pyrite cuivreuse. Ils sont disposés dans le filon en deux colonnes riches partant des niveaux supérieurs au point où le filon s'infléchit à l'est et plongeant l'une au nord, l'autre au sud ; plus loin vers le nord, au point où le filon présente l'accident dont nous avons parlé plus haut, le minerai disparaît ; au sud, il en est de même au point où le remplissage devient calcaire ; une galerie de reconnaissance poussée sur une certaine longueur vers la rive gauche de la vallée, au niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen, a trouvé le filon calcaire et pauvre.

Le Colloredo Gang est accompagné à son toit de nombreuses veines parallèles, dont quelques-unes ont donné un peu de minerai.

Les colonnes riches sont entièrement abattues au-dessus du niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen et même au-dessous en beaucoup de points ; l'extraction se fait par le Rudolf Schacht.

A l'ouest du Colloredo Gang, on connaît encore une veine, nommée *Mariahimmelfahrt Kluft*, recoupée également et explorée au niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen ; elle est dirigée N. 35° et plonge doucement à l'ouest ; elle a été reconnue inexploitable.

Les filons d'Hodritsch que nous venons de passer en revue sont connus sur une bien moins grande étendue que ceux de Schemnitz et généralement au nord de la vallée seulement ; le Neu Anton Gang fait seule exception. Sous la vallée même, ils sont généralement stériles et l'on croit

qu'il en est de même au sud pour la plupart; la Kaiser Josephi II Erbstollen qui les a recoupés très-près du fond de la vallée les a trouvés stériles.

Ceux qui sont situés à l'ouest du Leopold Schacht sont exploités jusqu'au niveau de cette galerie; ceux de l'est n'ont pu l'être encore, car il n'y a que peu de temps que le tronçon qui va du Leopold Schacht au Lill Schacht est complètement terminé; actuellement on pousse des galeries qui doivent aller recouper, l'une le Brenner Gang et le Finsterorter Gang, l'autre l'Allerheiligen Gang; mais ces gîtes ne sont pas encore atteints.

FILONS DE LA VALLÉE D'EISENBACH. — Les filons connus dans la vallée d'Eisenbach sont les suivants: le Hofer Gang, les Windischleitner Gänge, le Johann-Baptista Gang, le Neu Hoffnungs Gang, l'Alt Anton Gang, l'Elisabeth Gang et le Dreikönig Gang.

*Hofer Gang.* — Le Hofer Gang affleure sur la rive gauche de la vallée; dans sa partie nord, il est encaissé dans la syénite à grain fin; vers le sud il est probablement au contact de la syénite et du grunstein; la Kaiser Josephi II Erbstollen a traversé au contact de ces deux roches, en amont du Zipser Schacht, un filon quartzeux qui pourrait bien être à la fois son prolongement et celui de l'Allerheiligen Gang. Au nord, sa direction est N. 5°, il plonge à l'est; on connaît à son toit une veine désignée sous le nom de *Georg Kluft* (V. Pl. VI, n° 44), dirigée N. 45° et plongeant au sud-est.

Le Hofer Gang a donné lieu à l'importante exploitation de Schüttersberg, complètement abandonnée depuis longtemps par suite de l'abondance des eaux; toute la partie située au-dessus de la galerie d'écoulement dite *Hofer Erbstollen* est abattue et a fourni une grande quantité de minerais riches.

*Windischleitner Gänge.* — Les Windischleitner Gänge

affleurent au nord de la vallée; ils sont dirigés N. 35° et plongent à l'est; ils sont actuellement l'objet de travaux de recherches; ils sont encaissés dans les granites et les gneiss.

*Johann-Baptista Gang et Neu Hoffnungs Gang.* — Le Johann-Baptista Gang et le Neu Hoffnungs Gang (V. Pl. VI, n° 45), situés au sud de la vallée, sont dirigés N. 30° et plongent à l'est; ils sont encaissés dans la syénite au sud et dans les schistes anciens au nord, au voisinage de filons de grunstein placés à leur mur et courant dans une direction parallèle. Leur exploitation est suspendue depuis longtemps.

*Alt Anton Gang.* — L'Alt Anton Gang est dirigé N. 10°; il plonge à l'ouest; il est encaissé en grande partie dans les schistes anciens; en un point il coupe la syénite à grain fin. Sa puissance est très-variable; elle est toujours considérable; son remplissage est formé d'un mélange de quartz et de calcite; tantôt c'est le quartz qui domine, tantôt c'est la calcite. Ce remplissage est imprégné de minerais d'argent noirs et de pyrite cuivreuse. Le filon est recoupé au nord par une fente nommée la *Schmund Kluft*, qui est située à son mur et plonge à l'est, et au delà de laquelle il est peu connu.

Au mur de l'Anton Gang se trouve encore une autre fente, la *Johanni Kluft*, dirigée sensiblement comme lui, mais plongeant à l'est; c'est un gîte tout à fait distinct qui se trouve au contact des gneiss et des schistes anciens: il a les schistes au toit et les gneiss au mur. Sa puissance est très-variable; son remplissage est très-quartzeux; la masse est généralement compacte, d'aspect bréchiforme; les fragments empâtés sont très-petits, et formés de quartz compacte déjà imprégné de minerai; le ciment, de couleur blanc jaunâtre ou verdâtre, paraît contenir de la calcite plus ou moins manganésifère; au milieu de la masse sont disséminés des petits grains de minerai d'argent et de pyrite cuivreuse. Généralement le minerai se trouve vers le toit,

au contact des schistes; il est quelquefois disposé en nodules très-riches ayant à leur centre un noyau de schiste plus ou moins pyriteux et pénétré de quartz; ailleurs la masse se sépare en fragments ocreux et les branderze apparaissent. La *Johanni Kluft* est coupée par une série de veines qui ont un plongement inverse et qui traversent les gneiss et les schistes; ces veines sont quelquefois minéralisées et donnent lieu à de petits abatages.

Dans sa partie sud, l'Alt Anton Gang est accompagné à son mur par un très-grand nombre de veines tantôt riches, tantôt pauvres, encaissées dans la syénite à grain fin ou dans les schistes; trois de ces veines ont donné lieu à des travaux assez importants.

Au toit de l'Alt Anton Gang, dans la région sud, on trouve une grande quantité de veines dont les plus importantes sont la *Gemeinschaftliche Kluft* et la *Morgen Kluft*; la première est dirigée N. 50° et la seconde N. 75°; elles plongent toutes deux vers le sud-est; c'est dans l'intervalle triangulaire compris entre ces deux veines et le filon que se trouvent toutes ces veines secondaires, plongeant les unes au sud-est, les autres au nord-ouest, se détachant du filon en différentes places et allant sensiblement converger au même point. Ce faisceau de veines court à travers la syénite à grain fin, les schistes et les aplites; elles ne sont minéralisées que dans la syénite; dans les schistes, elles ont parfois une certaine puissance, mais elles sont toujours stériles; dans les aplites, elles sont constamment réduites à de simples fentes. Plusieurs de ces veines ont donné lieu à des travaux très-fructueux.

Au sud de la *Morgen Kluft*, l'Alt Anton Gang est interrompu.

*Elisabeth Gang.* — L'Elisabeth Gang prend, pour ainsi dire, naissance au point où viennent converger la *Gemeinschaftliche Kluft*, la *Morgen Kluft* et toutes les veines du faisceau qu'elles limitent; il s'étend au sud de ce point; au nord,

il forme simplement une fente qui se perd rapidement. Il est dirigé N. 20° et plonge à l'est de 65 à 70°. Il est encaissé au nord dans la syénite à grain fin, au sud dans la masse de syénite à gros grain d'Hodritsch. On trouve à son mur, à quelque distance, un puissant filon de grüstein. Sa puissance est considérable; elle atteint par places jusqu'à 16 et 20 mètres, par exemple au nord, au point de concours des veines qui le relie à l'Alt Anton Gang.

Le remplissage est en général bréchiforme et analogue d'aspect à celui de la *Johanni Kluft*; les morceaux de quartz empâtés sont un peu plus gros; ils sont toujours accompagnés de fragments de syénite très-fortement pénétrée de quartz. Le ciment est généralement coloré en noir grisâtre par une imprégnation très-fine de minerai; dans la masse on aperçoit souvent des veinules plus ou moins contournées dans lesquelles la coloration est beaucoup plus foncée. Dans les parties puissantes, on trouve des lentilles de syénite divisant, pour ainsi dire, le filon en plusieurs veines; mais ces lentilles sont limitées en profondeur comme en direction et le filon est réellement unique. Au voisinage des parties riches, la syénite est généralement altérée et tendre; il en est de même dans les lentilles dont nous venons de parler; elle est souvent aussi imprégnée de pyrite.

Les minerais contenus dans cette masse se composent principalement de minerais d'argent noirs accompagnés d'un peu de pyrite cuivreuse et rarement d'argent rouge; tantôt ils sont disséminés en grains invisibles et donnent simplement une coloration à la masse; tantôt ils sont rassemblés en veinules plus distinctes ou déposés à la surface des fragments de syénite empâtés dans le remplissage. En quelques points, le remplissage est, pour ainsi dire, séparé en masses quartzzeuses minéralisées, cavernieuses à l'extérieur et couvertes d'un enduit rugueux de calcite ferrugineuse et manganésifère cristallisée en toutes petites lamelles brillantes et nacrées; ce minerai apparaît souvent,

du reste, sous la même forme, dans de petites cavités que présente la masse du filon. Généralement, les parties riches en calcite donnent peu de minerai de schéidage, mais simplement du minerai à bocarder. Les minerais sont disposés dans le filon en colonnes riches qui correspondent d'ordinaire aux points où la puissance est considérable; mais ces colonnes ne suivent aucune loi, elles plongent tantôt au nord, tantôt au sud, et sous des angles variables.

D'après ce qui précède, on voit que l'Alt Anton Gang se divise au sud en un grand nombre de veines qui se réunissent de nouveau pour former l'Elisabeth Gang, comme si la fente qui a donné lieu à la formation de ces filons n'avait pu continuer sa route directement et avait été forcée de changer de direction pour vaincre un obstacle qui s'opposait à son passage. S'il en était réellement ainsi, cet obstacle serait la masse d'aplite et de syénite à grain fin qui forme la haute montagne du Hirschenstein; c'est en effet au-dessous de cette montagne que se trouve le faisceau de fentes dont nous avons parlé plus haut.

L'Alt Anton Gang et l'Elisabeth Gang sont exploités dans les niveaux supérieurs par l'Alt Anton Stollen et l'Elisabeth Stollen, et en profondeur par la galerie de fond et le Dreifaltigkeit Schacht. Cette galerie de fond, nommée *Kreuz-Erfindungs Erbstollen*, vient déboucher dans la vallée au milieu du hameau de Peszerin; c'est elle qui assèche les mines. On la prolonge au toit de la Johanni Kluft, afin d'aller recouper le Neu Hoffnungs Gang, le Johann-Baptista Gang et le Hofer Gang; cette galerie traverse une série de formations anciennes et de filons de grunstein. A partir du toit de la Johanni Kluft, elle a déjà recoupé successivement les schistes anciens, les quartzites blancs, les aprites et la syénite à grain fin; dans les schistes et les quartzites, elle a traversé trois filons de grunstein plus ou moins quartzifère. Elle n'atteindra le Hofer Gang que dans un avenir assez éloigné.

A l'ouest de l'Elisabeth Gang, on connaît deux veines, la *Heiliger-Geist Kluft* (V. Pl. VI, n° 46) et la *Pauli Kluft* (V. Pl. VI, n° 47), dirigées, la première N. 9°, la seconde N. 17°, et plongeant à l'ouest; ces veines ne sont plus exploitées.

*Dreikönig Gang.* — Le Dreikönig Gang affleure assez loin de la vallée d'Eisenbach, sur la rive gauche d'un vallon latéral nommé Czuborna Thal, qui vient déboucher dans la vallée principale un peu au-dessous de l'hôtel des bains. Ce filon est dirigé nord-sud et plonge à l'ouest. Il est encaissé dans les schistes anciens et les quartzites blancs. Il contient des minerais d'argent très-aurifères, d'une teneur analogue à ceux de Moderstollen et de Dillen. Il a donné lieu à une exploitation d'une certaine importance suspendue aujourd'hui.

**Remarques générales.** — Après avoir étudié en détail chacun des filons, si nous comparons les faits qui les distinguent individuellement, nous pouvons arriver à déterminer pour l'ensemble du district les grands traits qui le caractérisent et qui se rapportent à la direction et au plongement, aux remplissages et à la nature de la roche encaissante, enfin à l'allure générale des gîtes et des fentes qui sont en rapport avec eux.

*Direction et plongement.* — La presque totalité des veines métallifères du district de Schemnitz sont dirigées dans le quadrant nord-est; il en est de même des filons de grunstein qui traversent le massif de syénite et de roches anciennes d'Hodritsch et d'Eisenbach. En jetant un coup d'œil sur la carte, Pl. VI, nous voyons que les grands filons de Schemnitz, partant du réseau compliqué de fentes qu'on trouve à Siglisberg et à Windschacht, se dirigent vers le nord-est en s'écartant un peu l'un de l'autre; leur ensemble présente une disposition légèrement en éventail. Le Spiraler Gang et le Biber Gang constituent, pour ainsi dire, par leur position et

leur importance en étendue, l'axe de tout le groupe; la direction moyenne de ces deux filons est sensiblement N. 35° et l'on trouve dans leur parcours de grandes étendues rectilignes qui ont précisément cette direction. On peut conclure de ce fait que le mouvement qui a produit les fentes qui sont devenues les filons de Schemnitz était dirigé sensiblement N. 35°. Or le *système des Alpes occidentales*, transporté à Schemnitz, aurait la direction N. 37°, différente d'environ 10° des directions de systèmes les plus voisines. On peut donc rapporter les grands filons de Schemnitz au système des Alpes occidentales, ce qui leur assignerait comme âge la fin du miocène supérieur; nous verrons plus loin que des considérations d'un ordre tout différent conduisent à leur attribuer le même âge.

Les filons encaissés dans la syénite et les roches anciennes sont parallèles aux nombreux filons de grünstein qui traversent ces formations; ces derniers sont très-nombreux et sensiblement parallèles; leur direction moyenne est N. 15° à 20°. Or le *système du Vercors*, transporté à Schemnitz, aurait la direction N. 17°, différant de 7° d'un côté et de 11° de l'autre des systèmes les plus voisins en direction. Les filons de grünstein et les fentes dans lesquelles se sont formés les filons métallifères d'Hodritsch et d'Eisenbach peuvent donc être rapportés au système du Vercors, ce qui leur assignerait comme âge la fin du miocène inférieur. Nous avons vu dans la première partie que la venue des grünsteins peut précisément être rapportée à cette même époque géologique.

Le pendage des filons dans le district de Schemnitz est presque toujours dirigé vers l'est; il est souvent assez faible; d'ordinaire il est compris entre 40° et 70°; il atteint rarement 80°.

Ce que nous venons de dire ne s'applique pas à l'Allerheiligen Gang et à ses prolongements: c'est un gîte de contact, qui suit en direction comme en inclinaison toutes les

variations de la surface de séparation de la syénite et du grünstein.

*Remplissages.* — Les remplissages pierreux et métallifères des filons du district de Schemnitz peuvent être rapportés à deux types principaux, caractérisés surtout par la nature argentifère ou plombeuse des minerais qu'ils renferment. Les remplissages argentifères contiennent toujours un mélange de quartz et de calcite plus ou moins manganésifère; dans presque toutes les veines encaissées dans les grünsteins, c'est le quartz qui domine de beaucoup dans le mélange, mais sans que pour cela on puisse supposer que la calcite ait existé primitivement et se soit ensuite dissoute dans des eaux acides; au contraire, dans la majorité des filons encaissés dans les syénites et les roches anciennes, la proportion de calcite devient beaucoup plus considérable et ce minéral forme la partie dominante du mélange; dans certaines régions de ces filons, on ne trouve, il est vrai, que du quartz, mais à son aspect carié et cloisonné on ne peut douter que la calcite ait existé primitivement et se soit ensuite dissoute dans des eaux acides. Au contact du remplissage argentifère, les grünsteins sont toujours fortement altérés, quelquefois complètement kaolinisés et transformés en argile; ils sont criblés de pyrite jaune non décomposée; les syénites également sont souvent altérées au voisinage des points riches en argent, mais le fait n'est pas aussi général que pour les grünsteins; elles sont toujours pyriteuses.

Les remplissages plombeux sont en général bréchiformes; ils contiennent de la galène à très-grandes facettes, assez argentifère, du cuivre pyriteux non argentifère, mais un peu aurifère, de la blende pauvre en métaux précieux et du sinople aurifère. Ces minéraux sont accompagnés d'une gangue exclusivement quartzreuse, dans laquelle on ne trouve jamais de calcite. Au contact du remplissage plombeux, que l'on ne trouve que dans les filons encaissés dans

les grünstains, la roche est généralement dure et ne présente pas d'altération ; elle est toujours pyriteuse.

Dans les filons de Schemnitz, le remplissage passe peu à peu de la nature argentifère à la nature plombeuse ; les variétés qui forment les points de passage sont toujours très-pauvres en calcite et très-riches en quartz ; tantôt la roche au contact est altérée, tantôt elle est restée très-dure. La zone de séparation entre les deux remplissages dans un même filon plonge vers le sud ; c'est la partie sud qui est argentifère, tandis que la partie nord est plombeuse. Dans cette zone, les deux remplissages sont tout à fait mêlés.

L'argent extrait des minerais est plus ou moins aurifère ; on peut remarquer, avec M. Wiesner, que la teneur en or est maxima aux trois points les plus voisins des trachytes, à Dillen, à Moderstollen, et au Dreikönig Gang à Eisenbach.

*Allure.* — Comme nous l'avons vu précédemment, les filons encaissés dans les grünstains sont formés de plusieurs veines qui s'entre-croisent en direction comme en profondeur. Dans la syénite, le nombre des veines est généralement moindre et chacune d'elles prend plus d'importance. Mais c'est toujours aux points où ces veines se rencontrent en plus grand nombre que le minerai, argentifère ou plombeux, est accumulé en plus grande proportion.

On ne connaît pas, dans tout le district de Schemnitz, un croiseur proprement dit minéralisé. Chaque filon est coupé par un grand nombre de veines qui viennent se souder avec lui et le traversent rarement ; dans ce dernier cas, elles se traînent avec lui sur une longueur toujours appréciable ; il n'y a jamais de rejet. Les points où les veines transversales viennent se réunir au filon sont généralement des points riches. Ce caractère de richesse plus grande aux points d'intersection des veines est tout à fait dominant, il est constant dans tout le district.

On connaît un petit nombre de fentes croisant réelle-

ment les veines métallifères et les rejetant ; nous en avons signalé au Stefan Gang à Schemnitz, à l'Allerheiligen Gang à Hodritsch et au Hauptgang à Moderstollen. Ces fentes sont argileuses ou ne contiennent rien, ni minerai, ni remplissage stérile ; elles sont très-peu fréquentes ; le terrain n'a subi que de faibles dislocations depuis la formation et le remplissage des filons. Ces dislocations, de même que celles qui ont produit les filons ou suivi la formation de la fente primitive, ont été dans plusieurs cas causées par des forces latérales, puisque les mouvements de terrain qu'elles ont amenés ont eu lieu parfois horizontalement, souvent suivant une direction faisant un angle très-grand avec la ligne de pente de la brisure, et rarement suivant cette ligne de pente. C'est surtout à Hodritsch et à Moderstollen qu'on peut le constater ; on peut du reste très-facilement concevoir la production de ces forces latérales au moment où les éruptions de trachytes et de rhyolithes ont eu lieu dans le voisinage.

*Age des filons.* — Les fentes primordiales qui ont donné lieu à la formation des filons dans les grünstains ont dû être ouvertes toutes à la même époque géologique ou à des époques très-rapprochées l'une de l'autre ; cette conclusion est la conséquence naturelle de ce que nous avons dit plus haut sur les caractères des filons principaux, leurs rapports avec les veines transversales et l'absence de croiseurs minéralisés. Or, comme nous l'avons dit dans la première partie de ce travail, les grünstains ayant recouvert et traversés les conglomérats nummulitiques sont nécessairement de la période tertiaire ; les filons qui les traversent sont donc aussi tertiaires. Mais nous pouvons fixer leur âge avec plus de précision ; nous savons en effet que les filons de Dillen se prolongent dans les vrais trachytes et qu'au toit du Grüner Gang on a trouvé des couches de tufs trachytiques, avec des empreintes végétales qui ont permis de fixer l'époque de leur formation et de les rap-

porter au miocène supérieur; la formation des filons date donc au maximum de l'époque du miocène supérieur.

Avant tout remplissage, les fentes ont dû livrer passage à des émanations sulfureuses dont l'influence s'est fait sentir sur la roche encaissante qui s'est imprégnée de pyrite jusqu'à une certaine distance; les remplissages bréchiformes montrent en effet que le grüstein empâté est toujours pyriteux. Ce ne sont pas ces émanations qui ont amené l'altération de la roche, puisque, au voisinage des parties plumbeuses, le grüstein, tout aussi pyriteux que partout ailleurs, n'est nullement décomposé; ce n'est pas non plus l'influence de la décomposition de la pyrite, puisque cette pyrite est toujours restée intacte, même dans le cas où la roche est tout à fait kaolinisée; et si l'on considère que cette altération existe toujours et exclusivement au voisinage des parties argentifères, on conclut qu'elle est postérieure à la venue de la pyrite et qu'elle est due à l'influence des émanations qui ont amené l'argent.

Le remplissage des veines ne s'est pas accompli au milieu d'une période de calme absolu; la structure bréchiforme qu'il possède en plusieurs endroits prouve qu'à une ou deux reprises ce remplissage a été brisé, mais que le dépôt s'est ensuite continué avec des caractères peu différents. Ces brisements résultaient de mouvements de terrains qui ont probablement produit des fentes secondaires de direction différente des premières, mais qui étaient trop faibles pour amener des déplacements tels que ces premières veines fussent traversées et rejetées. Le dépôt s'est fait dans ces veines secondaires de la même manière que dans les veines primitives remaniées et elles sont venues pour ainsi dire se souder avec les premières.

Si l'on considère que, dans la zone intermédiaire entre la région argentifère et la région plumbeuse des filons, on rencontre à la fois les minerais d'argent et les minerais de plomb intimement mêlés, sans que nulle part on puisse

distinguer si le dépôt des uns est antérieur à celui des autres, on est conduit à penser que ces dépôts ont dû se faire simultanément. Cependant le remplissage argentifère est rarement bréchiforme, tandis que dans le remplissage plumbeux, c'est la structure bréchiforme qui est générale; de plus, les morceaux empâtés dans ce dernier sont souvent déjà minéralisés. Cette remarque tendrait à prouver que la durée du remplissage argentifère a été plus faible que celle du remplissage plumbeux, puisque le premier n'a pas été influencé par des mouvements qui se sont produits avant la fin du second. Mais on ne doit pas regarder cette preuve comme concluante, car la roche étant décomposée au voisinage des parties argentifères, tandis que les parties plumbeuses étaient restées dures, les mouvements qui ont rendu celles-ci bréchiformes ont pu ne pas produire sur celles-là le même effet. Si l'on peut affirmer que les deux dépôts ont eu lieu simultanément à un moment donné, on ne peut donc rien dire de positif sur leur durée relative.

D'après M. F. v. Richthofen, les grüsteins, en Hongrie et en Transylvanie, ne contiennent de gîtes métallifères qu'au voisinage des rhyolithes; ces dernières roches seraient donc la cause minéralisante des filons et les remplissages métallifères de ces derniers proviendraient des émanations auxquelles elles ont dû donner lieu avant leur apparition ou au moment où elles ont fait éruption.

En résumé, la formation des filons dans les grüsteins résulte des faits suivants indiqués dans l'ordre où ils ont dû se succéder :

- 1° Formation des fentes premières au plus tôt vers la fin du miocène supérieur.
- 2° Émanations sulfureuses imprégnant la roche avoisinante, mais ne donnant pas de dépôt dans les fentes.
- 3° Dépôt du remplissage plumbeux ne produisant pas d'altération de la roche au contact et dépôt simultané du

remplissage argentifère produisant l'altération de la roche au contact.

4° Mouvements de terrain remaniant les matières déposées, suivis de périodes pendant lesquelles les dépôts précédents continuent à se former.

Ces deux derniers faits se passent au moment où se préparent et s'accomplissent les éruptions rhyolithiques, c'est-à-dire tout à la fin de l'époque miocène ou au commencement de l'époque pliocène.

Les filons encaissés dans la syénite et les roches anciennes ont avec les précédents assez de caractères communs pour qu'on puisse dire qu'ils ont été formés dans les mêmes conditions. Cependant les fentes dans lesquelles ils se sont déposés n'ont probablement pas été ouvertes à la même époque. Ces fentes ont en effet la même direction que celles dans lesquelles le grüstein s'est injecté en filons nombreux; il est par conséquent probable que, comme ces dernières, elles existaient ou se sont produites au moment de la venue des grüsteins. Les glissements qui ont poli d'une façon si remarquable les épontes de certains de ces filons ont dû se produire pour plusieurs d'entre eux avant leur remplissage; il en est certainement ainsi pour le Colloredo Gang qui, comme nous l'avons vu, est absolument étranglé au point où il présente des épontes si bien polies; s'il eût été rempli avant que le mouvement horizontal indiqué par les stries se fût produit, il n'aurait pu s'étrangler complètement. Mais rien n'indique que ce soit le cas de tous les filons à épontes polies. L'aspect bréchiforme du remplissage montre, du reste, que pendant le dépôt il s'est produit des mouvements de terrain qui ont brisé les dépôts primitifs, mais sans arrêter ni modifier l'action minéralisante. En quelques points les dépôts ont été soumis à l'action d'eaux acides qui ont enlevé la calcite déposée et qui, par places, ont précipité de la silice hydratée et gélatineuse.

En résumé, la formation des filons dans la syénite résulte des faits suivants :

1° Formation des fentes à une époque antérieure à la venue des grüsteins, ou plutôt au moment de cette venue; beaucoup de ces fentes se sont remplies de grüstein.

2° Réouverture des fentes non remplies de grüstein. Mouvements relatifs des épontes, probablement à l'époque des éruptions trachytiques.

3° Émanations sulfureuses imprégnant la roche de pyrite, mais ne produisant pas de dépôt.

4° Dépôt du remplissage argentifère.

5° Mouvements de terrain au moment du dépôt de ce remplissage.

6° Dissolution de la calcite par des eaux acides.

L'Allerheiligen Gang fait exception à ce que nous venons de dire; il s'est formé par suite de la séparation de la syénite et du grüstein sur une partie de leur surface de contact; cette ouverture a dû se faire au moment de la formation des filons encaissés dans les grüsteins.

## TROISIÈME PARTIE.

### Historique des mines.

L'exploitation des mines de Schemnitz date, s'il faut en croire la tradition, du commencement de l'ère chrétienne; les travaux auraient porté d'abord sur les filons de la vallée d'Hodritsch et particulièrement sur l'Allerheiligen Gang. On trouve dans ce filon des cheminées et des galeries fort étroites qu'on fait remonter à l'époque romaine et dont l'une est connue sous le nom de *Römer Schutt*; quelques noms semblent, du reste, tirés du latin, par exemple celui de *Plebs Läufer*, nom de l'un des étages supérieurs de l'Aller-



heiligen Gang. On conserve encore à Hodritsch une butte de boisage qui passe pour avoir été posée par Saint Clément, travaillant aux mines comme esclave ; elle est désignée sous le nom de *Clemens Stempel*. Les travaux se seraient étendus peu à peu, à mesure qu'on découvrait de nouveaux filons, et c'est en 745, suivant les anciens auteurs, que des Moraves auraient fondé sur le Glanzenberg la vieille ville de Schemnitz (\*). Les premiers rois de Hongrie aidèrent de leur mieux au développement de l'industrie minière : le roi Saint Étienne envoya à Schemnitz des prisonniers de guerre polonais pour les faire travailler aux mines, et ses successeurs firent venir à diverses reprises des ouvriers mineurs du Tyrol ; enfin des famines qui sévirent dans différentes parties de l'Allemagne décidèrent un grand nombre d'habitants à s'expatrier et à venir chercher fortune à Schemnitz.

Dès la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, les mines de Schemnitz et de Dillen étaient citées comme étant dans une situation florissante, et au XIII<sup>e</sup> siècle, Schemnitz était déclarée ville libre « *freie Bergstadt* », par le roi Bela IV. Les mines allant en s'approfondissant, on commença à être gêné par les eaux et il fallut ouvrir des galeries d'écoulement ; la première fut la galerie dite *Bibererbstollen*, sur les parois de laquelle on voit encore, au voisinage du Christina Schacht, les dates 1400 et 1426 ; la *Bibererbstollen* débouche dans la vallée de Steplitzhof, au-dessous du Carl Schacht, à une altitude de 590 mètres ; elle se trouve à 350 mètres environ au-dessus de la Kaiser Josephi II *Erbstollen*.

Vers le milieu du XV<sup>e</sup> siècle, le pays fut troublé par la guerre et l'exploitation s'en ressentit ; elle alla en déclinant sensiblement et ne se releva que dans le cours du siècle suivant. La ville de Schemnitz avait été brûlée en 1442 par

(\*) Ces données, ainsi que la plupart des détails qui suivent, sont extraits du mémoire déjà cité de M. V. Lipold.

l'archevêque d'Erlau ; en 1443 un tremblement de terre violent acheva de la détruire ; on abandonna alors le sommet du Glanzenberg et l'on reconstruisit la ville dans la gorge située au pied du Paradeisberg, où nous la voyons aujourd'hui.

Les galeries d'écoulement allaient en se multipliant ; on en ouvrit une à Hodritsch en 1494, une autre à Dillen, la *Dillner Erbstollen*, en 1504 ; on commença en 1549 la *Dreifaltigkeit Erbstollen*, qui ne fut complètement achevée qu'en 1671 après cent vingt-deux ans de travail ; elle débouche dans le bas de la ville de Schemnitz, près de l'Antaler Thor et elle est placée à une quarantaine de mètres au-dessous de la *Bibererbstollen*. Toutes ces galeries ont été creusées à la pointerolle et ce n'est pas sans admiration et sans un certain respect qu'on parcourt aujourd'hui ces anciens travaux, admirablement conservés, et qu'on songe à la persévérance qu'il a fallu déployer pour les mener à bonne fin.

Au commencement du XVI<sup>e</sup> siècle, toutes les mines appartenaient encore à des particuliers, qui étaient tenus de payer un impôt à la couronne. Le roi avait, par suite d'un décret de 1351, le droit d'expropriation sur les mines ; un décret de 1405 lui avait attribué le droit de priorité pour l'achat des métaux précieux. La Chambre royale des mines, établie à Neusohl, percevait l'impôt et recevait l'argent et l'or extraits ; un édit de 1545 avait formellement interdit l'exportation de ces métaux. L'exploitation devenant de plus en plus difficile et coûteuse à mesure que les mines s'approfondissaient, il arriva que des exploitants se trouvèrent dans l'impossibilité de payer l'impôt. Ils obtinrent des remises à titre d'encouragement ; la Chambre des mines leur fit même des avances ou les autorisa à conserver provisoirement une partie de l'argent et de l'or qu'ils devaient livrer ; mais plusieurs d'entre eux, voyant qu'ils ne pourraient rembourser ces avances, cédèrent, pour se libérer, une portion de leurs mines à la couronne, qui com-

mença ainsi, en 1543, à prendre une part directe à l'exploitation. Comme les revenus des mines et des monnaies faisaient partie de la liste civile royale, les mines cédées de cette façon devenaient la propriété particulière du roi. Le fait s'étant renouvelé plusieurs fois, la part de la couronne dans les mines alla en augmentant, et l'on créa en 1587 une direction royale de l'exploitation des mines.

Les difficultés amenées par l'envahissement des eaux allaient toujours en augmentant; l'épuisement se faisait d'abord à bras d'hommes, puis on employa des chevaux, mais la dépense était excessive : pour le seul groupe de mines dit *Oberbiberstollen*, l'épuisement revenait en 1623 à 500 florins (\*) par semaine. On installa alors une machine hydraulique, mais les étangs qui l'alimentaient se trouvèrent insuffisants à la suite d'une année exceptionnellement sèche et la mine fut en grand danger d'être noyée; les comitats voisins furent requis, par ordre royal, d'envoyer à Schemnitz des travailleurs pour aider à l'épuisement, et l'on parvint à conjurer le péril. On avait bien commencé une nouvelle galerie d'écoulement, la *Kornberger Erbstollen*, qui devait recouper tous les filons, mais il avait fallu l'abandonner en 1614, après avoir traversé le *Grüner Gang*, par suite de la trop grande dureté de la roche.

C'est sans doute à la suite de difficultés et de mécomptes de ce genre qu'on fut conduit à essayer l'emploi de la poudre dans les travaux des mines; la première mention qui en est faite date de 1627 : des essais faits dans les mines de l'*Oberbiberstollen* en présence du Conseil des mines montrèrent que le tirage à la poudre ne pouvait avoir d'inconvénients : « *Il donne cependant* », dit un acte du 8 février 1627, cité par M. V. Lipold (\*\*), « *naissance de la fumée, mais celle-ci se dissipe en un quart d'heure*

(\*) Le florin autrichien vaut 2,59 de notre monnaie.

(\*\*) M. V. Lipold, *loc. cit.*, p. 367.

et n'est, par la grâce du Seigneur, aucunement nuisible; elle entraîne au contraire avec elle beaucoup de mauvais air. » On reconnut en même temps quels services la poudre pouvait rendre dans l'abatage des roches dures. A partir de ce moment, elle fut employée dans les mines de Schemnitz et son usage se répandit de là dans toute l'Allemagne. Il semble cependant qu'on ne s'en servit d'abord qu'avec une certaine réserve et peut-être dans des cas exceptionnels, car pendant toute la seconde moitié du XVII<sup>e</sup> siècle on continua à percer des galeries à la pointerolle, comme le témoignent les dates inscrites sur les parois pour indiquer l'avancement annuel : dans la *Bartolomäi Stollen*, par exemple, près de l'*Andreas Schacht*, nous avons relevé les dates 1664, 1668 et 1677.

L'achèvement de la *Dreifaltigkeit Erbstollen*, en 1671, rendit aux mines de Schemnitz quelques années de prospérité, un peu troublées, il est vrai, par les incursions des Turcs; on dut fortifier Schemnitz et *Windschacht* et se mettre en mesure de résister à l'ennemi. Mais vers la fin du siècle, il fallut recommencer à lutter contre l'envahissement des eaux : on fut obligé de requérir mille ouvriers dans les comitats voisins; la dépense s'élevait à 5.000 florins par semaine, et l'on ne pouvait faire baisser le niveau au-dessous de la *Dreifaltigkeit Erbstollen*; après quelques années d'efforts infructueux, qui se soldaient naturellement par des pertes considérables, les États hongrois décidèrent, en 1707, l'abandon des mines; l'ordre, qui n'avait pas été exécuté, fut renouvelé par l'empereur en 1710. Ce ne fut qu'à l'énergie de Mathias Cornelius Hell, l'inventeur des machines à colonne d'eau, et à son intervention personnelle auprès de Joseph I<sup>er</sup> qu'on dut le retrait de l'ordonnance de 1710. On créa de nouveaux étangs; Hell installa des machines à feu pour l'épuisement; en 1749, il établit au *Leopold Schacht* la première machine à colonne d'eau. On se décida à prolonger jusqu'à Schemnitz la galerie d'é-

coulement d'Hodritsch, qui avait été commencée en 1494 et finie en 1637 : il s'agissait de réunir deux puits, distants de 3.250 mètres environ. Ce travail dura dix-huit ans; il fut terminé à la fin de 1765 et coûta 350.000 florins. Cette galerie porte aujourd'hui le nom de *Kaiser Franz Erbstollen*. Bien qu'elle ne fût pas placée assez bas pour assécher tous les travaux alors existants, elle rendit cependant et rend encore les plus grands services; tant que la Kaiser Josephi II Erbstollen, placée environ 190 mètres plus bas, ne sera pas terminée, elle desservira seule les mines de Schemnitz et de Windschacht.

Grâce à cette galerie et aux puissantes machines installées par Hell, les mines se retrouvaient dans une situation prospère. Une école des mines fut créée à Schemnitz en 1765 par l'impératrice Marie-Thérèse et élevée en 1770 au rang de *Bergakademie*. En 1783, on découvrit le Stefan Gang, dont l'exploitation donna pendant plusieurs années des bénéfices considérables, employés à payer les frais des longues guerres qu'eut à soutenir alors l'empire d'Autriche.

Le 19 mars 1782, on avait commencé la galerie d'écoulement dite *Kaiser Josephi Secundi Erbstollen*, qui, desservant toutes les mines de Schemnitz et d'Hodritsch, va déboucher dans la vallée de la Gran un peu en aval de Zsarnovitz. Elle doit avoir une longueur de 14.800 mètres, et son développement total, en y comprenant les branches destinées à rejoindre le Carl Schacht et le Franz Schacht, sera de près de 18 kilomètres. Malheureusement, les travaux de cette galerie furent à plusieurs reprises interrompus par l'affluence des eaux : en 1828, les mines furent noyées, mais on parvint à les assécher complètement. Le même accident arriva en 1844, mais il fallut six ans pour se rendre maître des eaux, au prix d'une dépense de 100.000 florins. Enfin en 1861 les mines de Schemnitz se remplirent de nouveau, il y eut une série de trois années de sécheresse, de sorte que les étangs, ne se remplissant pas, ne purent fournir

assez d'eau pour entretenir la marche des machines d'épuisement. Depuis cette époque, malgré l'installation de trois machines à vapeur, on n'est pas arrivé à épuiser jusqu'aux niveaux inférieurs et l'on n'a pu, du côté de Schemnitz, continuer le travail de la Kaiser Josephi II Erbstollen; du côté d'Hodritsch, on a dû aussi abandonner temporairement quelques chantiers; mais les divers tronçons, attaqués séparément, sont aujourd'hui tous réunis : il ne reste plus qu'à traverser le chaînon du Paradeisberg. On espère qu'une dizaine d'années (\*) suffiront pour mener ce travail à bonne fin, et il est permis de croire que son achèvement inaugurerait pour les mines de Schemnitz une nouvelle ère de prospérité.

#### Exploitation.

ANCIENS TRAVAUX. — Comme on vient de le voir par le résumé historique qui précède, les mines du district de Schemnitz sont exploitées activement depuis très-longtemps. Beaucoup d'anciens travaux sont encore en parfait état de conservation et il est facile, en les parcourant, de se rendre compte du mode de travail employé aux différentes époques. Ils constituent, pour ainsi dire, un grand musée historique de l'art des mines, et à ce point de vue ils présentent un très-grand intérêt.

Les vieux travaux les plus développés et les plus anciens sont ceux des étages supérieurs de l'Allerheiligen Gang à Hodritsch; on y trouve des exemples divers d'avancements en galeries et d'abatages en chantiers, faits au marteau et à la pointerolle. Les galeries ont une section trapézoïdale; leur largeur au toit est toujours très-faible et dépasse rarement 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50; au mur, la largeur atteint 0<sup>m</sup>,80; leur

(\*) L'emploi des perforateurs mécaniques, qu'on vient d'essayer avec succès, permettra sans doute d'arriver beaucoup plus tôt à l'achèvement de cette galerie. (V. plus loin, p. 377.)

hauteur est variable; en quelques points elle dépasse 2 mètres, tandis qu'ailleurs elle est à peine de 1<sup>m</sup>,50; la moyenne est généralement un peu inférieure à la taille ordinaire d'un homme. Il est probable que ces différences de hauteur sont dues à des erreurs de nivellement et que les points où cette hauteur est exagérée sont ceux où il a fallu abaisser le sol de la galerie pour la régulariser et la faire servir à l'écoulement des eaux ou au roulage. Ces galeries sont presque toujours tortueuses; on voit que souvent les mineurs qui les creusaient modifiaient leur direction; on y rencontre fréquemment en effet des changements brusques, au voisinage desquels se trouvent des chantiers abandonnés qui forment ainsi de petits culs-de-sac s'ouvrant dans la galerie.

En beaucoup de points où la roche est dure, ces chantiers sont admirablement conservés; tous ne sont pas identiques. Le plus souvent, le travail au chantier se faisait de bas en haut; la largeur de la galerie était prise en deux fois, en commençant par la moitié de droite, et chaque moitié, étant abattue en trois parties, présentait la disposition par gradins renversés, représentée Pl. VIII, fig. 7 et 8; quelquefois le front de taille est en escalier, toute la largeur de la galerie est prise à la fois, et le point le plus avancé est au toit (V. fig. 9 et 10, Pl. VIII). Cette disposition pouvait permettre, une fois l'avancement fait sur une certaine hauteur au toit, de faire sauter les gradins inférieurs à coups de masse ou à l'aide de coins en frappant verticalement de haut en bas. Mais le peu de largeur de la galerie devait rendre difficile l'enlèvement des premiers gradins à l'aide du marteau et de la pointerolle. Ailleurs, le front de taille est également en gradins droits, mais les gradins n'ont pas toute la largeur de la galerie et sont, par suite, fort étroits; tantôt la série de gradins est située au milieu même du front de taille (V. fig. 11 et 13, Pl. VIII), tantôt elle est rejetée contre l'une des parois

(V. fig. 12). Les masses laissées ainsi en arrière de chaque côté ou d'un seul côté de la galerie pouvaient alors être abattues plus facilement, mais le travail dans ces gradins étroits devait être fort pénible. Quelquefois aussi, le front de taille est droit, et l'on voit sur l'un des côtés, tout contre la paroi, sur toute la hauteur de la galerie, une entaille étroite et profonde, une sorte de havage vertical analogue à ce que les carriers de Paris nomment *tranche de défermage* (V. fig. 14 et 16, Pl. VIII). Cette entaille n'est pas toujours de largeur uniforme, elle est quelquefois composée de parties triangulaires qui forment, pour ainsi dire, autant de reprises dans le travail (V. fig. 15); il est probable que ces entailles verticales, une fois amorcées par le haut au marteau et à la pointerolle, étaient continuées vers le bas à l'aide de pics lourds manœuvrés verticalement et analogues aux marteaux à pointes des tailleurs de pierres; les traces laissées sont en effet semblables à celles que l'on voit sur les blocs ébauchés; elles sont formées de lignes verticales continues et régulières.

Sur les parois très-régulières et très-planes d'un grand nombre de ces galeries, on voit les traces de trous circulaires faits au fleuret; leur axe est presque exactement dans le plan même de la paroi et dirigé horizontalement. Ces trous ont 4 centimètres de diamètre; ils sont très-nets et l'examen de leur fond montre qu'ils ont été forés à l'aide de fleurets dont la pointe avait la forme indiquée par la fig. 17, Pl. VIII; tous présentent en effet, au fond de la cavité sphérique qui les termine, une petite cavité conique et très-aiguë. Il est probable que ces trous, qui avaient une profondeur de 0<sup>m</sup>,50 au moins, servaient à l'abatage de la roche au moyen de coins de fer analogues au *coin liégeois* qui a été employé dans le pays de Liège pour l'abatage de la houille (\*). Dans les ga-

(\*) M. L. v. Cseh, ingénieur des travaux de l'Allerheiligen Gang, pense qu'on y enfonçait des coins en bois que l'on humectait en-

leries qui portent ces traces de trous de fleurets, on voit en outre des encoches faites dans la roche, disposées en regard l'une de l'autre sur les deux parois et sur deux rangées en hauteur. On croit que ces encoches servaient à encastrer des pièces de bois transversales auxquelles on suspendait de lourds marteaux formant béliers et servant, soit à frapper sur les fleurets pour forer les trous, soit à agir ensuite sur les coins pour faire sauter la roche. La disposition des trous de fleurets, toujours horizontaux et dirigés parallèlement aux parois, montre qu'on n'avait jamais besoin que d'efforts horizontaux et longitudinaux pour frapper sur les fleurets ou les coins, et donne une grande vraisemblance à la supposition qui vient d'être émise. On ne sait pas exactement à quelle époque remonte ce mode de travail ; on le croit antérieur à l'emploi de la poudre, car le peu de largeur des galeries empêche de croire que ces trous aient pu servir au tirage à la poudre ; du reste, dans tous les travaux anciens faits à la poudre, la disposition des trous de fleurets est la même que dans les travaux récents ; ces trous sont toujours plus ou moins obliques sur les parois, et ces dernières sont toujours irrégulières et jamais planes.

Nous avons pu voir dans une des veines du filon, en un point où le remplissage est très-dur, des chantiers d'abatage en taille montante par gradins renversés ; ce chantier a dû être abandonné par suite de l'appauvrissement de la veine en minerai et de sa trop grande dureté ; ils est aussi net que s'il datait d'hier. La veine a environ 1 mètre d'épaisseur et son pendage est de 20 à 25° au plus. C'est en ce point qu'on voit sur les épontes polies de la veine, comme nous l'avons signalé plus haut, des stries de glissement faisant avec la ligne de pente un angle de 40°. Dans ces

suite et dont le gonflement faisait éclater la roche. D'après son opinion, la pointe que portait le fleuret servait à le maintenir bien centré quand on le faisait tourner autour de son axe.

épontes sont creusées des encoches se correspondant au toit et au mur, qui servaient à l'encastrement de buttes, destinées, non à soutenir le toit qui est très-solide, mais à permettre aux ouvriers de monter au chantier et de s'y maintenir, ce qui eût été impossible sans cela avec un mur aussi bien poli. Les gradins qui composent ces chantiers sont d'une grande régularité et tous égaux entre eux ; leurs parois sont planes comme celles des galeries. L'avancement de chaque gradin était disposé comme un chantier de galerie, et pris en deux fois. (V. *fig.* 18, Pl. VIII).

Parmi les nombreux ouvrages à la pointerolle que l'on peut admirer dans les vieux travaux de l'Allerheiligen Gang, galeries, cheminées, chantiers, etc., nous devons citer un escalier tournant formé de quatre rampes, disposées à angle droit à la suite l'une de l'autre autour d'un axe vertical, et destiné à mettre en communication deux étages voisins de l'exploitation. La distance verticale de ces étages est de 20 mètres environ. Chacune de ces rampes est formée d'une galerie en pente très-roide, de section identique à celle des galeries de niveau ; les marches de l'escalier sont faites de pièces de bois transversales encastrees dans les parois. La roche dans laquelle ces rampes sont creusées est absolument compacte, sans aucune fissure ; aussi se sont-elles admirablement conservées. Cet escalier est certainement un des travaux de mines les plus originaux qu'on puisse voir ; on s'explique difficilement le motif qui le fit percer, surtout quand on songe au temps qu'il fallut y consacrer. Mais il est un témoin irrécusable de la richesse de la mine à l'époque où il fut exécuté ; il fallait en effet que les mineurs eussent des ressources superflues pour les employer à des travaux aussi luxueux. Cette époque n'est pas connue ; on a trouvé fort peu de dates inscrites dans ces vieux travaux. Nous avons parcouru ceux qui sont abordables, et nous n'en avons vu qu'une seule, celle de 1560. En revanche, on peut voir en quelques points des

dessins grossiers gravés sur les parois des galeries : vers le bas de l'escalier dont nous avons parlé se trouve une main dessinée à la pointerolle et au-dessous, inscrit en caractères gothiques, le salut des mineurs allemands « *Glück auf!* » avec le dessin d'un marteau et d'une pointerolle (\*). La légende rapporté qu'un mineur travaillant en cet endroit fut visité par un kobold avec lequel il eut une discussion violente ; le kobold voulut lui donner un soufflet, mais le mineur se détourna vivement et la main du kobold frappa avec tant de force sur la paroi de la galerie qu'elle s'y imprima. Après le départ de ce visiteur importun, le mineur, en signe d'allégresse, grava un « *Glück auf!* » au-dessous de l'empreinte de la main. Ailleurs dans le *Dreimänner-schlag*, à l'endroit où se trouve gravée la date 1560, on peut voir encore complet le portrait grossier d'un mineur et reconnaître aux traits du dessin qu'à cette époque le costume était le même qu'aujourd'hui, et qu'on portait déjà aux épaules ces *poufs* épais, particuliers aux mineurs de Schemnitz, si bien faits pour amortir les chocs inévitables quand on circule dans des galeries basses et étroites. Il y avait ainsi trois portraits l'un à côté de l'autre ; deux d'entre eux sont détruits, par suite de l'éboulement de la roche ; ce sont ces portraits et une légende qui s'y rattache qui ont fait donner à cette galerie le nom qu'elle porte,

Outre les travaux remarquables dont nous venons de parler, les vieilles mines de l'Allerheiligen Gang contiennent d'énormes excavations, parmi lesquelles on peut citer l'*Erzsinkner Zeche*, la *Kegelplatz* et la *Kanzel*, et qui témoignent de ce que fut la richesse du filon. La visite de

(\*) Ce dessin montre qu'alors le manche de la pointerolle était très-oblique ; les vieilles armoiries de la ville de Schemnitz, sculptées sur la Dillner Thor, qui contiennent un marteau et une pointerolle, donnent à ce dernier instrument la même forme ; cette disposition devait être fort commode pour travailler dans les angles.

cés travaux présente un attrait puissant ; ils forment pour ainsi dire autant de pages de l'histoire des mines, et nous avons pensé qu'il n'était pas sans intérêt de les décrire ici avec quelques détails.

TRAVAUX ACTUELS. — La méthode d'exploitation généralement adoptée à Schemnitz est celle des *gradins renversés*, mais dans beaucoup de cas, surtout au voisinage du niveau des eaux, on pousse des chantiers en *gradins droits*, tant que l'irruption des eaux ne force pas à les suspendre. Nous ne ferons qu'indiquer les traits généraux qui caractérisent l'ensemble de l'exploitation, sans entrer dans les détails ; les travaux sont trop peu actifs aujourd'hui pour que l'étude de ces détails puisse donner des indications précises ; nous passerons successivement en revue l'abatage en galeries et en chantiers, le roulage, l'extraction, l'épuisement ; nous indiquerons le principe de la préparation mécanique des minerais, et nous terminerons en donnant quelques renseignements statistiques sur la production des mines.

*Abatage.* — L'abatage en galeries et en chantiers se fait à la poudre, excepté dans le cas où la roche est décomposée. Généralement on se sert de poudre de mine ordinaire ; les coups de mine sont de petites dimensions, leur profondeur varie de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,60 ; le tirage se fait à un seul homme. Dans les parties très-dures, on emploie la dynamite.

Règle générale, les galeries et les chantiers sont poussés sur les dimensions uniformes de 1<sup>m</sup>,50 de largeur sur 2 mètres de hauteur, quelque mince que soit la veine poursuivie ou exploitée. Dans le cas où le filon a plus de 1<sup>m</sup>,50 de puissance, on l'abat tout entier ; mais si sa largeur devient trop considérable, les chantiers sont poussés en travers avec les dimensions indiquées ; c'est ce qui arrive dans les points exceptionnellement riches ; on applique là la

méthode dite *en travers* (*Querbau*). Cette constance dans les dimensions du front de taille, quelle que soit l'épaisseur de la veine, tient à ce que l'on cherche à avoir une unité de mesure constante pour le règlement des salaires : ceux-ci sont en effet fixés d'après l'avancement. Chaque quinzaine, l'ingénieur des travaux (*Schichtenmeister*) vient mesurer la longueur abattue, examine la dureté de la roche, et fixe le prix du travail (*Geding*) pour la quinzaine suivante.

Il en est ainsi dans les galeries au rocher et dans les chantiers qui ne donnent pas de minerai de scheidage; mais dans le cas où le triage permet de séparer du minerai bon à fondre, ce triage se fait au chantier même, et outre le prix fixé pour l'avancement, les mineurs reçoivent une certaine somme par livre (*Münzpfund* = 500 gram.) d'argent contenue dans le minerai trié. Cette somme est variable suivant la richesse du chantier; lors de notre visite, elle était généralement de 10 florins-papier (\*); mais dans certaines colonnes riches du *Grüner Gang*, au *Franz Schacht*, elle a été abaissée parfois à 10 kreutzer (0<sup>fr</sup>,25). D'habitude, les prix sont réglés de façon que le salaire brut de l'ouvrier soit de 2 à 2<sup>fr</sup>,25 par jour; pour avoir le salaire net, il faudrait retrancher de cette somme la valeur de l'huile, de la poudre et des mèches qu'il consomme, ainsi que les frais de réparation des fleurets et outils divers.

Dans la *Kaiser Josephi II Erbstollen*, le mode de travail est différent; les dimensions de cette galerie sont tout à fait inaccoutumées dans les travaux des mines : elle a 6 mètres de hauteur sur 2 mètres de largeur; elle est divisée par une voûte en deux galeries distinctes; celle du dessous ser-

(\*) La valeur exacte du florin-argent est de 2<sup>fr</sup>,50; celle du florin-papier est variable; au moment de notre séjour en Autriche, elle était environ de 2<sup>fr</sup>,29.

vira à l'écoulement des eaux et celle du dessus au roulage et à l'extraction; chaque partie est poussée séparément. Les coups de mine sont de grandes dimensions; on fait le tirage à deux hommes et l'on se sert de dynamite. L'avancement de chaque chantier est payé au mètre courant, et non à la toise comme dans les filons; dans les roches dures, syénite ou grüstein, où nous avons vu les chantiers, on donne 75 florins par mètre si l'on avance de 10 mètres en quinze jours, et 65 florins seulement si l'on avance de moins de 10 mètres. Cette différence assez considérable a pour but d'exciter les ouvriers à avancer rapidement, mais ils n'arrivent que trop rarement à obtenir le chiffre le plus élevé. Aujourd'hui, la *Kaiser Josephi II Erbstollen* est terminée jusqu'en amont du *Zipser Schacht* (\*); elle ne peut plus être attaquée que par un chantier, et il reste encore environ 1.400 mètres à faire pour atteindre l'*Amalia Schacht*. Lors de notre visite, on n'avait pas encore songé à se servir à Schemnitz des perforateurs mécaniques. On avançait de 150 mètres au plus par an, et les ingénieurs estimaient à 10 ans le temps nécessaire à l'achèvement de ce grand travail; mais nous apprenons qu'on s'est enfin décidé à recourir à l'emploi des perforateurs; les essais qu'on en a faits ont donné de bons résultats, et l'on espère qu'en deux ans et demi au maximum on aura percé les 1.400 mètres qui en ce moment (fin de mai 1873) séparent encore le chantier d'*Hodritsch* de l'*Amalia Schacht* (\*\*).

*Roulage*. — Le roulage se fait presque exclusivement au moyen de petits wagons nommés chiens de mines (*Berghund*), roulant sur un cours de planches qui règne tout le long des galeries. Le chien de mine se compose d'une caisse en bois de 1<sup>m</sup>,20 de longueur, 0<sup>m</sup>,40 de largeur et 0<sup>m</sup>,40 de profondeur. Cette caisse est montée sur trois

(\*) Le tronçon qui va du *Lill Schacht* au *Zipser Schacht* a été achevé le 21 mars 1873.

(\*\*) Lettre de M. L. v. *Cselt*.

petites roues, dont l'une est disposée au milieu de la largeur, tout à fait à l'avant de la caisse; les deux autres sont placées sur un même essieu, un peu en arrière du milieu de la longueur; ces dernières ont 0<sup>m</sup>,12 à 0<sup>m</sup>,15 de diamètre, l'autre est plus petite encore. A l'arrière de la caisse, se trouvent des poignées en bois que le rouleur saisit dans ses mains pour pousser devant lui son véhicule. En appuyant un peu sur ces poignées, il soulève l'avant de la caisse et peut très-facilement et très-rapidement changer de direction et tourner des coudes extrêmement brusques. Presque partout le même rouleur va depuis le chantier d'abatage jusqu'à la recette du puits; dans quelques mines seulement, il s'arrête à une grande galerie principale dans laquelle circulent de petits wagons sur des rails de fonte ou de fer; quand il est arrivé au point où il doit décharger son wagonnet, il le culbute sur le côté; les petites dimensions de l'appareil rendent cette manœuvre très-facile.

Le chien de mine est excellent pour sortir les minerais des chantiers d'abatage; il est de petites dimensions, et la voie sur laquelle il roule peut s'établir à très-peu de frais et très-rapidement; il peut se prêter ainsi à toutes les irrégularités des chantiers. Mais si l'exploitation est un peu active, son rôle doit se borner là; des moyens plus perfectionnés et plus puissants doivent être employés pour conduire le minerai aux recettes des puits. Les galeries principales doivent alors être munies de petites voies de fer sur lesquelles roulent les wagons que l'on devra remonter au jour avec le minerai contenu.

*Extraction.* — L'extraction se fait, en général, par des puits non guidés, au moyen de sacs. Il n'y a dans tout le district de Schemnitz que quatre puits guidés: le Franz Schacht, le Mariahimmelfahrt Schacht, le Sigmund Schacht et le Michael Schacht. Les cages qui circulent dans ces puits ne portent qu'un seul wagon; elles n'ont ni suspension élastique ni parachute. Partout on se sert de câbles ronds en fil

de fer, fabriqués à Windschacht. Les sacs employés pour monter le minerai sont en cuir; les minerais, amenés aux puits par les chiens de mine, sont accumulés dans des recettes de dimensions considérables; ce sont de grandes chambres ayant de 4 à 5 mètres de largeur, et parfois plus de 10 mètres de longueur; leur hauteur est d'ordinaire de 4 mètres ou plus. Ces chambres sont voûtées quand la roche ne présente pas une grande solidité. Sur le bord du puits, complètement ouvert du côté de la recette, se trouve une excavation dans laquelle on fait descendre le sac pour le remplir; le remplissage du sac se fait à l'aide de petits augets en bois que l'on charge en attirant les matières à l'aide d'une sorte de hoyau à large fer et que l'on porte ensuite à bras jusqu'au sac, où on les vide (\*). Lorsque le sac est arrivé au jour, on le pose sur un truc qui le conduit sur la halde au point où l'on veut le renverser; on l'accroche alors au moyen d'un fort anneau qu'il porte à son fond, à un bâti en bois qui s'élève au-dessus de la voie; en retirant le truc, qui se dérobe sous le sac, celui-ci reste pendu et se vide naturellement. C'est ainsi que l'on fait l'extraction des minerais à bocarder et des matières stériles; quant aux minerais triés aux chantiers, ils sont d'abord enfermés dans de petits sacs de toile de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,15 de diamètre sur 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40 de hauteur; ces petits sacs sont apportés à la recette, puis chargés dans le grand sac de cuir et montés au jour.

Les puits sont divisés en trois compartiments: deux pour l'extraction et le troisième pour les échelles. Les compar-

(\*) Ces augets et ces hoyaux sont du reste les instruments universels de transport et de chargement dans le district de Schemnitz, même pour les terrassements extérieurs. La pelle et la brouette y semblent complètement inconnues, et pour la construction des chemins de fer, on est forcé de faire venir d'Italie les terrassiers nécessaires, les habitants du pays n'ayant nulle notion d'un semblable travail.



timents d'extraction sont coulantés en planches non jointives; ils ont d'habitude 1 mètre de largeur sur près de 2 mètres de longueur. Le compartiment des échelles est carré; il a 2 mètres de côté environ; les échelles sont toujours très-courtes et très-inclinées; les plus longues ont 4 mètres; mais généralement elles n'ont que 2<sup>m</sup>,50 de hauteur. Dans le cas où une machine d'épuisement est placée sur le puits, on ajoute un quatrième compartiment; il en résulte que les puits principaux ont une section de 6 à 8 mètres de longueur sur 2 mètres à 2<sup>m</sup>,50 de largeur; les boissages de ces puits sont formés de poutres d'un fort équarissage.

Comme on le voit, on donne à tous les travaux souterrains des dimensions très-considérables; les galeries principales, les recettes et les puits ont des sections bien grandes pour l'importance de l'extraction, même aux moments les plus productifs. D'autre part, les puits sont extrêmement nombreux, et il en résulte des frais d'entretien énormes.

Les signaux se transmettent du fond des puits d'une manière tout à fait primitive, par l'intermédiaire du câble lui-même. A la recette supérieure, un homme tient constamment le câble dans sa main lorsque le sac d'extraction est en bas; quand ce dernier est rempli, les ouvriers du bas tirent sur le câble et lui impriment un certain nombre de secousses qui se transmettent à la main de celui qui le tient à la recette supérieure; ce dernier commande alors la manœuvre.

Les ouvriers descendent et remontent au moyen des échelles, mais les ingénieurs, les chefs mineurs et les visiteurs, quand ils y consentent du moins, voyagent dans les puits au moyen des *Knechte*. Le knecht est une espèce de sellette composée de fortes lanières de cuir solidement attachées à deux anneaux de fer suspendus au câble au moyen de cordes. L'une de ces lanières forme le siège, et l'autre, qui est plus étroite, forme le dossier. Lorsque l'on est assis

dans le knecht, on a une position un peu renversée en arrière, mais tout à fait stable. Les deux mains sont complètement libres, et l'on peut se guider contre les parois du puits afin de pas tourner; la lampe est accrochée sous la sellette. D'habitude on attache trois appareils semblables à l'extrémité du câble, à des intervalles de 3 à 4 mètres. On peut ainsi descendre en même temps une grappe de trois personnes, comme l'indique la *fig. 19*, Pl. VIII. Celle qui est au milieu n'a pas besoin de se guider si les deux autres le font; cette place du milieu est réservée d'ordinaire aux visiteurs novices, car ce n'est qu'après quelques descentes qu'on arrive à avoir assez de confiance pour s'abandonner complètement à la solidité du knecht et lâcher les cordes qui le soutiennent pour se guider soi-même dans le puits. La vitesse est toujours faible, néanmoins à la montée on peut aller presque aussi vite que dans des cages guidées, si le puits est bien vertical et bien coulanté.

Le puits est fermé par une trappe à deux battants présentant chacun une échancrure; le câble peut passer par l'ouverture formée par ces deux échancrures, qui se trouvent placées en regard l'une de l'autre lorsque les battants sont baissés. Pour la descente, le siège inférieur est amené à une hauteur convenable, et la première personne s'y place; on ouvre la trappe et l'on descend lentement jusqu'à ce que le deuxième siège arrive à la hauteur où était le premier; on arrête le câble, on ferme la trappe, et la deuxième personne se place, avec le câble entre les jambes; on rouvre la trappe et ainsi de suite. Lorsque les trois personnes sont suspendues dans le puits, on le ferme et on laisse descendre le câble et les hommes qu'il porte sous la seule action de la pesanteur en desserrant le frein peu à peu.

Les signaux se transmettent aussi par le câble, comme pour l'extraction: pendant tout le temps de la descente ou de la montée, l'ouvrier qui commande la manœuvre laisse filer le câble dans sa main à demi fermée, afin de pouvoir

ressentir les secousses qu'on lui transmet. A la descente, lorsque celui qui occupe le siège inférieur voit qu'on est sur le point d'arriver, il se soulève et se laisse retomber sur sa sellette un certain nombre de fois, pour avertir d'aller lentement; arrivé à la hauteur de la recette, il s'avance peu à peu en se guidant avec les mains vers l'ouverture du puits, saisit une poignée en fer fixée à l'un des montants verticaux qui encadrent cette ouverture et se dégage de sa sellette au moment où ses pieds posent sur le sol de la recette; il attire à lui le câble, au fur et à mesure qu'il descend, et aide les deux autres personnes à se décharger de leurs sièges, puis il donne le signal d'arrêt.

A la remontée, le câble, portant les trois sièges, est étendu dans la recette; chacun s'installe dans son knecht, et s'avance peu à peu vers le bord du puits, au fur et à mesure que le câble monte. Arrivé au bord, on soutient d'une main les cordes de suspension de son siège, afin que celui-ci reste bien placé, et l'on se tient de l'autre à la poignée en fer. Lorsque les cordes se roidissent, on s'assied complètement et l'on est lancé tout naturellement au milieu du puits; on se retourne alors pour saisir le câble entre les jambes. Quand la dernière personne est suspendue, elle donne le signal comme précédemment, et la vitesse s'accélère. C'est surtout cette manœuvre de la remontée qui produit une certaine impression la première fois qu'on l'exécute; mais on s'y habitue rapidement, et l'on arrive bien vite à apprécier à sa juste valeur ce moyen de transport à la fois si simple et si sûr. Pour sortir du puits, on ralentit le mouvement, dès qu'un index fixé sur le câble apparaît au jour, et l'on fait une manœuvre inverse de celle qu'on a faite à l'entrée.

Les moteurs employés pour l'extraction sont généralement des roues hydrauliques; elles sont à augets et formées de deux roues accolées ayant les augets en sens inverses. De cette façon, en donnant l'eau à telle ou telle moitié de

la roue, on peut obtenir le mouvement dans tel ou tel sens. Quelques-unes de ces roues, comme à l'Elisabeth Schacht à Schemnitz et au Lill Schacht à Hodritsch, sont placées souterrainement au niveau d'une des grandes galeries d'écoulement. Au Michael Schacht, la machine motrice est une machine à colonne d'eau à double effet et à deux cylindres horizontaux. Un grand nombre de puits n'ont pas de moteur hydraulique à leur disposition; l'extraction s'y fait alors à l'aide de grands manèges à six chevaux; tous les puits munis de roues ont également un manège; ce manège est installé dans une sorte de rotonde basse, dont le toit pyramidal, visible de loin, indique la présence d'un puits. Il n'y a, dans tout le district de Schemnitz, que trois puits munis de machines à vapeur pour l'extraction; ce sont le Sigmund Schacht, le Mariahimmelfahrt Schacht et le Franz Schacht.

*Épuisement.* — L'épuisement se fait par un certain nombre de puits, au moyen de pompes mues par des machines à colonne d'eau ou par des machines à vapeur. A Schemnitz, on élève l'eau au niveau de la Kaiser Franz Erbstollen, à Hodritsch au niveau de la Kaiser Josephi II Erbstollen, et à Eisenbach au niveau de la Kreuz-Erfindungs Erbstollen.

Le tableau suivant(\*) indique les puits munis de pompes, la nature des moteurs et leur force en chevaux-vapeur.

PUITS.	MACHINES à colonne d'eau.	MACHINES à vapeur.	FORCE en chevaux-vapeur.
Schemnitz.	Sigmund Sch. . . . .	1	100,0
	Andreas Sch. . . . .	1	45,3
	Leopold Sch. . . . .	2	64,6
	Mariahimmelfahrt Sch. . . . .	1	150,0
Hodritsch.	Michael Sch. . . . .	1	28,0
	Zipser Sch. . . . .	1 (*)	100,0
Eisenbach.	Neu Anton Sch. . . . .	1	9,2
	Alt Anton Sch. . . . .	1	4,0

(\*) Cette machine, destinée à épuiser l'eau de la Kaiser Josephi II Erbstollen, devait être transportée au Sigmund Schacht, dès que le tronçon entre le Lill Schacht et le Zipser Schacht serait terminé.

(\*) G. Faller. *Der Schemnitzer Metall-Bergbau.*

Les machines à vapeur qui servent à l'extraction et à l'épuisement sont alimentées tantôt par du bois, tantôt par de la houille; le prix de revient de ce dernier combustible est énorme, il s'élève à près de 80 francs la tonne. Lorsque l'embranchement, appartenant au réseau des chemins de fer de l'État, qui doit relier Schemnitz à Garam-Berzencze, sera terminé, ce prix de revient baissera sans doute sensiblement; mais on a été conduit, en dehors de toute considération technique ou industrielle, à faire cet embranchement à très-petite section et à lui donner un tracé si accidenté qu'il sera à peu près impossible dans l'avenir de le faire à grande section pour le prolonger jusqu'à la Gran et de là le réunir à la grande ligne autrichienne qui suit le Danube. Le charbon qui arrivera à Schemnitz devra donc subir un transbordement; de plus on ne pourra le tirer que de la Hongrie même, qui, en dehors des mines de Steyerdof et de Fünfkirchen, ne possède que des lignites d'assez médiocre qualité. La situation économique au point de vue du combustible ne pourra donc s'améliorer beaucoup à Schemnitz, même si les lignites de la vallée de la Gran, que l'on recherche en ce moment, venaient à être exploités activement.

Quant au bois, son prix est encore fort élevé quoiqu'il soit très-abondant dans la contrée : les transports sont difficiles dans les forêts et les habitants disposent d'un trop petit nombre de bêtes de trait pour qu'on puisse compter sur un approvisionnement régulier.

On comprend, d'après ce qui précède, que la force hydraulique soit pour Schemnitz d'une importance capitale et qu'on ait pu avec raison faire des sacrifices considérables pour aménager cette force et la distribuer aux différentes machines d'extraction et d'épuisement, aux nombreux ateliers de préparation mécanique et aux usines. Comme il n'existe pas de cours d'eau important pouvant donner en toute saison une force motrice régulière, on a dû faire des

retenues d'eau dans les vallées, au moyen de digues qui sont souvent d'une grande hauteur, et créer ainsi des étangs artificiels, sortes de grands magasins où la force s'accumule pendant la saison des pluies, pour être ensuite utilisée et dépensée au moment voulu. De nombreux canaux recueillent les eaux de pluie sur les différents versants pour les amener dans les étangs; d'autres conduisent les eaux de ces étangs aux diverses machines motrices. Celles-ci étant placées à des niveaux très-différents, les mêmes eaux en font mouvoir souvent une série assez nombreuse; c'est pour arriver à ce but qu'on a disséminé les ateliers de préparation mécanique dans les différentes vallées en les échelonnant les uns au-dessus des autres. Le tableau suivant, emprunté à M. G. Faller, donne les noms des principaux étangs et leur capacité.

LOCALITÉS desservies.	NOMS DES ÉTANGS.	CAPACITÉ en mètres cubes.	HAUTEUR de la digue.
		mét. cubes.	mètres.
	Pocsuwalder Teich. . . . .	925.000	16,60
	Grand Reichauer Teich. . . . .	1.200.000	22,30
	Petit Reichauer Teich. . . . .	666.600	16,30
	Bacomi Teich. . . . .	200.000	14,30
	Grand Windschachter Teich. . . . .	666.600	14,00
	Petit Windschachter Teich. . . . .	260.000	10,30
Andreas Schacht. . . . .	Klingerstollner Teich. . . . .	200.000	21,00
Rybnik et Sz. Antal. . . . .	Kohlbacher Teiche. . . . .	1.050.000	»
Vallée d'Hodritsch. . . . .	Oberer Hodritscher Teich. . . . .	311.000	»
	Unterer Hodritscher Teich. . . . .	750.000	»
Vallée d'Eisenbach. . . . .	Rosegrundler Teich. . . . .	1.111.000	»

Il existe en outre d'autres petits étangs, savoir le Rottenbrunner Teich, le Stadt Teich et l'Ottergrunder Teich au-dessus de Schemnitz; le Rybniker Teich à Rybnik; le Michael Teich, le Dillner Teich et le Halser Teich qui desservent les ateliers et l'usine de la vallée de Dillen; enfin on peut citer aussi l'étang de Steplitzhof près de l'usine, celui de Siglisberg et celui de Moderstollen; ces trois derniers sont de petites dimensions.

Plusieurs de ces étangs, le Pocsuwalder Teich, le Rei-

chauer Teich et les Kohlbacher Teiche, sont situés en dehors du bassin qu'ils desservent; leurs eaux sont amenées au moyen de conduits souterrains placés dans des galeries d'une grande longueur dont un coup d'œil jeté sur la carte suffit pour faire apprécier l'importance.

Dans la partie inférieure de la vallée d'Hodritsch, l'eau qui sort de la Kaiser Franz Erbstollen est employée à faire mouvoir les machines d'extraction de quelques puits, tels que le Leopold Schacht, le Delius Schacht et le Rudolf Schacht, et les nombreux bocards qui sont échelonnés le long de la vallée; après l'achèvement de la Kaiser Josephi II Erbstollen, le débit de la Kaiser Franz Erbstollen sera considérablement réduit et peut-être presque complètement annulé; il faudra alors pourvoir à remplacer pour la vallée d'Hodritsch la force motrice disparue.

PRÉPARATION MÉCANIQUE. — Nous ne voulons pas entrer ici dans les détails de la préparation mécanique; nous ne ferons qu'indiquer les principes du traitement.

*Minerais d'argent.* — Nous avons dit plus haut que les minerais d'argent sont triés dans la mine même et séparés en deux catégories: les minerais suffisamment riches pour être fondus directement (*Silbererze*), c'est-à-dire contenant près de 300 grammes d'argent ou plus aux 100 kilogrammes, et les minerais à bocarder (*Pochgänge*), qui sont trop pauvres pour être fondus sans préparation. Ces derniers sont bocardés très-fin; l'or qu'ils peuvent renfermer étant en paillettes extrêmement ténues, on est forcé de bocarder à mort pour dégager ces paillettes de la gangue et les séparer ensuite; c'est cette considération qui domine dans tous les ateliers de préparation mécanique de Schemnitz et qui a imposé la méthode de traitement suivie.

Le traitement des schlamms obtenus est variable; dans plusieurs ateliers, le courant d'eau qui les entraîne traverse d'abord une série de petits moulins à amalgamer connus sous

le nom de *moulins tyroliens*; au sortir des moulins, il passe sur une série de toiles grossières placées sur des tables assez inclinées. Les paillettes d'or sont retenues par le mercure des moulins, et les toiles arrêtent celles qui auraient échappé à l'amalgamation, ainsi que les petits globules de mercure entraînés; ces toiles sont lavées à grande eau lorsqu'elles ont servi quelque temps, afin d'en détacher ces paillettes et ces globules qui se rassemblent au fond du baquet où se fait le lavage. Les schlamms sont ensuite conduits dans des labyrinthes où ils se classent, puis sur des tables à secousses où on les enrichit, systématiquement jusqu'à ce qu'ils contiennent de 60 à 140 grammes d'argent aux 100 kilogrammes. Ces tables sont généralement à secousses longitudinales; les secousses ont une très-faible amplitude et souvent, pour les schlamms très-fins, on voit à peine un faible ridement se produire à la surface au moment de la secousse. L'arbre moteur tourne très-lentement, et à la suite d'une poussée de la came, la table retombe sur ses butoirs bien avant que cette came n'entre de nouveau en prise; l'élasticité agissant, la table rebondit, retombe, et ainsi de suite trois à quatre fois avant que la came ne la pousse de nouveau; les secousses successives qui se produisent ainsi sont de plus en plus faibles.

Lorsque les minerais sont suffisamment enrichis, ils subissent encore un lavage sur un grand auget en bois de noyer, à surface parfaitement régulière et bien polie, que l'ouvrier manie en le tenant suspendu devant lui avec l'extrémité des index et en le frappant sur son ventre. Il amène ainsi vers le haut de l'auget les grains les plus lourds; il arrose successivement les diverses régions de son auget à l'aide d'une corne de bœuf percée à son extrémité d'un petit trou, et, tenant l'auget incliné, il enlève à l'aide du mince filet d'eau qui s'échappe de cette corne la partie la plus rapprochée du bord de l'auget, c'est-à-dire la moins riche; il continue ensuite à donner des secousses, puis il

lave, et ainsi de suite; lorsqu'il n'a plus que peu de matière sur l'auget, il termine la séparation à l'aide du filet d'eau, qu'il dirige d'une façon convenable; il arrive ainsi à séparer les globules de mercure ou d'amalgame qui avaient échappé à l'action des toiles, et obtient pour chaque lavée une petite tache blanche formée de poussière de mercure; le métal ainsi obtenu est rassemblé dans une sébile en bois. Le maniement de cette espèce de table à main est assez délicat; il faut être très-expérimenté pour tirer un bon parti de cet instrument; d'habitude, c'est le chef de l'atelier seul qui s'en sert.

Dans d'autres ateliers, on supprime les moulins d'amalgamation, et, au sortir des bocards, les schlamms se rendent dans les labyrinthes et de là sur les tables à secousses. On a employé quelquefois dans l'un ou dans l'autre traitement les tables à secousses latérales de M. de Ritinger, mais on y a renoncé, surtout dans le cas où les moulins d'amalgamation n'existent pas; leur emploi amenait la perte de la majeure partie de l'or: on comprend en effet que ce dernier métal se trouvant sous la forme de paillettes excessivement petites et surtout excessivement minces, ces paillettes pouvaient surnager au-dessus du courant d'eau toujours un peu fort qui règne sur ces appareils et être entraînées par lui.

Les schlamms riches préparés avec les matières non amalgamées sont traités sur l'auget comme nous l'avons indiqué plus haut pour ceux qui proviennent de matières amalgamées; alors, la partie que l'on sépare est de la poudre d'or; on rassemble cette poudre d'or dans une sébile de bois, dans laquelle on fait l'amalgamation.

*Minerais plombo-cuivreux.* — Au sortir de la mine, les minerais plombo-cuivreux sont passés au scheidage et séparés en cinq catégories :

Minerai de plomb à fondre (Bleierze).  
— de cuivre id. (Kupfererze).

Minerai de plomb à bocarder }  
— de cuivre id. } (*Pochgänge*).  
Stériles.

Les minerais à bocarder se composent surtout de quartz et de sinople avec mouches de galène ou de pyrite. Ce sont les principaux minerais aurifères. Leur traitement se fait d'après le même principe que celui des minerais d'argent, c'est-à-dire que l'on commence par les bocarder à mort, afin de dégager les paillettes d'or qu'ils contiennent; ils sont ensuite amalgamés, puis traités sur les tables, ou bien traités directement sans amalgamation préalable. Le traitement sur les tables est le même dans les deux cas; on emploie généralement les tables à secousses ordinaires précédées de *spitzkasten* ou de *spitzlutte*. Dans quelques ateliers, on se sert des tables Ritinger, mais on a reconnu que leur emploi occasionnait des pertes d'or considérables lorsque l'amalgamation n'avait pas été faite antérieurement; aussi ne les applique-t-on qu'aux minerais préalablement amalgamés. Parfois aussi, on se sert de tables tournantes concaves (*Drehherde*); ces appareils donnent de bons résultats.

Le minerai fini aux tables est traité au *Goldlutte*; cet appareil consiste en une sorte de caisson allemand incliné de 30 à 40° sur l'horizon; le minerai à laver est disposé à la tête de l'appareil; on donne un faible courant d'eau qui s'étend en nappe; l'ouvrier, armé d'un petit balai, délaye les matières dans l'eau, puis, quand la lavée s'est répandue sur la longueur du caisson, il agite légèrement avec son balai et remet le minerai en suspension; les matières les plus légères sont entraînées; il répète l'opération plusieurs fois. On voit successivement les parties quartzieuses, puis pyriteuses, qui sont entraînées; on les fait couler dans des récipients différents, afin de les séparer. Il reste sur la table de la galène presque pure en petite quantité, dans laquelle se trouve concentré tout l'or contenu dans le minerai, s'il n'a pas été amalgamé, ou tous les globules de mercure ou

d'amalgame entraînés, si l'amalgamation préalable a eu lieu. Cette galène est traitée sur la petite table à main dont nous avons parlé plus haut, pour en extraire cet or ou ces globules. Tout ce qui a été entraîné d'abord au goldlutte est envoyé à l'usine, ainsi que la galène rejetée dans le traitement sur la table à main.

Les amalgames obtenus, soit par l'amalgamation directe, soit par l'amalgamation de la poudre d'or séparée seulement à la fin du traitement, sont passés au nouet et envoyés tels quels à la Monnaie de Kremnitz. Le métal précieux qu'on en retire est toujours un alliage renfermant beaucoup d'argent; la proportion d'or est variable, suivant la provenance des minerais traités.

**PRODUCTION.** — Les deux tableaux qui suivent donnent la quantité de minerais produits dans les mines royales et dans les mines particulières, ainsi que les quantités de métaux contenus dans ces minerais. Les chiffres se rapportent à l'année 1871.

*Production des mines royales.*

DÉSIGNATION des minerais.	POIDS en tonnes.	TENEURS INDIQUÉES PAR LES ESSAIS.				
		Or.	Argent.	Plomb.	Cuivre.	
Minerais de scheidage d'argent (Erze.)	d'argent. . . . .	tonnes. 1.357,7	kilog. 39,642	kilog. 4.073,169	tonnes. "	tonnes. "
	de plomb. . . . .	570,5	4,401	240,420	219,0	"
	de cuivre. . . . .	42,2	1,538	37,966	8,0	1,5
Minerais de bocards, total. (Pochgänge).	56.250,0 (*)	"	"	"	"	"
Minerais préparés, extraits des minerais (Schliche).	d'argent. . . . .	1.998,1	38,423	2.290,284	"	"
	de plomb. . . . .	1.161,0	16,468	485,467	503,2	"
	de cuivre. . . . .	587,5	2,395	87,823	28,5	8,6
Totaux. . . . .	"	102,867	7.215,129	758,7	10,1	

(\*) Chiffre approximatif.

La valeur des métaux extraits de ces minerais, déduction faite des frais de traitement à l'usine est, en papier, de 935.094 florins (soit 1.900.787 francs en or); les dépenses

de toute nature dans les mines se sont élevées à peu près au double de cette somme.

*Production des mines particulières.*

DÉSIGNATION des minerais.	POIDS en tonnes.	OR.	ARGENT.	PLOMB.	CUIVRE.
	tonnes.	kilog.	kilog.	tonnes.	tonnes.
Minerais de scheidage d'argent	143,2	19,700	1.621,870	"	"
de bocard. . . . .	16.249,3				
Minerais de scheidage de plomb	55,2	32,562	469,437	144,7	7,5
de bocard. . . . .	5.544,8				
Minerais de cuivre. . . . .	4,9				
Totaux. . . . .	"	52,262	2.091,307	144,7	7,5

La production de Moderstollen, qui a été à peu près de 5 kilogrammes d'or et 200 kilogrammes d'argent, n'est pas comprise dans ces chiffres.

La production totale du district de Schemnitz en 1871 a donc été la suivante :

	kilog.
Or. . . . .	165,0
Argent. . . . .	9.506,4
	tonnes.
Plomb. . . . .	905,4
Cuivre. . . . .	17,6

**Traitement métallurgique.**

Les minerais extraits des mines royales du district de Schemnitz sont traités dans les usines royales de Schemnitz, Zsarnoviz et Neusohl; les produits des mines particulières sont fondus à l'usine de Dillen.

Nous ne ferons ici qu'indiquer le principe du traitement appliqué dans les usines de Schemnitz.

Au point de vue de leur composition, les minerais traités se divisent en quatre catégories, savoir :

- Minerais d'argent proprement dits.
- Minerais plombeux argentifères.
- Minerais cuivreux argentifères.
- Minerais pyriteux argentifères.

Au point de vue de leur richesse en argent, les minerais d'argent proprement dits se divisent eux-mêmes en trois catégories, savoir :

- Minerais d'argent pauvres (60 à 140 gr. d'argent aux 100 kilog. de minerai).
- Minerais d'argent riches (400 gr. d'argent aux 100 kilog. de minerai).
- Minerais très-riches (1 p. 100 et plus d'argent).

Ces derniers sont toujours en très-faible proportion.

La proportion de minerais plombeux est suffisante pour que l'on puisse extraire l'argent de la totalité des minerais par la méthode de la fonte plumbeuse.

Les opérations principales du traitement sont les suivantes :

I. *Fonte pour mattes argentifères* des minerais d'argent pauvres et des minerais pyriteux ; on ajoute de la pyrite pauvre pour donner du soufre, et de la pyrite grillée pour donner de l'oxyde de fer comme fondant au lit de fusion.

II. *Grillage des mattes argentifères.*

III. *Grillage des minerais plombeux et pyriteux.*

IV. *Fonte pour plomb d'œuvre et mattes plombo-cuivreuses* des minerais d'argent riches, des minerais plombeux et pyriteux grillés, et des mattes argentifères grillées ; on ajoute de la pyrite grillée pour donner au lit de fusion de l'oxyde de fer comme fondant.

V. *Grillage des mattes plombo-cuivreuses.*

VI. *Fonte pour plomb d'œuvre et mattes cuivreuses* des mattes plombo-cuivreuses grillées, mélangées de minerais d'argent pauvres.

VII. *Coupeellation et révivification des litharges.*

Les mattes cuivreuses sont traitées pour cuivre dans une autre usine.

Les tableaux suivants indiquent, pour chaque opération, les quantités de matières traitées et de produits obtenus pendant l'exercice 1870, ainsi que les teneurs en métaux de ces matières et de ces produits.

I. *Fonte pour mattes argentifères.*

NATURE DES MATIÈRES TRAITÉES et des produits obtenus	POIDS (*)		TENEUR en argent		TENEUR en or		TENEUR en plomb		TENEUR en cuivre		TENEUR en pyrite	
	tonnes.	kilogr.	total(**)	pour 100 kil.	total.	pour 100 kil.	total.	pour 100.	total.	pour 100.	total.	pour 100.
Matières traitées	Mineral d'argent pauvre. . . . .	46,480	27,943	60.0	0,158	0,34	»	»	»	»	22,165	26,70
	Mineral pyriteux cru. . . . .	82,990	63,010	76.0	2,216	2,79	»	»	»	»	»	»
	Mineral pyriteux grillé. . . . .	65,998	7,233	11.0	0,542	0,82	»	»	»	»	1,666	1,60
	Pyrite de fer pauvre. . . . .	61,350	48,733	30.0	1,039	1,69	»	»	»	»	»	»
	Idem. . . . .	32,596	0,288	0.9	0,001	0,008	»	»	»	»	»	»
	Produits (Scories de la fonte plumbeuse IV d'usine, Scories cuivreuses de la fonte VI. . . . .	91,324	2,373	2.6	0,009	0,01	»	»	»	»	»	»
	172,244	1,480	0.86	0,0015	0,0009	»	»	»	»	0,237	»	»
Totaux. . . . .	»	121,060	»	3,9665	»	2,624	»	»	1,303	»	71,510	»
Produits obtenus. Mattes argentifères. . . . .	»	72,506	109,408	151,0	3,383	4,66	0,725	1,00	1,270	1,76	»	»
Pertes. . . . .	»	»	11,652	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Gains. . . . .	»	»	»	»	0,5855	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,033	»

(\*\*) Les teneurs indiquées sont celles qui résultent des essais faits sur les matières traitées et sur les produits obtenus.

(\*) Pour les minerais grillés, les nombres inscrits dans cette colonne indiquent les poids avant grillage. Il en sera de même pour les tableaux suivants.

Il résulte de ces chiffres que les pertes en métaux précieux indiquées par les essais sont les suivantes :

En argent. 10,6 p. 100 du métal.  
En or. . . . . 14,6 id.

Le lit de fusion est ainsi composé :

Minéral. . . . . 100 parties-en-poids.  
Calcaire. . . . . 15,15 id.  
Scories de la fonte plombeuse IV. 31,65 id.  
Scories de la fonte VI. . . . . 59,66 id.

Par tonne de minéral traité, on consomme 6<sup>m</sup>,166 de charbon de chêne.

Les scories que l'on produit sont des sesquisilicates.

La fusion se fait dans des fours à cuve trapézoïdaux à deux tuyères et à gueulard ouvert.

### II. Grillage des mattes argentifères.

Ce grillage se fait en tas, à l'air libre ; d'ordinaire il est à cinq feux.

### III. Grillage des minerais plombés et cuivreux.

Ce grillage se fait au four à réverbère. Il est poussé aussi loin que possible. La pyrite grillée qui entre dans le lit de fusion des fontes I et IV est également grillée au réverbère. On pourrait remplacer cette pyrite grillée par du minéral de fer ; le seul gîte de fer qui existe à proximité se trouve à Eisenbach, mais il n'est pas exploité (\*).

(\*) Ce gîte, qui, paraît-il, aurait de l'importance, avait été mis en exploitation à la fin du siècle dernier ; le minéral extrait était passé dans un haut-fourneau alimenté au charbon de bois ; mais l'exploitation dut être arrêtée par ordre du gouvernement qui voulut réserver tous les bois de la contrée pour l'exploitation des mines d'argent.

### IV. Fonte pour plomb d'œuvre et mattes plombo-cuivreuses.

NATURE DES MATIÈRES TRAITÉES et des produits obtenus.	POIDS.		TENEUR EN ARGENT		TENEUR EN OR		TENEUR EN PLOMB		TENEUR EN CUIVRE	
	tonnes.	kilog.	totale.	pour 100 kilog.	totale.	pour 100 kilog.	totale.	p. 100.	totale.	p. 100.
Minerais.	Galène grillée. . . . .	226,068	91,263	40	3,056	1,34	110,616	48,94	"	"
	Schlich plombés grillés. . . . .	223,905	78,914	35	4,342	1,93	91,332	42,10	"	"
	Minéral cuivreux grillé. . . . .	38,333	17,953	45	0,567	1,53	7,049	18,55	1,501	3,91
	Schlich cuivreux grillé. . . . .	167,470	21,093	12	1,384	0,83	8,251	4,94	2,613	1,56
	Pyrite grillée. . . . .	395,097	301,537	92	4,488	1,38	0	0	"	"
	Minéral plombé oxydé cru. . . . .	13,844	6,755	49	0,137	3,16	5,550	40,21	"	"
	Minéral d'argent riche. . . . .	540,940	2,173,553	401	23,951	4,43	0	0	"	"
	Fonds de creusets en fonte (*). . . . .	10,870	61,242	567	0	0	0	0	"	"
	Mattes argentifères grillées. . . . .	163,560	209,534	124	8,237	5,03	0,725	0,41	1,268	0,77
	Produits d'usine.									
Produits de coupellation (*). . . . .	636,353	128,214	20	1,252	0,19	524,912	82,55	"	"	
Débris de fours de l'année précédente. . . . .	18,740	22,223	119	0,376	2,01	6,662	35,61	0,021	0,11	
Scories de la fonte IV. . . . .	1,005,855	26,150	2,6	0,100	0,04	"	"	"	"	
Totaux. . . . .	"	3,131,336	48,240	"	758,160	"	5,403	"	"	
Produits obtenus.	Plomb d'œuvre. . . . .	688,715	3,008,164	426	46,788	6,79	685,443	99,52	0,217	0,03
	Mattes plombo-cuivreuses. . . . .	124,031	155,709	157	0,045	0,637	13,216	10,65	9,405	7,74
	Débris de fours. . . . .	28,762	25,661	78	0,339	1,18	7,591	26,45	0,005	0,32
Totaux. . . . .	"	3,226,627	47,172	"	706,250	"	9,917	"	"	
Pertes. . . . .	"	"	1,068	"	"	"	"	"	"	
Gains. . . . .	"	93,291	"	"	"	"	"	"	"	
										4,514

(\*) Ces creusets sont ceux qui servent à la fusion et à l'affinage de l'argent aurifère. On voit qu'ils s'imprègnent assez fortement d'argent, tandis que l'or ne les pénètre absolument pas.



Il résulte de ces chiffres que l'on fait, d'après les teneurs indiquées par les essais, les pertes suivantes :

En or. . . 2,05 p. 100 du métal.  
En plomb. 7,21 *id.*

tandis qu'on gagne :

En argent. 3,04 p. 100 du métal.  
En cuivre. 85,48 *id.*

On s'explique facilement ce gain considérable en cuivre, si l'on songe que les essais sont toujours imparfaits, et surtout que beaucoup de matières introduites dans le lit de fusion, telles que minerais plombeux, pyrïtes, etc., tiennent de petites quantités de cuivre dont il n'est pas tenu compte dans le tableau qui précède.

Les différents métaux se répartissent dans les produits de la façon suivante :

	Dans le plomb d'œuvre.	Dans les mattes.	Dans les débris.
Or. . . . .	97,17	0,09	0,71
Argent. . . . .	96,88	4,69	0,75
Plomb. . . . .	90,06	1,74	0,99
Cuivre. . . . .	4,02	177,69	1,77

On voit que la proportion d'or qui passe dans les mattes est beaucoup plus faible que celle de l'argent.

Le rapport de la quantité de plomb à celle des métaux précieux existant dans les produits est égal à 241.

On brûle 4<sup>me</sup>,592 de charbon de chêne par tonne de minerai traité.

On use 14<sup>k</sup>,10 d'outils en fer par tonne de minerai traité.

Les scories produites sont des protosilicates, et tiennent encore 26 grammes d'argent et 0<sup>s</sup>,10 d'or à la tonne.

Les fours de fusion sont à section trapézoïdale, à deux tuyères et à gueulard clair comme ceux de la fonte pour mattes argentifères.

#### V. Grillage des mattes plombo-cuivreuses.

Ce grillage s'effectue à l'air libre, en tas; on le fait d'ordinaire à trois feux.

#### VI. Fonte pour plomb d'œuvre et mattes cuivreuses.

NATURE des matières traitées et des produits obtenus.	POIDS.	TENEUR en argent		TENEUR en or		TENEUR en plomb		TENEUR en cuivre		
		totale.	pour 100 kil.	totale.	pour 100 kil.	totale.	p. 100.	totale.	p. 100.	
Matières traitées.	Mattes plombo-cuivreuses grillées. . . .	118,068	149,373	127	0,051	0,04	13,075	11,08	10,664	9,03
	Minerai d'argent pauvre. . . . .	47,177	64,186	138	0,729	1,54	0	0	0	0
	Minerai plombeux oxydé cru. . . . .	2,446	0,259	11	0,020	0,83	1,243	51,79	0	0
	Produits de coupellation et de liquation. . . .	86,680	37,145	43	1,335	1,54	74,193	86,27	2,506	2,90
	Débris de fours de l'année précédente. . . .	44,884	24,498	54	0,490	1,09	7,636	17,34	0,980	2,22
	Scories de la fonte pour plomb d'œuvre IV. . . .	119,766	3,112	2,6	0,011	0,01	"	"	"	"
	Totaux. . . . .	"	278,573	"	2,636	"	96,147	"	14,150	"
Produits obtenus.	Plomb d'œuvre. . . . .	81,227	219,925	270	3,232	3,98	79,360	97,97	0,892	1,10
	Mattes cuivreuses. . . .	58,415	59,667	102	0,023	0,04	8,262	14,24	13,284	22,89
	Débris de fours. . . . .	17,087	9,210	54	0,082	0,48	5,185	30,47	0,370	2,17
	Totaux. . . . .	"	238,802	"	3,337	"	92,807	"	14,546	"
Pertes. . . . .	"	"	"	"	"	3,340	"	"	"	
Gains. . . . .	"	10,229	"	0,299	"	"	"	0,396	"	

Il résulte de ces chiffres qu'on fait, d'après les teneurs données aux essais, les gains suivants :

En argent. 4,8 p. 100 du métal.  
En or. . . 27,1 *id.*  
En cuivre. 2,8 *id.*

Au contraire, on perd :

En plomb. 5,4 p. 100 du métal.

Le rapport des quantités de plomb et de métaux précieux existant dans les produits est 307 : 1.

Les scories de cette fonte sont des protosilicates; elles tiennent encore 8<sup>s</sup>,6 d'argent, 0<sup>s</sup>,609 d'or et 2<sup>k</sup>,6 de cuivre à la tonne.

Les fours employés sont les mêmes que pour les fontes précédentes.

Les mattes cuivreuses sont envoyées à l'usine de Tajova pour y être désargentées et traitées pour cuivre.

VII. Coupellation et révivification des litharges.

MATIÈRES TRAITÉES et produits obtenus.	POIDS.	TENEUR en argent		TENEUR en or		TENEUR en plomb	
		tonnes.	kilog.	gr.	kilog.	gr.	tonnes.
Matières traitées. Plomb d'œuvre (*)	757,233	3.229,503	426	48,622	6,55	753,945	0
Minerai d'argent très-riche	0,06975	2,829	4100	0,092	139	0	0
Totaux	"	3.232,332	"	48,718	"	753,945	"
Litharges pauvres	574,900	30,045	5	0,95	0,016	502,891	87,46
Id. riches	19,156	10,782	56	0,031	0,21	16,768	"
Fonds de coupelles pauvres	93,453	61,213	65	0,669	0,71	51,935	55,34
Id. riches	10,975	29,628	271	0,316	2,90	5,186	47,10
Litharges vertes	39,600	0	0	0	0	36,432	"
Id. rouges	34,106	0	0	0	0	28,616	"
Produits obtenus. Plomb pauvre	49,154	1,129	2,3	0,009	0,018	49,153	"
Scories de la révivification des litharges	6,311	0,319	5	0,010	0,16	5,010	83,30
Abstrichs (**)	4,396	9,408	213	0,331	7,48	3,218	80,25
Fumées	0,188	0,026	14	0	0	0,117	61,30
Argent	"	3.129,965	"	"	"	"	"
Or	"	"	"	49,373	"	"	"
Totaux	"	3.272,515	"	50,834	"	699,427	"
Pertes	"	"	"	"	"	54,518	"
Gains	"	40,183	"	1,116	"	"	"

(\*) Avant de passer à la coupelle, le plomb d'œuvre est liquaté dans un petit four à réverbère.

(\*\*) La petite quantité de cuivre contenue dans le plomb d'œuvre passe dans les abstrichs.

D'après les chiffres qui précèdent, on fait sur les teneurs indiquées par les essais les gains suivants :

En argent. 1,24 p. 100 du métal.  
En or. . . 2,25 id.

Au contraire, on perd :

En plomb. 7,25 p. 100 du métal.

La coupellation s'effectue dans une grande coupelle allemande à voûte mobile. La révivification des litharges lieu

au fur et à mesure de leur production dans un petit four à manche situé au-dessous de la voie de la litharge.

On traite environ 12 tonnes par opération; chaque opération dure en moyenne 7 1/2 heures.

On brûle 1 stère 1/2 de bois par tonne coupellée.

Pour faire la coupelle, on emploie 124 kilogrammes de calcaire et 37 kilogrammes d'argile pour chaque tonne à coupeller.

Tous les matériaux de démolition des usines autres que les débris de fours, tels que moellons, mortiers, sol, tuiles, etc., sont envoyés aux bocards pour être broyés et traités sur les tables. On en extrait des schlichs argentifères qu'on fond ensuite avec les minerais. Le tableau suivant donne les résultats de cette opération pour les années 1870 et 1871.

Années.	POIDS bocardé.		TENEUR en argent		TENEUR en or		TENEUR en plomb		TENEUR en cuivre	
	Tonnes.	Tonnes.	totale.	pour 100 kil.	totale.	pour 100 kil.	totale.	p. 100.	totale.	p. 100.
1870	112,387	6,044	kilog. 5,579	gr. 93	kilog. 0,262	gr. 4,36	tonnes. 1,638	27,13	tonnes. 0,199	3,31
1871	598,500	44,788	57,525	128	2,045	4,56	13,871	30,40	1,735	3,84

Comme on le voit par ces chiffres, la quantité d'or et d'argent qui pénètre les matériaux de construction des usines est très-appreciable, et le traitement de ces matériaux après démolition donne des produits de grande valeur.

## LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES.

## PLANCHE VI.

Carte géologique du district de Schemnitz, à l'échelle de  $\frac{1}{60000}$ , d'après la carte de M. V. Lipold.

Les filons et veines métallifères sont indiqués par leurs traces sur un plan horizontal situé au niveau de la Kaiser Franz Erbstollen, pour ceux de Schemnitz et d'Hodritsch, et au niveau de la Dillner Erbstollen pour ceux de Dillen.

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Johann-Nepomuk Kluff.         | 25. Saigere Danieli Kluff.  |
| 2. Sophia Kluff.                 | 26. Josephi Kluff.          |
| 3. Rechtsinnische Kluff.         | 27. Kukaida Kluff.          |
| 4. Goldfahrner Hangendkluff.     | 28. Wetternickler Kluff.    |
| 5. Golderzige Kluff.             | 29. Morgen Kluff.           |
| 6. Johann Kluff.                 | 30. Pauli Kluff.            |
| 7. Weisse Kluff.                 | 31. Blei Kluff.             |
| 8. Morgen Kluff et Flache Kluff. | 32. Max Kluff.              |
| 9. Hangendkluff du Johann Gang.  | 33. Humberger Gang.         |
| 10. Gräfsche Kluff.              | 34. Johann Kluff.           |
| 11. Markasit Kluff.              | 35. Baccali Kluff.          |
| 12. Zwölfer Kluff.               | 36. Philip Jacob Kluff.     |
| 13. Hornsteinsinkner Kluff.      | 37. Ferdinand Kluff.        |
| 14. Mathias Kluff.               | 38. Caroli Kluff.           |
| 15. Saigere Kluff.               | 39. Martini Kluff.          |
| 16. Wasserbrucher Kluff.         | 40. Maria-Empfängniss Gang. |
| 17. Flache Kluff.                | 41. Quarz Lager.            |
| 18. Johann-Nepomuk Kluff.        | 42. Rabensteiner Kluff.     |
| 19. Straka Kluff.                | 43. Morgen Gang.            |
| 20. Roschka Kluff.               | 44. Georg Kluff.            |
| 21. Franz Kluff.                 | 45. Neu Hoffnungs Gang.     |
| 22. Vorsinkner Kluff.            | 46. Heiliger Geist Kluff.   |
| 23. Bibergangs Hangendkluff.     | 47. Pauli Kluff.            |
| 24. Flache Danieli Kluff.        |                             |

Les filons de grünstein ont été tracés sur la carte avec une puissance supérieure à celle qu'ils ont réellement, afin qu'on pût les distinguer.

- |                                            |                                               |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| I. Carl Schacht.                           | VII. Zipser Schacht.                          |
| II. Max Schacht.                           | VIII. Bouche la Kaiser Franz Erbstollen.      |
| III. Andreas Schacht.                      | IX. Bouche de la Kreuz-Erfindungs Erbstollen. |
| IV. Elisabeth Schacht.                     | X. Franz Schacht.                             |
| V. Bouche de la Dreifaltigkeit Erbstollen. | XI. Michael Schacht.                          |
| VI. Amalia Schacht.                        |                                               |

## PLANCHE VII.

Coupe verticale des principaux puits du district de Schemnitz, avec l'indication des différents étages et galeries d'exploitation. Les cotes inscrites sur cette planche indiquent la hauteur au-dessus du plan horizontal passant par la bouche de la Kaiser Joseph II Erbstollen, laquelle est à l'altitude de 221 mètres.

## PLANCHE VIII.

- Fig. 1.* Coupe géologique des environs de Schemnitz, suivant la ligne MN de la Pl. VI.
- Fig. 2.* Spitaler Gang; coupe transversale de la veine du mur; Pacherstollen, au-dessous du 22<sup>e</sup> étage (Elisabeth Schacht).
- Fig. 3.* Spitaler Gang; coupe transversale de la veine du toit; Pacherstollen, au-dessus de l'Anton Lauf.
- Fig. 4.* Spitaler Gang; coupe transversale du filon; Pacherstollen, 21<sup>e</sup> étage.
- Fig. 5.* Spitaler Gang; coupe transversale de la veine du mur; Pacherstollen, au-dessous de la Kaiser Franz Erbstollen.
- Fig. 6.* Plan des fentes comprises entre le Spitaler Gang, le Biber Gang et le Wolf Gang.
- Fig. 7.* Coupe transversale d'un chantier de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 8.* Coupe longitudinale du chantier représenté *fig. 7.*
- Fig. 9.* Coupe transversale d'un chantier de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 10.* Coupe longitudinale du chantier représenté *fig. 9.*
- Fig. 11.* Coupe transversale d'un chantier de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 12.* Coupe transversale d'un chantier de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 13.* Coupe longitudinale des chantiers représentés *fig. 11* et *12.*
- Fig. 14.* Coupe transversale d'un chantier de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 15.* Coupe transversale d'un chantier de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 16.* Coupe longitudinale du chantier représenté *fig. 14.*
- Fig. 17.* Fleuret employé dans les anciens travaux de l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 18.* Chantier d'abatage dans l'Allerheiligen Gang.
- Fig. 19.* Sellettes (*Knechte*) employées à Schemnitz pour descendre et remonter par les puits.

## SUR LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE

DE LA CHAÎNE DES ANDES

ENTRE LE 46° ET LE 55° DEGRÉ DE LATITUDE SUD

Par M. PLISSIS.

Les différentes chaînes de montagnes dont l'ensemble forme la cordillère de l'Amérique du Sud viennent se réunir un peu au nord du lac de Ticaca, puis se séparent de nouveau, laissant entre elles un vaste espace dont l'altitude moyenne est de 4.000 mètres; c'est le plateau bolivien. La chaîne orientale se relève brusquement près du 16° degré, et après avoir réuni l'Ancohun et l'Illimani, considéré pendant longtemps comme les plus hautes cimes de l'Amérique, elle s'étend vers le sud-est en s'écartant de plus en plus de la chaîne occidentale. Celle-ci commence à peu près sous la latitude du volcan d'Arequipa, passe par le Tacora, le Saajama, le volcan de Polapi, et vient s'éteindre près de Calama, où elle est coupée par la vallée du rio Loa. Enfin, de l'extrémité de la chaîne orientale se détache à la hauteur de Potosi un dernier rameau qui se dirige d'abord vers le sud-sud-ouest jusque sous le 28° degré, puis presque directement au sud. Ce rameau forme les Andes du Chili, et s'étend sans interruption jusqu'au détroit de Magellan. C'est la constitution géologique de l'espace situé à l'ouest de ces grandes lignes qui a été plus particulièrement l'objet de mes études et dont je vais essayer d'esquisser les traits principaux.

Si l'on part des côtes du Pacifique en se dirigeant directement vers l'est ou, plus exactement, en suivant à peu près

le parallèle qui correspond au 18° degré, on marche d'abord sur des couches sableuses d'origine très-récente et qui recouvrent des conglomérats volcaniques. Arrivées aux premiers contre-forts des Andes, ces couches sont remplacées par des grès, des marnes et des calcaires (\*), qui, à leur tour, cèdent la place à une grande formation de roches plutoniques, principalement formée de porphyres et de syénites. Après avoir traversé cette formation, on pénètre dans la vaste région volcanique où se trouvent le Tacora et le Saajama, et qui s'étend jusqu'à la plaine où coule le Desaguadero; ici des couches lacustres, recouvertes par le terrain de transport ou des conglomérats ponceux, s'étendent jusqu'à la base de la chaîne orientale; alors s'élèvent les roches anciennes qui ferment à l'est ce vaste bassin, les grès, les quartzites et les schistes cristallisés, s'appuyant sur le granite qui se montre, soit sur l'axe, soit à la base orientale de cette chaîne; enfin le gneiss occupe la grande région où coulent les affluents du rio Madeira. Tel est l'ensemble des terrains qui forment cette partie de l'Amérique; on voit que les terrains stratifiés et les masses plutoniques s'y partagent à peu près l'espace. Plus au sud, on rencontre encore les mêmes formations, mais elles y sont disposées dans un autre ordre; si l'on part de la baie de Talcahuano pour se diriger vers la chaîne des Andes, on rencontre d'abord des sables semblables à ceux qui se montrent entre Arica et Tacna (\*\*), puis les schistes cristallisés forment le côté occidental de la chaîne maritime; ils s'appuient sur une grande masse de granite qui supporte à l'est des grès et des quartzites semblables à ceux de la Bolivie; ces roches disparaissent sous les couches lacustres qui occupent ici le fond de la grande vallée longitudinale et se montrent de nouveau à la base des Andes, où elles sont recouvertes par

(\*) Pl. X. Coupe du plateau bolivien.

(\*\*) Pl. XI. Coupe du Chili.

des grès rouges. Une zone syénitique interrompt ces formations et sert de bases aux produits volcaniques qui, dans cette partie, occupent l'axe des Andes; puis à l'est de cette ligne, sur les plateaux élevés qui se rattachent aux pampas de la République argentine, on voit reparaître le grès rouge, les argiles, les marnes et les calcaires.

## TERRAINS STRATIFIÉS.

Il résulte de cet aperçu général que les couches les plus anciennes de cette partie de l'Amérique, celles sur lesquelles s'appuient toutes les autres formations, sont formées par les schistes cristallisés. Dans la Bolivie, ces schistes forment tout le versant oriental des Andes; ce sont des schistes satinés qui alternent avec des couches de quartzite et de schiste siliceux. Le gneiss ne se montre pas immédiatement au-dessous de ces schistes; il en est séparé par le granite. Au Chili, les roches de cette formation sont à peu près les mêmes; elles se montrent au bord de la mer et forment une grande partie de la chaîne maritime (\*). Entre le 38° et le 41° degré, on peut observer la série complète de ces roches depuis le gneiss jusqu'au schiste ardoisier; le gneiss y occupe la partie inférieure, viennent ensuite des schistes satinés maclifères à feuillets contournés et qui enveloppent de grands amas lenticulaires de quartz laiteux. A ces schistes succèdent des quartzites micacés très-régulièrement stratifiés et qui alternent avec les couches de schiste satiné. Enfin le schiste ardoisier termine cette série. Ce terrain continue à se montrer en s'avancant vers le nord, mais la série n'est plus aussi complète; souvent on n'aperçoit que les schistes satinés, d'autres fois c'est le gneiss seul qui se montre, et à partir du 35° degré, on n'en rencontre plus que des lambeaux qui s'éloignent peu de la mer, comme ceux

(\*) Pl. IX.

de Pichidanguí, de Coquimbo et de Chañaral. Enfin, ce terrain se rencontre encore dans quelques parties de la chaîne des Andes, dans la vallée du rio Grande et dans celle du Huasco. Les restes organisés y manquent absolument; ni les terrains de la Bolivie ni ceux du Chili n'en ont présenté aucune trace.

## TERRAINS SILURIENS ET DÉVONIENS.

Au-dessus des schistes cristallisés se montre une série de couches composées de grès lustrés, de psammite et d'un grès schistoïde micacé. Ces roches se montrent sur le versant occidental des Andes de Bolivie, où elles s'appuient directement et en stratification concordante sur les schistes cristallisés; elles forment la base de l'Illimanie et la chaîne qui s'étend de là vers Potosi et Chuquisaca. Les fossiles y sont rares; cependant on y trouve des trilobites, tels que l'Homalonotus Linares, le Phacops latifrons, le P. Pentlandii, des brachiopodes, tels que l'orthis Andii et l'orthis aimara, et des empreintes de fucus.

Ces fossiles, rapportés par les paléontologistes à des époques différentes, s'y rencontrent souvent dans une même couche.

Le même terrain se montre au Chili depuis le détroit de Magellan jusque dans le désert d'Atacama (\*). Près de l'extrémité sud il s'appuie sur les roches syénitiques qui forment l'axe des Andes, et continue à se montrer ainsi par intervalles jusque sous le 37° degré. Au nord du Biobio, on le voit former à l'est de la chaîne maritime, dont il est séparé par le granite, une petite chaîne qui s'étend de là jusqu'au rio Cachapoal. Entre le Biobio et le Manle, le terrain se compose de grès, de psammites et de schiste anthraciteux; il contient quelques empreintes végétales, mais on n'y a rencontré qu'une seule petite coquille qui paraît être

(\*) Pl. IX.

uite posidomie. A mesure que l'on avance vers le nord, ce terrain éprouve dans sa composition des changements remarquables : les grès y sont remplacés par des roches porphyriques et les schistes deviennent siliceux ; c'est dans cet état qu'il se montre dans tout le nord du Chili. A cause de son grand développement, ce terrain doit correspondre à plusieurs formations de l'Europe ; mais ici rien ne peut motiver une séparation, ni la discordance des strates, ni leur composition ; elles s'y succèdent les unes aux autres avec un parallélisme remarquable, et lorsqu'elles changent de composition, ce changement a lieu graduellement. Tout porte à croire que ce terrain est ici le représentant de la série des formations qui s'étendent du terrain carbonifère au terrain silurien inférieur.

## TERRAIN PERMIEN.

Les couches de grès rouge s'appuient sur cette grande formation ; le plus souvent elles sont formées de conglomérats, de poudingues et de grès plus ou moins fins, presque toujours colorés en rouge par l'oxyde de fer, quelquefois en vert par un silicate analogue à la chlorite ou en gris jaunâtre par le fer hydraté. Ce terrain se montre sur le plateau bolivien des deux côtés de la chaîne occidentale, formant ainsi deux zones séparées entre elles par les roches plutoniques. On le rencontre au sud du lac de Titicaca, où il s'étend entre Saint-André et Corocoro ; de là il se dirige vers le sud, où il forme une partie des montagnes de Saint-Miguel et de Carangas ; puis il reparait dans le désert d'Atacama, aux mines de Saint-Bartolo, près d'Atacama, dans les cordillères de Varas et la vallée de Ternera ; il forme ensuite une grande partie des Andes chiliennes, dont il occupe souvent les sommets les plus élevés, et se montre ainsi jusque sous le 37° degré (\*).

(\*) Pl. IX.

La zone occidentale est beaucoup moins étendue ; elle commence au môle d'Arica et s'étend le long de la côte jusqu'à la vallée du rio Loa. Au sud de cette vallée, le grès rouge forme encore une partie des montagnes de Cobija, puis il se montre des deux côtés de la chaîne maritime jusqu'au parallèle de Chañaral de las Animas, où il est définitivement remplacé par des roches plus anciennes.

Les seuls fossiles qui se sont rencontrés dans ce terrain sont des restes de végétaux ; dans la vallée de la Ternera il renferme quelques couches d'anthracite, des empreintes de fougère et de *voltzia*, dans un grand nombre de localités des tiges silicifiées ou carbonisées qui paraissent se rapporter au même genre ; enfin dans la cordillère de Pillanmauida, qui s'élève à l'est du lac de la Laja, il renferme une grande quantité de tiges de calamites.

Les roches de grès rouge ont une grande tendance à passer à l'état porphyrique ; c'est presque toujours ainsi qu'elles se présentent sur le versant occidental des Andes chiliennes ; le grès et les poudingues de Pillanmauida sont de vraies roches porphyriques et les tiges de calamites y sont souvent entourées de cristaux de feldspath.

## TRIAS.

Des couches arénacées et argileuses colorées de vert et de rouge, et dans lesquelles on rencontre souvent du gypse et du sel gemme, viennent s'appuyer sur la formation du grès rouge, mais se montrent aussi dans d'autres localités où elles recouvrent des terrains plus anciens et constituent ainsi une formation indépendante. Elles occupent sur le plateau bolivien une grande partie de l'espace compris entre Saint-André et Santiago de Machaca, et forment plus à l'est la partie supérieure de la cordillère de Quinsacruces. Bien que cette formation ne se présente qu'en lambeaux ordinairement séparés par d'assez grands intervalles, on

peut néanmoins la suivre au sud du plateau bolivien, jusque sous le 37° degré, où elle se montre tantôt sur le sommet des Andes, comme à la montagne d'Aconcagua au Juncal, aux Piuquenos et dans la cordillère de Pillanmauida, tantôt dans la vallée longitudinale depuis le désert d'Atacama, où elle apparaît près de Limon-Verdes du Cerro Negro, etc., jusque dans la province d'Aconcagua. On n'a rencontré jusqu'à présent dans ces couches aucun fossile qui permette de les classer paléontologiquement; mais leur situation entre le grès rouge et la formation dont nous allons parler indique qu'elles doivent correspondre au terrain du trias.

#### TERRIEN JURASSIQUE.

Ce terrain ne se rencontre pas sur le plateau bolivien, il commence à se montrer dans le désert d'Atacama et s'étend de là jusqu'au 34° degré, formant des lambeaux plus ou moins étendus qui occupent soit le sommet des Andes, soit certaines parties de la vallée longitudinale. A l'est de cette chaîne, il se prolonge un peu plus vers le sud et arrive près du 38° degré, où il forme la montagne de Caicayen et le petit chaînon qui la rattache au Cerro Florido. Les roches qui constituent ce terrain sont des grès calcari-fères, des marnes, des calcaires et des silex. Les grès occupent la partie inférieure, les marnes la partie moyenne où elles alternent avec des couches calcaires, et des calcaires compactes très-souvent siliceux en forment la partie supérieure. Cette série de couches repose le plus souvent en stratification concordante sur les argiles du trias; mais on la rencontre aussi s'appuyant directement sur le gneiss comme cela a lieu un peu au sud des mines de Chanarcillo (\*). Les fossiles abondent dans ce terrain, et plusieurs espèces sont les mêmes que celles des couches jurassiques de l'Eu-

(\*) Pl. IX.

rope. Les grès renferment le *Belemnites giganteus*, l'*Ammonites canaliculatus*, l'*A. bifurcatus*, l'*Ostréa arcuata*, le *Spirifer tumidus*, les *Terebratula perovalis*, *ornitocéphala* et *tetraedra*. C'est là aussi que se rencontre le *turitella Andii* et des trigonies voisines du *trigonia catenata*. C'est par conséquent la faune du lias. Dans les marnes abondent les ammonites, les pholadomies, les pecten, les huîtres et les térébratules; plusieurs de ces fossiles appartiennent encore au lias, mais d'autres paraissent se rapporter à la partie inférieure des terrains crétacés; ils sont quelquefois réunis dans un si petit espace qu'il est bien difficile d'y voir deux formations différentes. C'est ainsi que l'*Ammonites fimbriatus*, l'*A. radians* se trouvent associées, sinon dans la même couche, mais séparées seulement par une épaisseur de quelques mètres avec l'*Ammonites gemunatus*, l'*A. macrocephalus*, le *crioceras Duvillii* et le *nautilus chilensis*. C'est encore dans ces mêmes couches que se rencontrent les *pholadomias fidicula*, *attenuata*, *acosta*, etc., les *pecten*, *alatus*, *abnormis*, l'*Ostræa gregarea*, l'*O. cybium* et l'*O. santiaguensis*, enfin l'*O. columba*. Les calcaires compactes qui recouvrent ces couches marneuses ne renferment presque point de fossiles; ils alternent souvent avec des couches de silex ou de calcaires siliceux qui renferment quelques polypiers. L'épaisseur de cette formation varie entre 400 et 500 mètres, et les calcaires compactes occupent à peu près les deux tiers supérieurs, mais il est rare de l'observer ainsi dans tout son développement; la partie supérieure manque le plus souvent, d'autres fois elle existe seule, comme cela a lieu dans la vallée longitudinale entre Santiago et S. Felipe. Il est donc très-probable qu'il existe là plusieurs étages des terrains jurassiques, et peut-être même la partie inférieure des terrains crétacés, mais l'état morcelé de cette formation ne permet pas, quant à présent, d'établir ces subdivisions.

## TERRAIN TERTIAIRE ET CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

La région située à l'ouest des Andes renferme deux espèces de terrains tertiaires : des couches lacustres et des formations marines. Ces dernières ne se montrent guère que dans la partie australe et à l'ouest de la chaîne maritime du Chili, où elles s'éloignent peu de la mer (\*).

La partie supérieure est formée par des grès dont la stratification est peu apparente et qui, par les fossiles qu'ils renferment, paraissent se rapporter à la partie supérieure des terrains crétacés ; c'est là, en effet, que l'on rencontre le baculites anceps associé avec le nautilus Valenciennii, le cardium acuticostatum et la trigonia hanetiana ; on y trouve aussi des dents d'odontaspis. Ces grès sont recouverts par des argiles avec empreintes végétales et des couches de lignites, puis par d'autres grès, et enfin par le terrain de transport représenté ici par des argiles grossières non stratifiées ou par des roches roulées. Ce terrain se montre échelonné sur toute la côte du Chili, formant de petits bassins situés près de l'embouchure des grandes rivières, depuis Mejillona jusqu'au golfe de Reloncavi ; il se montre encore dans plusieurs îles de l'archipel de Chiloë ; enfin on le rencontre au sud du détroit de Magellan, à l'est du prolongement des Andes qui traverse la Terre-de-Feu. Le terrain lacustre est beaucoup plus étendu ; il occupe une grande partie du plateau bolivien, dans la plaine qui s'étend du lac de Titicaca à celui de Poopo ; il reparait dans le désert d'Atacama, où il occupe la partie supérieure de la vallée du rio Loa et les plaines où se trouvent les dépôts de sel gemme et de nitrate de soude. C'est encore lui qui remplit presque en totalité la grande vallée longitudinale du Chili, depuis Santiago jusqu'au golfe de

(\*) Pl. IX.

Reloncavi (\*). Ce terrain se compose à sa partie inférieure d'un grès argileux sans stratification apparente et assez semblable à celui qui renferme les baculites, puis viennent des couches alternantes de grès et d'argile ; enfin un puissant dépôt de transport formé de roches arrachées à la chaîne des Andes vient recouvrir cette formation tant au Chili qu'en Bolivie. Des couches de lignite où l'on rencontre quelques empreintes végétales et des tiges de palmier s'y montrent près de Santiago, de Los Angeles, de Nacimiento, ainsi que dans la partie comprise entre le rio Bueno et le golfe de Reloncavi. Dans la vallée du rio Loa, ce terrain renferme, indépendamment des grès et des argiles, des couches de calcaire et de gypse. Les fossiles y sont très-rare ; les marnes des environs de La-Paz contiennent quelques planorbes, et dans celles du Chili on ne trouve que des restes de végétaux ; mais dans le limon qui remplit les cavités du terrain de transport, on a rencontré les restes du Mastodon Andium, ce qui suffit pour fixer l'âge de cette formation.

## TERRAIN QUATERNAIRE.

Les couches tertiaires marines forment généralement des plateaux adossés aux derniers contre-forts de la chaîne maritime, et dont l'élévation est rarement au-dessous de 50 mètres. A un niveau inférieur, on remarque souvent des couches de sable coquillier qui viennent butter contre ces plateaux ; c'est le terrain quaternaire qui se montre échelonné sur la côte du Chili depuis Talcuhuano jusqu'à Caldora ; on le rencontre encore entre Mejillones et Antofagasta, ainsi que dans la plaine qui s'étend entre Arica et Tacna. On n'y rencontre généralement que des sables légèrement agglutinés dans lesquels se trouvent de nombreux bancs de coquilles ; mais dans la plaine qui sépare les baies

(\*) Pl. IX.



de Mejillones et d'Antofagasta, on peut y étudier la structure d'un fond de mer soulevé à une époque assez récente. La partie supérieure se compose encore de sable où l'on voit des bancs de moules et de pecten entièrement semblables à ceux qui vivent encore dans le fond de la baie de Mejillones. Au-dessous de ces sables viennent des gypses renfermant des amas de sel gemme, puis des grès coquilliers; enfin une couche siliceuse, espèce de tripoli, presque entièrement formée de débris d'animaux marins; on y remarque des épines d'oursins, des fragments de polypiers et différentes espèces d'infusoires. En suivant le terrain quaternaire depuis la côte jusque dans la vallée longitudinale, on peut reconnaître qu'il se confond avec le terrain de transport moderne qui occupe la partie inférieure de cette vallée.

On retrouve donc dans la chaîne des Andes le plus grand nombre des formations stratifiées de l'Europe; mais elles y sont groupées d'une manière différente, les grandes coupes y réunissant plusieurs formations qui sont ailleurs nettement séparées. C'est ainsi qu'au-dessus des schistes cristallisés vient un groupe qui représente à la fois les terrains carbonifères, dévoniens et siluriens. Les terrains permien et le trias y sont assez nettement séparés; puis vient la grande formation calcaire qui renferme à la fois le terrain jurassique et une partie du terrain crétacé; enfin la partie supérieure de ce dernier terrain s'y confond avec la formation tertiaire.

#### ROCHES PLUTONIQUES.

On se ferait difficilement une idée exacte de la structure de la chaîne des Andes, si l'on ne tenait compte du rôle qu'y jouent les roches plutoniques; elles y occupent presque autant de place que les terrains stratifiés, et c'est à leur action à la fois mécanique et chimique qu'il faut attribuer la formation de ces montagnes remarquables ainsi que

l'aspect particulier sous lequel s'y présentent les terrains sédimentaires. Ces roches y forment deux séries assez différentes, d'abord par leur composition, mais qui se rapprochent de plus en plus et finissent par se confondre dans les produits volcaniques. La première de ces séries est caractérisée par le granite, auquel succèdent par des passages insensibles les syénites, les porphyres quartzifères et les trachytes. La seconde a pour base le labradorite, auquel viennent s'associer successivement le mica, l'hipersthène et le pyroxène.

#### GRANITE.

Le granite forme dans le sud du Chili l'axe d'une partie de la chaîne maritime où il occupe une longue faille située entre les schistes cristallisés et le terrain silurien. La direction de cette faille, qui s'étend depuis la montagne de Nahuelvuta jusque dans la province de Curicó, est en moyenne N. 26° E. C'est aussi la direction que suivent les strates redressées du terrain silurien et des schistes cristallisés. La masse granitique a pénétré ces strates et y envoie de nombreuses ramifications qui s'y montrent sous la forme de veines de quartz ou de pegmatite. Indépendamment de cette injection, il paraît que la roche de contact a été soumise à l'action d'un liquide siliceux; les grès s'y sont changés en quartzites et les schistes en jaspes. Le granite se montre encore à l'ouest de la chaîne maritime près de la côte où il occupe des failles plus petites, mais qui ont la même orientation. On le rencontre aussi près de Concepcion, à l'embouchure du Bio-Bio et du Rapel; enfin près de Valparaiso il occupe un espace assez étendu entre la rivière d'Alconcagua et la Viña del Mar. L'injection du granite correspond ainsi à la fin de la grande formation qui comprend les grès, les psammites et les schistes anthraciteux du Chili; elle correspond aussi à la formation d'un système stratigraphique parallèle aux cordillères de la Colombie.

## SYÉNITES,

Les syénites jouent au Chili un rôle beaucoup plus important que le granite. On les rencontre vers le détroit de Magellan, où elles forment les sommets les plus élevés de cette partie des Andes; on les retrouve dans la même position près du volcan d'Osorno et elles forment probablement l'axe des Andes depuis ce point jusqu'à l'extrémité sud du continent. Au nord d'Osorno elles continuent à former l'axe de cette chaîne jusqu'au volcan de Pangui-Pulli. Elles reparaissent ensuite de distance en distance, soit sur l'axe des Andes, soit sur les deux versants où elles remplissent de longues failles dirigées du sud au nord avec une faible inclinaison vers le nord-est. Au nord du 34° degré elles apparaissent également dans la chaîne maritime et continuent à se montrer ainsi jusque dans le désert d'Atacama; enfin on les retrouve près de la Paz, où elles traversent la chaîne orientale des Andes. Ces roches ont injecté les couches du grès rouge qui à leur contact a été changé en porphyre; elles paraissent se rapporter à différentes époques, car dans quelques conglomérats du grès rouge on rencontre des fragments roulés de syénite, tandis que dans d'autres parties on la voit injectée dans ces mêmes conglomérats. Les syénites du Chili présentent d'ailleurs un grand nombre de variétés qui paraissent être en rapport avec leur âge. Les plus anciennes ne diffèrent guère du granite que par la présence de l'amphibole; les variétés plus récentes ne renferment presque point de quartz ni de mica; souvent l'amphibole disparaît et la roche ne présente plus qu'une masse de feldspath à très-petits cristaux qui forme le passage entre les syénites et les porphyres quartzifères. C'est ainsi qu'elle se présente dans le nord du Chili et le désert d'Atacama. L'orientation moyenne des failles occupées par les syénites correspond exactement à celle de la chaîne des

Andes chiliennes. La première ébauche de cette chaîne a donc eu lieu pendant le dépôt du grès rouge; les syénites devaient arriver à la surface en suivant une grande déchirure de la même manière que l'on voit les centres d'éruption volcaniques se déplacer en suivant une même ligne où des fentes parallèles, qui probablement se communiquent dans la profondeur.

## PORPHYRES QUARTZIFÈRES.

Les porphyres quartzifères se composent d'une masse pétro-siliceuse dans laquelle se trouvent implantés des cristaux de quartz affectant la forme bipyramidale. On les rencontre dans la Bolivie, où ils percent de distance en distance soit à la base de la chaîne orientale, soit sur l'axe de la grande plaine qui s'étend entre les lacs de Titicaca et de Pocomo où ils forment les montagnes de Sicasica, d'Oruro et de Potosi, célèbres par leurs mines d'argent. Au Chili, ces porphyres sont beaucoup plus rares, et ne se montrent que dans le nord; on les rencontre sur le plateau de Très-Puntas, à Chanarcillo, au Cerro-Blanco et dans la chaîne qui ferme à l'ouest la vallée de Manflas. Les rapports de ces roches avec les terrains stratifiés leur assignent une origine plus récente que celle des syénites; près de La-Paz elles coupent les couches du grès rouge et du trias; près de Chanarcillo elles ont redressé les couches du calcaire compacte qui forment la partie supérieure du terrain jurassique. L'orientation des couches redressées, ainsi que celle des masses porphyriques tant au Chili qu'en Bolivie est parallèle à celle de la chaîne orientale des Andes. C'est-à-dire N. 57° O. rapportée au méridien de l'Equateur; c'est donc vers la fin des dépôts jurassiques qu'il faudrait rapporter le soulèvement de cette chaîne ou plus exactement le redressement des couches suivant la direction N.-N.-O.; car les Andes orientales, de même que celles du Chili, sont le résultat de plusieurs soulèvements qui se sont superposés.

## TRACHYTES.

Les trachytes des Andes sont loin de présenter la même uniformité que les porphyres quartzifères; le nombre des variétés est au contraire très-considérable et ils varient non-seulement de structure, mais encore de composition. Quelques-uns ont la compacité des porphyres et renferment même, comme ces derniers, des cristaux de quartz de telle sorte que ces deux roches paraissent se confondre; mais le quartz affectant la même forme se montre encore aussi dans des trachytes très-poreux et même dans des ponces; il ne peut donc y avoir confusion à cet égard. Les trachytes les plus anciens sont d'ailleurs plus récents que les porphyres quartzifères; ils coupent ces roches à Oruro et Potosi, et c'est à leur action que l'on doit la transformation des porphyres en roches quartzieuses remplies de cavités provenant de la destruction du feldspath.

Bien qu'il soit presque impossible de fixer l'âge des plus anciens trachytes, il est constant que beaucoup d'entre eux sont antérieurs aux dépôts lacustres du Chili et de la Bolivie, où l'on voit les couches de ces dépôts venir buter contre les masses trachytiques sans perdre leur horizontalité; et l'on est porté à croire qu'ils ont été injectés pendant toute la période tertiaire. Pour arriver à la surface, les roches trachytiques ont suivi la même voie que les syénites; les failles remplies par ces dernières roches ont été agrandies, et le sol soulevé de nouveau; c'est à cette époque que correspond le soulèvement principal des Andes chiliennes, et c'est pour la première fois que l'on voit les masses plutoniques arriver à la surface accompagnées de fluides élastiques dont l'existence est attestée par la grande quantité de matières projetées qui se montrent dans le voisinage des masses trachytiques. Les variétés les plus récentes des trachytes sont les phonolites; ces roches se

montrent dans les grands centres volcaniques, où elles sont disposées par nappes qui alternent avec des couches de conglomérats: c'est ainsi qu'elles se montrent au Tacora, dans les groupes volcaniques du Descabizado, de Chillan et d'Antuco. Elles apparaissent aussi dans la vallée longitudinale du Chili, où elles se présentent en dykes qui forment le sommet des montagnes isolées que l'on aperçoit de distance en distance dans toute la longueur de cette vallée. Les phonolites appartiennent encore à une époque antérieure au dépôt des dernières couches tertiaires; on en rencontre de nombreux fragments dans les roches roulées qui forment le terrain de transport ancien.

## LABRADORITE.

Les roches les plus anciennes de la seconde série paraissent se rapporter à la même époque que les syénites; elles forment des dykes au milieu du terrain silurien et du grès rouge, dont elles ont également redressé les couches dans la direction du nord, 8° à 9° est. Leur aspect est celui des granites; seulement leur couleur est plus sombre; elles sont formées presque entièrement de labradorite auquel viennent s'associer le mica et une quantité assez grande de fer titanifère. Ces roches se rencontrent principalement dans la Bolivie et la partie nord du Chili; elles forment presque tous les récifs de la côte entre Arica et le port de Caldéra; on les retrouve encore près de Chanaral, mais elles ne se montrent plus au sud du 50° degré, si ce n'est en dykes de peu d'épaisseur comme on les voit près de Valparaiso et de S. Antonio.

## HYPERSTHÉNITE.

Dans le second type de cette série le labradorite s'associe à l'hypersthène; on n'y retrouve plus de mica, mais le

fer titanifère continue à s'y montrer; on y remarque même quelquefois de la pyrite et quelques traces de cuivre. Ces roches se présentent en dykes souvent d'une grande puissance; ils sont orientés à très-peu près de l'est à l'ouest, et traversent dans cette direction le terrain silurien, le grès rouge et les syénites, tandis qu'ils n'ont jamais été observés dans le trias ou dans les formations plus récentes.

PORPHYRE AUGITIQUE.

Le porphyre augitique se rattache d'une part à l'hypersthénite et de l'autre au phonolite; dans quelques variétés, le labradorite s'y présente en larges facettes; et c'est seulement par la présence du pyroxène que ces roches se différencient de l'hypersthénite. D'autres variétés présentent une masse compacte composée de cristaux microscopiques; sa composition correspond à un mélange d'oligoclase, et de labradorite, et lorsque les cristaux de pyroxène y deviennent rares, on les confond avec le phonolite.

Les porphyres augitiques sont du même âge que les trachytes; ils forment des dykes qui affectent la même orientation. On les rencontre généralement dans les formations du grès rouge, du trias et dans le terrain jurassique, tandis qu'ils manquent dans le terrain silurien et les schistes cristallisés.

ROCHES VOLCANIQUES.

La fin de la période tertiaire a été caractérisée dans les Andes par des phénomènes d'une intensité remarquable. Les larges failles par lesquelles les syénites et les trachytes s'étaient frayé un passage se sont ouvertes de nouveau et ont projeté à de grandes distances des matières meubles composées de ponces, de cristaux microscopiques de

feldspath mélangés aux débris des roches sous-jacentes. Ces conglomérats ponceux recouvrent de vastes surfaces, tant à l'est qu'à l'ouest de la chaîne des Andes chiliennes; ils forment la base qui supporte les cônes volcaniques voisins du Tacora et du Saajama, près de La-Paz, ils forment une couche très-régulière de 4 à 5 mètres d'épaisseur qui est recouverte par le terrain de transport. On les rencontre dans la même situation dans la plaine qui s'étend entre Arica et Tacna. Au Chili, on les rencontre sur les plateaux qui supportent les volcans du Descabezado, du Maule et d'Antuco; enfin ils reparaissent dans la vallée longitudinale près de Santiago, dans la plaine de Talca et dans l'Araucanie. En même temps que ces matières étaient projetées, les masses fluides qui ont produit les rétinites et les obsidiennes arrivaient à la surface. Ces roches forment de puissants dykes orientés à peu près nord-sud; elles correspondent au maximum de l'intensité volcanique et à la grande débâcle qui a produit le terrain de transport.

En suivant la marche de ce terrain depuis les hautes vallées des Andes jusqu'à l'entrée de la plaine sur laquelle il s'est étendu, on reconnaît que seulement des pluies torrentielles ou la fonte rapide des neiges qui couvraient les cîmes des Andes ont pu transporter à d'aussi grandes distances cette énorme quantité de débris dont une partie est arrivée jusqu'à la mer. C'est aussi vers ce même temps qu'ont eu lieu les derniers soulèvements qui ont achevé de façonner le relief de la chaîne des Andes chiliennes.

A partir de cette époque, les grandes failles par où s'échappaient les rétinites s'obstruent peu à peu, les communications avec l'intérieur se réduisent à quelques ouvertures par lesquelles les fluides élastiques projettent les scories qui forment les cônes volcaniques. Les matières fluides qui s'échappent de ces cônes sont les mêmes; toutes les laves récentes des volcans des Andes ont pour base le

rétinite; tantôt il s'y montre seul, d'autres fois il enveloppe une grande quantité de cristaux feldspathiques; avec le temps et sous l'influence de l'atmosphère, ce rétinite perd sa structure vitreuse, les variétés compactes se changent en phonolite et celles où les cristaux de feldspath abondent deviennent des trachytes. Partout où il a été possible d'observer les roches qui supportent immédiatement les cônes des Andes, on a reconnu qu'elles faisaient partie de dykes d'obsidienne ou de rétinite; c'est ce qui se vérifie pour le Descabezado, le volcan de Chillan et celui d'Antuco. Les volcans de la partie des Andes située au sud du 16° degré sont groupés dans deux régions séparées entre elles par un intervalle assez considérable; la première correspond au plateau bolivien, elle comprend d'abord les groupes du Tacora et du Saajama; en avançant vers le sud on rencontre successivement les volcans de Minio, Polapi, Carcanal et S. Pedro, situés au nord de Calama, puis le Licancahur qui s'élève à l'est du village d'Atacama et en suivant la chaîne des Andes, qui dans cette partie se détache du plateau bolivien, on rencontre successivement les volcans de Lascar, Pular, Lullaillaco et Damjnez. Ce dernier situé par le 26° degré forme la limite de la première région; depuis ce point jusqu'au 34° degré on ne rencontre plus aucune montagne volcanique. Celles de Coquimbo, de Linari, de Chuapri (Choapa), d'Aconcagua, citées dans le cosmos de M. A. de Humboldt, sont formées de roches sédimentaires. Près du 34° degré s'élève le groupe des volcans de Maipo auquel succèdent en avançant vers le sud les volcans de Tinguiririca, Peteroa, Descabezado, Maule, Longavi, Chillan, Antuco, Callaqui, Lonquimai, Yaimas, Villarica, Quetropillau, Lajara, Osorno et Calbuco. Au sud de ce dernier la chaîne des Andes est encore entièrement inexplorée; on considère cependant comme des montagnes volcaniques le Yanteles, le Minchimadom et le Corcovado.

## DÉPÔTS MÉTALLIFÈRES.

Les dépôts métallifères de la région des Andes sont constamment en rapport avec les roches plutoniques; de même que les derniers symptômes de l'action volcanique se manifestent par des sources thermales qui déposent sur leur trajet les matières qu'elles tenaient en dissolution; il paraît qu'à la suite de l'injection de chaque masse plutonique, des matières fluides ou gazeuses ont déposé les combinaisons métalliques dans les vides laissés entre ces masses et la roche encaissante.

Si l'on excepte les dépôts d'ailleurs très-pauvres en combinaisons métalliques que produisent encore les eaux thermales; les plus récents se rapportent à l'injection des roches trachytiques anciennes; ce sont ceux qui renferment l'argent et dans lesquels se rencontre aussi le plus grand nombre de métaux différents. Ils sont en rapport avec les trachytes ou les porphyres augitiques et se présentent sous la forme de filons placés sur le prolongement ou les côtés des dykes formés par ces roches ou bien sous celle d'amas irréguliers traversés par une infinité de petites veines métallifères. Les matières qui accompagnent les combinaisons métallifères sont le quartz, le calcaire spathique, le carbonate double de chaux et de manganèse, la barytine et quelquefois la prehnite et les zéolites; quant aux métaux qui s'y rencontrent, ce sont l'argent, le mercure, le plomb, le bismuth, l'antimoine, le cuivre, le nickel, le cobalt, la manganèse et le fer. L'étude de quelques localités laisse entrevoir l'origine des matières qui constituent ces dépôts. C'est ainsi qu'en suivant le dyke de porphyre augitique qui occupe le fond de la vallée de la Marqueza, près de Coquimbo, on voit qu'en approchant des roches de contact, ce porphyre se change graduellement en amygdaloïde; les sphéroïdes sont d'abord très-petits et

ils vont en augmentant de volume près des surfaces de séparation, comme cela aurait lieu pour des bulles de gaz soumises à une pression décroissante. Les matières qui forment ces géodes sont d'ailleurs les mêmes que l'on rencontre dans les filons argentifères, c'est-à-dire le quartz, le spath calcaire, le double carbonate de chaux et de manganèse, la prehnite et les zéolites; on y trouve aussi quelquefois des filets d'argent natifs; près de l'origine de la vallée, le porphyre augitique disparaît sous des roches modifiées; ces roches sont divisées en gros fragments et forment comme une brèche dont les parties sont cimentées par les mêmes matières qui constituent les géodes de l'amygdaloïde. Enfin en remontant encore on voit ces petites veines de calcaire, de quartz et de prehnite se réunir pour former les filons qui sont exploités aux mines de Rodaïto. La mine de San Antonio, dans la vallée de Copiapo, donne lieu à des remarques à peu près semblables; ici le trachyte remplace le porphyre augitique; il n'y a point d'amygdaloïdes, mais au contact du trachyte et de la roche encaissante on retrouve la même disposition; ce sont encore des fragments anguleux de trachyte et de roches sédimentaires reliés entre eux par la silice et le calcaire, et c'est dans l'espèce de réseau que forment ces corps que l'on rencontre l'argent bismuthal, le bismuth natif et l'arséniure de cuivre. Tout semble donc indiquer que les matières métalliques étaient chassées de la masse trachytique en même temps que l'eau qui tenait en dissolution la silice et les carbonates calcaires.

Dans les filons qui ont été reconnus jusqu'à une grande profondeur, on remarque que les combinaisons métalliques y sont disposées dans un certain ordre; les chlorures, bromures et iodures occupent toujours la partie supérieure où ils sont associés avec l'argent natif. En descendant plus bas, on rencontre les sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures. C'est aussi à cette hauteur qu'apparaissent le mis-

pickel, le nickel et le cobalt; plus bas encore, l'arsenic et l'antimoine disparaissent, le soufre forme presque seul toutes les combinaisons, et c'est à cette profondeur que se rencontrent ordinairement la galène et la blende. En même temps que ces combinaisons se succèdent, des changements non moins remarquables s'observent dans les matières qui forment la gangue des filons; vers la partie supérieure, ce sont le spath brunissant, les oxydes de fer et de manganèse qui dominent; puis ils sont remplacés par le calcaire spathique, la barytine et le quartz, et c'est ce dernier corps qui domine dans la partie inférieure. Cette disposition est générale pour tous les filons qui traversent une grande épaisseur de couches, comme on peut le vérifier à Trespuntas, à Charharcillo, et à Arqueros. Dans les parties où la masse plutonique se trouve plus rapprochée, on ne rencontre que des sulfures ou des arséniures; c'est le cas des mines de San Antonio, de celles des environs de Santiago et du plus grand nombre de celles de la Bolivie.

Les dépôts de cuivre appartiennent à deux époques; les plus anciens se rapportent aux hypersthénites. On a déjà vu que cette roche contenait beaucoup de fer titanifère et quelques particules de pyrite; ce sont ces substances qui forment sur les côtés où le prolongement des dykes d'hypersthénite des filons qui atteignent souvent une grande puissance; ils sont formés de quartz, de fer oxydulé, de pyrite et de cuivre jaune ou panaché; on y rencontre aussi quelquefois de l'or et du sulfure de molybdène; mais l'argent, le plomb, le nickel et le cobalt y manquent absolument. Les mines du Chili qui se trouvent situées dans la chaîne maritime appartiennent en général aux dépôts de cette époque: telles sont celles de Calleo, de Catemus, de Panulcillo, du Brillador et de la Higuera.

Les dépôts cuivreux d'origine plus récente se rapportent aux porphyres augitiques et présentent, quant à leur composition, la plus grande ressemblance avec les dépôts ar-

gentifères. C'est là en effet que l'on rencontre les chlorures, les oxychlorures, le cuivre natif et l'oxydure de ce métal. Ces combinaisons occupent la partie supérieure des filons où elles sont associées avec le sulfure et l'arséniure de cuivre; plus bas on rencontre les pyrites violettes ou panachées.

Les porphyres augitiques ne sont point toujours accompagnés de dépôts cuivreux. On se rappelle que l'orientation des dykes d'hypersthénite est à peu près perpendiculaire à celle des masses de porphyre augitique; or c'est presque toujours au point d'entre-croisement des lignes stratigraphiques qui se rapportent à ces deux systèmes que se rencontrent les dépôts cuivreux, ce qui porte à croire qu'ils proviennent de dépôts plus anciens, que les masses porphyriques auraient rencontrés sur leur passage. Cette opinion prend d'autant plus de vraisemblance que l'on rencontre dans ces dépôts moins anciens presque tous les métaux qui accompagnent l'argent et qui appartiennent exclusivement aux porphyres augitiques et aux trachytes. Aussi est-ce dans la vallée longitudinale et dans la chaîne des Andes, là où abondent les roches trachytiques, que l'on rencontre les cuivres gris, l'énergite, l'oxydure et les chlorures de ce métal.

Les roches plutoniques plus anciennes que l'hypersthénite sont pauvres en métaux; les porphyres quartzifères paraissent être en rapport avec quelques filons stannifères de la Bolivie, tels que ceux d'Oruro, de Sorazora et d'Antequera.

Quant aux granites et aux syénites, les veines de quartz qu'ils envoient dans les roches stratifiées ne contiennent guère que de la pyrite, de l'or et du titane rutile. C'est donc à partir de l'injection des trachytes que les métaux se montrent en plus grande abondance, et ils deviennent de plus en plus rares à mesure que l'on se reporte à des époques plus reculées.

Un autre fait paraît ressortir de l'étude des roches plutoniques dans leurs rapports avec les terrains sédimentaires, c'est la température de moins en moins élevée des masses qui ont formé ces roches à mesure que l'on remonte vers les temps primitifs. L'arrivée à la surface des laves et des trachytes y est toujours signalée par une puissante expansion de fluides élastiques qui s'échappent de ces masses et en projettent au loin la matière sous forme de scories. Les porphyres augitiques présentent encore ce caractère dans les amygdaloïdes qui se forment à leur surface et au contact de roches encaissantes; mais dès que l'on arrive aux porphyres quartzifères, aux hypersthénites, aux syénites et aux granites, on ne trouve plus rien qui rappelle la fluidité des laves ni l'énorme quantité de matière projetée par l'expansion des vapeurs ou des gaz.

#### EXPLICATION DES PLANCHES.

##### PLANCHE IX.

Carte géologique de la chaîne des Andes et de la région située à l'ouest, depuis le 22° degré de latitude sud jusqu'au 42° à l'échelle de  $\frac{1}{5,000,000}$ .

A cause de la petitesse de l'échelle, on n'a pu figurer sur cette carte que les terrains qui occupent une certaine étendue; ainsi les dykes de porphyre quartzifère, ceux des roches de labradorite et d'hypersthénite n'ont pu être indiqués. Pour y suppléer, on a tracé les arcs de grands cercles qui donnent leur orientation; ils sont rapportés au sommet de l'Aconcagua. Celui de ces arcs qui est désigné sous le nom de *système chilien* suit avec un parallélisme remarquable la chaîne des Andes chiliennes, depuis le détroit de Magellan jusqu'à l'Aconcagua; plus loin vers le nord, il passe par le sommet de l'Illimani.

Le système colombien, qui se rapporte à l'orientation du granite, est aussi sensiblement parallèle aux cordillères de la Colombie depuis Payta jusqu'à Caracas.

Le système péruvien reproduit la direction des porphyres quartzifères; il est

parallèle aux Andes du Pérou et de la Bolivie, ainsi qu'à l'arc qui passerait par l'illimani et le Chimbozazo.

Afin de pouvoir comparer l'orientation de ces cercles avec ceux du réseau pentagonal, on a également tracé les cinq cercles primitifs qui passent par le centre du pentagone du Chili.

### PLANCHE X.

La Pl. X contient deux coupes géologiques : l'une du plateau bolivien suivant une ligne passant par Arica et la Paz; l'autre du Chili passant par Talcahuano et le volcan d'Antuco. La première de ces coupes est à l'échelle de  $\frac{1}{1.000.000}$ ; la seconde à celle de  $\frac{1}{500.000}$ ; afin de rendre sensible l'épaisseur des formations, on a choisi pour les hauteurs une échelle décuple de celle des distances; enfin on a indiqué dans chacune d'elles le niveau de la ligne de thalweg qui forme ainsi la limite inférieure des terrains observés, et c'est seulement au-dessus de cette limite que les inclinaisons des strates et les rapports des différents terrains ont été nettement indiqués.

### BULLETIN.

#### PLANCHE X.

### Note sur plusieurs accidents causés par des imprudences dans l'emploi de la dynamite.

PAR M. AMIOT, ingénieur des mines.

L'emploi de la dynamite dans les travaux des mines exige quelques précautions bien simples, mais tout à fait indispensables, et dont l'oubli a récemment causé plusieurs accidents. Comme il s'agit d'un engin nouveau dont l'étude n'est pas encore complète, il peut être intéressant de signaler aux lecteurs des *Annales* ces accidents, et les précautions dont ils montrent la nécessité.

#### I. — Cartouches gelées.

La dynamite, exposée au froid, durcit à 8°. Quand elle est ainsi gelée, il est difficile d'en provoquer l'explosion. Il faut pour cela la porter lentement à la température de 216°, ou employer, soit une cartouche-amorce molle, soit une capsule de fulminate très-fortement chargée. Cet état de la dynamite a un autre inconvénient, c'est qu'il rend difficile l'introduction de la cartouche dans le trou qui doit recevoir le coup de mine.

Il ne faut jamais essayer de chauffer à feu nu, pour les dégeler, les cartouches durcies.

Le 20 mars 1873, à onze heures du matin, dans une baraque dépendant de la mine de fer de Thorent, un forgeron faisait dégeler une certaine quantité de cartouches (une vingtaine probablement ou 2 kil.), sur une planche placée près du feu de la cheminée, lorsqu'eut lieu une première détonation faible (d'une seule cartouche sans doute); une seconde à peu près identique la suivit de très-près. Le forgeron n'eut que le temps de donner rapidement à son aide l'ordre d'éteindre le feu; une troisième explosion, bien plus forte, se produisit au même moment. Un mur de refend, qui



divisait la baraque en deux, était renversé; le forgeron, enseveli sous les décombres, fut retiré asphyxié quelques minutes après. Son aide était fortement contusionné et avait les mains brûlées; un manœuvre, qui se trouvait là, en était quitte pour quelques contusions. On a retrouvé dans les décombres, après l'explosion, une caisse contenant 3 à 4 kilogrammes de dynamite qui était dans la baraque. Aux abords de la cheminée, le sol était défoncé et bouleversé sur une profondeur de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50.

Des accidents tout à fait analogues ont eu lieu en Angleterre, l'un, en octobre 1872, dans le district ardoisier de Carnarvon; deux autres, le 9 et le 10 décembre, sur les chantiers de la compagnie du chemin de fer minéral du Cornwall (*Mineral Railway Company*). Dans l'un des cas, l'explosion s'est produite dans le logement même d'un ouvrier; celui-ci, au lieu de faire dégeler, conformément à un règlement affiché sur les chantiers, ses cartouches dans un appareil à bain-marie qui existe à cet effet, les avait emportées chez lui et les chauffait devant le feu de sa cheminée.

Le moyen d'éviter ces accidents est de ne jamais chauffer à feu nu les cartouches durcies. Il faut, quand on n'en a qu'une petite quantité, les ramollir en les portant dans la poche. S'il s'agit d'une quantité plus grande, on doit les faire dégeler dans un vase chauffé sur bain-marie d'eau tiède, comme l'indique M. l'inspecteur général G. de Nerville avec le *Mémorial de l'officier du génie*. On doit éviter d'employer de l'eau trop chaude, qui pourrait décomposer la nitroglycérine.

## II. — Débouillage des coups.

Quand un coup de mine a raté, il ne faut jamais essayer de le débouiller. Le danger d'une pareille tentative est d'autant plus grand que la cartouche de dynamite contient une capsule qui, au moindre choc, détone et provoque l'explosion.

Le 22 octobre dernier, au puits Châtelus n° 1 (concession de Beaubrun, Loire), alors en fonçage, un des coups de mine pratiqués au fond et chargés de dynamite avait raté. Quelques heures plus tard, ce coup partait et blessait un ouvrier qui est mort au bout de peu de jours.

La victime n'a pu dire ce qui s'était passé et les témoignages recueillis sont contradictoires. Mais il semble certain que le blessé, en voulant débouiller le coup qui avait raté, a heurté la capsule avec sa curette.

Dans le cas où un coup rate, ce qu'il y a de mieux à faire est de

l'abandonner. Si l'on tient à ne pas le perdre, « il est prudent de cesser de débouiller quand on arrive à une dizaine de centimètres de la charge et d'essayer une nouvelle cartouche-amorce plus forte que la première; on a la chance de produire, en lui donnant le feu, l'explosion de toute la charge (\*). »

## Statistique de l'industrie minérale de l'Allemagne.

Le ministère du commerce et des travaux publics de Berlin fait insérer tous les ans dans le journal officiel des mines (*Zeitschrift für das Berg-, Hütten-, und Salinen-Wesen*) un état statistique de la production des mines et des salines prussiennes pendant l'année précédente, ainsi que de la production des usines métallurgiques et minéralurgiques.

Cet état statistique comprend d'abord un tableau général qui donne pour chaque matière la production des divers arrondissements miniers (*Oberbergamtsbezirk*), divisés par provinces et districts; ce tableau indique, pour chacun de ces districts, la production en quintaux, la valeur en thalers des produits extraits, le nombre de mines exploitées, le nombre d'ouvriers employés, ainsi que le nombre des femmes et des enfants de ces ouvriers; enfin une colonne spéciale indique comment ces différents chiffres se décomposent entre les mines de l'État, les mines affermées par l'État et les mines non affermées par l'État.

Ensuite vient une statistique des accidents qui sont survenus pendant l'année dans les exploitations minérales; les accidents arrivés dans les puits sont divisés en trois catégories, suivant le mode de transport employé, échelles, fahrkunst, ou cages guidées; à la suite du tableau statistique général, on donne, par arrondissement minier, le détail des accidents.

Le travail se termine par une étude détaillée sur l'exploitation des mines, dans laquelle on examine les progrès faits dans l'année par l'industrie minière, particulièrement au point de vue de la production et par comparaison avec l'année précédente. On passe successivement en revue dans cette étude les différentes substances minérales et, pour chacune d'elles, l'état de l'exploitation

(\*) M. Fritsch, *les Dynamites*, *Mémorial de l'officier du génie*, n° 20, 1872.

dans chaque arrondissement minier et dans les divers groupes de mines compris dans un même arrondissement. On indique enfin les travaux de sondage exécutés pendant l'année pour le compte de l'État.

C'est, comme on le voit, un travail des plus complets; il a en outre le mérite de paraître tous les ans avec la plus grande régularité. A la fin de chaque année, le journal officiel des mines publie ainsi dans ses dernières livraisons les états statistiques relatifs à l'exercice précédent.

Nous allons extraire de ce travail les principaux chiffres relatifs à l'année 1871, en nous bornant à donner l'ensemble de la production des différentes mines, le détail par arrondissement ne nous paraissant pas présenter d'intérêt pour les lecteurs des *Annales*. Nous ne prendrons de même, dans les renseignements qui se rapportent à chaque substance minérale, que ceux qui nous sembleront avoir un intérêt particulier.

*Production des mines pour 1871.*

NATURE des matières extraites.	POIDS.	VALEUR.	NOMBRE		
			des mines en exploita- tion.	des ouvriers em- ployés.	des femmes et enfants des ouvriers.
	tonnes.	francs.			
Houille . . . . .	25.967.044	228.429.881	451	131.575	221.861
Lignite . . . . .	6.876.245	26.122.241	522	16.863	41.121
M. de fer . . . . .	2.920.274	31.796.779	1.168	26.259	47.670
M. de zinc . . . . .	330.697	6.603.686	107	9.214	13.086
M. de plomb . . . . .	92.277	18.342.934	209	18.599	33.525
M. de cuivre . . . . .	214.014	6.709.391	110	6.457	11.635
M. d'argent . . . . .	18	203.475	2	—	—
M. de mercure . . . . .	7	236	2	8	36
M. de cobalt . . . . .	18	21.266	1	52	52
M. de nickel . . . . .	6	13.376	—	—	—
M. d'arsenic . . . . .	445	16.688	1	20	47
M. d'antimoine . . . . .	11	1.245	3	13	14
M. de manganèse . . . . .	12.641	580.136	59	775	1.311
Pyrite et autres minerais vi- trioliques . . . . .	118.332	1.717.031	23	703	1.273
M. aluminifères . . . . .	17.192	45.893	4	79	243
Spath fluor . . . . .	1.887	18.788	4	16	40
Baryte sulfatée . . . . .	1.978	16.973	10	38	63
Phosphorite . . . . .	33.870	1.046.378	49	846	1.401
Sels de soude et de potasse bruts . . . . .	233.808	2.344.898	3	577	2.238
Total . . . . .	36.820.764	324.031.295	2.728	212.094	375.616

*Accidents.*—Il y a eu, en 1871, 562 hommes tués sur les 213.156

ouvriers employés dans les mines, carrières et ateliers de préparation mécanique, soit 1 sur 379 ou 2,652 p. 1000. En 1870, la proportion avait été de 1 sur 391 ou 2,555 p. 1000. Si l'on compare maintenant le nombre des accidents suivis de mort avec les quantités extraites et leur valeur, on trouve qu'il y a eu :

Dans les mines de houille, un homme tué pour 64.454 tonnes extraites, valant 566.820 francs ;

Dans les mines de lignite, un homme tué pour 105.788 tonnes extraites, valant 402.458 francs ;

Dans les mines métalliques, un homme tué pour 45.752 tonnes extraites, valant 815.456 francs.

Le tableau suivant indique la façon dont se répartissent les différents accidents :

NATURE des matières extraites.	POIDS.	VALEUR.	NOMBRE		
			des mines en exploita- tion.	des ouvriers em- ployés.	des femmes et enfants des ouvriers.
	tonnes.	francs.			
Houille . . . . .	25.967.044	228.429.881	451	131.575	221.861
Lignite . . . . .	6.876.245	26.122.241	522	16.863	41.121
M. de fer . . . . .	2.920.274	31.796.779	1.168	26.259	47.670
M. de zinc . . . . .	330.697	6.603.686	107	9.214	13.086
M. de plomb . . . . .	92.277	18.342.934	209	18.599	33.525
M. de cuivre . . . . .	214.014	6.709.391	110	6.457	11.635
M. d'argent . . . . .	18	203.475	2	—	—
M. de mercure . . . . .	7	236	2	8	36
M. de cobalt . . . . .	18	21.266	1	52	52
M. de nickel . . . . .	6	13.376	—	—	—
M. d'arsenic . . . . .	445	16.688	1	20	47
M. d'antimoine . . . . .	11	1.245	3	13	14
M. de manganèse . . . . .	12.641	580.136	59	775	1.311
Pyrite et autres minerais vi- trioliques . . . . .	118.332	1.717.031	23	703	1.273
M. aluminifères . . . . .	17.192	45.893	4	79	243
Spath fluor . . . . .	1.887	18.788	4	16	40
Baryte sulfatée . . . . .	1.978	16.973	10	38	63
Phosphorite . . . . .	33.870	1.046.378	49	846	1.401
Sels de soude et de potasse bruts . . . . .	233.808	2.344.898	3	577	2.238
Total . . . . .	36.820.764	324.031.295	2.728	212.094	375.616

*Accidents.*—Il y a eu, en 1871, 562 hommes tués sur les 213.156

NATURE de l'exploitation.	NOMBRE d'ouvriers employés.	TRAVAIL à la poudre.		CHUTES de blocs.		DANS des plans inclinés.		DANS des puits.		DANS des galeries de roulage.		GRISOU.		MAUVAIS gaz.		PAR des machines.		COUPS d'épau.		AU JOUR.		ACCIDENTS divers.		TOTAL général.	
		Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.	Pour 1.000 ouvriers.	Total.
Mines de houille...	131.337	13	0,089	142	1,081	53	0,404	71	0,541	14	0,107	60	0,457	9	0,069	8	0,061	1	0,008	22	0,168	10	0,076	403	3,075
Mines de lignite...	16.863	»	»	34	2,016	»	»	16	0,919	»	»	»	»	7	0,415	3	0,178	3	0,178	2	0,117	»	»	65	3,855
Mines métalliques...	58.766	7	0,119	30	0,510	4	0,068	23	0,391	2	0,034	»	»	»	»	2	0,034	»	»	8	0,136	5	0,085	81	1,378
Autres exploitations.	6.190	3	0,485	9	1,454	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	0,161	»	»	13	2,100
Total...	213.156	23	0,108	215	1,009	57	0,267	110	0,516	16	0,075	60	0,282	16	0,075	13	0,061	4	0,019	33	0,155	15	0,070	502	2,632

Quant aux accidents arrivés dans les puits pendant la circulation des ouvriers, ils se décomposent de la façon indiquée par le tableau ci-dessous, qui présente un certain intérêt par les indications qu'il donne sur le degré de sécurité offert par les divers moyens de transport :

Nombre d'ouvriers.	ÉCHELLES.		Nombre d'ouvriers.	FAHRKUNST.		Nombre d'ouvriers.	CAGES GUIDÉES.	
	Nombre d'accidents.			Nombre d'accidents.			Nombre d'accidents.	
	total.	p. 1.000.		total.	p. 1.000.		total.	p. 1.000.
84.772	15	0,177	6.565	2	0,305	38.462	17	0,442

Les plus fortes explosions de grisou se sont produites dans l'arrondissement minier de Dortmund ; l'une d'elles a coûté la vie à 15 ouvriers, une autre à 9 ; 55 ouvriers dans ce seul arrondissement ont péri par des accidents de ce genre.

*Exploitation des mines.* — Malgré l'influence de la guerre sur les premiers mois de l'année 1871, l'industrie minière a pris dans le cours de cette année un développement considérable. La crise des transports s'est cependant fait sentir avec force dans toute l'Allemagne, et l'on en a d'autant plus souffert que le développement même de la production aurait nécessité un accroissement correspondant dans le matériel des compagnies de chemins de fer. Aussi est-il permis de croire que le progrès qu'on a constaté à la fin de 1871 n'est pas accidentel, et devra s'accroître de plus en plus.

La production minière de 1871 a, dans tous les cas, dépassé de beaucoup celle de 1870 : le poids total des matières minérales extraites, en laissant de côté le sel et les ardoises, s'élève à 56.586.956 tonnes, tandis qu'en 1870 il n'était que de 52.954.146 tonnes ; il y a donc une augmentation de 10,95 p. 100 sur l'année précédente. La différence est encore plus sensible si l'on compare les valeurs des produits extraits ; la valeur totale, en laissant encore de côté le sel et les ardoises, est, pour l'exercice 1871, de 521.686.597 francs ; en 1870 elle n'a été que de 257.169.904 francs, par suite de la différence entre les prix de vente, bien plus élevés en 1871 qu'en 1870 ; l'augmentation de la valeur totale des produits extraits est, d'après ces chiffres, de 25,09 p. 100. Le nombre des ouvriers s'est aussi considérablement accru, de 50.000 environ, ce qui s'explique suffisamment par l'état de guerre, qui a dû avoir une plus grande influence sur 1870 que sur 1871 ; mais si le nombre

d'ouvriers a augmenté, le travail de chacun a un peu diminué; le produit par homme est en effet tombé de 181 tonnes à 173 tonnes.

Le tableau suivant donne le détail, pour chacune des principales substances minérales, des différents éléments que nous venons de passer en revue.

NATURE des matières extraites.	ANNÉE.	VALEUR			NOMBRE	
		POIDS.	totale.		des mines.	des ouvriers.
			tonnes.	francs.		
Houille. . . . .	1871 1870	25.967.044 23.316.237	228.429.381 172.644.840	8,800 7,400	446 423	131.575 107.782
Augmentation . . . . .		2.650.807	55.785.041	1,400	23	23.793
Lignite. . . . .	1871 1870	6.876.249 6.116.521	26.122.241 21.674.704	3,800 3,550	522 518	16.855 14.780
Augmentation . . . . .		759.724	4.447.537	0,250	4	2.075
Minerai de fer. . . . .	1871 1870	2.920.274 2.676.400	31.796.779 24.561.724	10,875 9,175	1.126 1.065	26.259 22.902
Augmentation. . . . .		243.874	7.235.055	1,700	61	3.357
Minerai de zinc. . . . .	1871 1870	330.697 363.583	6.603.686 8.639.730	19,950 23,750		
Diminution. . . . .		32.886	2.036.044	3,800		
Minerai de plomb. . . . .	1871 1870	92.277 98.858	18.342.934 19.141.920	198,775 193,625	290 277	34.270 33.801
Diminution. . . . .		6.581	798.986		"	"
Augmentation. . . . .				5,150	13	469
Minerai de cuivre. . . . .	1871 1870	214.014 204.148	6.709.391 5.959.969	31,350 29,175		
Augmentation . . . . .		9.866	749.422	2,175		

L'accroissement de la production des minerais de fer a été marqué surtout pour les minerais de bonne qualité, tels que le fer carbonaté et l'hématite brune, très-demandés pour la fabrication de fonte miroitante pour Bessemer.

La diminution dans la production des minerais de zinc et de plomb tient en grande partie à l'interruption qu'a amenée la guerre dans les relations commerciales entre la France et la Prusse, car c'est en France que se vendaient presque tout le plomb et le zinc fabriqués dans les provinces du Rhin.

La production en minerai de cuivre a sensiblement augmenté, particulièrement dans le Mansfeld.

La production des minerais de manganèse, qui s'était crûment notablement depuis 1868, s'est relevée en 1871, et le prix de vente

a augmenté. La quantité extraite, qui avait été de 11.785 tonnes en 1870, est en 1871 de 12.641 tonnes.

L'exploitation des pyrites de fer est également, mais déjà depuis plusieurs années, en voie de développement; la production, qui était de 98.465 tonnes en 1870, s'est élevée à 118.552 en 1871.

Quant aux minerais d'argent, de mercure, de cobalt, de nickel, d'arsenic, d'antimoine et aux matières alunifères, leur production n'a pas varié sensiblement.

L'exploitation des phosphates a pris en 1871 un grand développement; le poids total extrait, qui est en 1871 de 33.870 tonnes, n'avait été que de 26.129 tonnes l'année précédente; presque toute cette quantité est vendue dans le pays même.

Enfin les mines de sel gemme ont suivi la même voie; leur production, qui était de 211.446 tonnes en 1870, a augmenté de 22.562 tonnes en 1871; c'est surtout sur les sels de potasse que se porte l'exploitation: on en a extrait en 1870 un poids de 146.250 tonnes, et 160.150 tonnes en 1871.

Nous extrayons maintenant des détails relatifs à l'exploitation des diverses matières minérales, les tableaux suivants qui peuvent présenter quelque intérêt. Le premier donne la production de la houille par bassin houiller:

BASSINS.	POIDS extrait.	PART dans la production totale.	NOMBRE d'ouvriers.
	tonnes.		
Haute Silesie. . . . .	6.557.203	25,25	28.087
Basse Silesie. . . . .	1.370.037	7,59	11.175
Wettin. . . . .	41.048	0,16	193
Löbejün. . . . .	47.928	0,18	253
Hanovre. . . . .	2981642	1,15	2.064
Comté de Bohnstein. . . . .	23.468	0,09	172
Schaumburg (1/2). . . . .	98.922	0,38	689
Minden. . . . .	5.467	0,02	114
Ibbenbüren. . . . .	203.316	0,78	1.417
La Ruhr. . . . .	12.461.259	47,99	62.384
Aix-la-Chapelle. . . . .	996.196	3,84	5.572
La Sarre. . . . .	3.263.058	12,37	19.455
Somme. . . . .	25.967.044	100,00	131.575

On voit que le bassin de la Ruhr produit à lui seul presque autant que tous les autres réunis.

Pour les lignites, ce sont les districts de Mersebourg et de Magdebourg qui sont les plus importants, ils donnent à eux deux plus des trois quarts de la production totale.

Le tableau suivant donne la production, pour 1870 et 1871, des diverses espèces de minerais de fer:

NATURE DU MINÉRAI.	1871.	1870.
	tonnes.	tonnes.
Limonite ( <i>Raseneisenerz</i> ) . . . . .	54.446	42.361
Hématite brune . . . . .	1.190.049	1.080.399
Fer carbonaté . . . . .	610.689	531.577
Minéral argileux . . . . .	44.365	47.572
Minéral des houillères . . . . .	280.681	267.368
Hématite rouge . . . . .	568.149	510.659
Fer oxydé jaune . . . . .	»	1.047
Fer magnétique . . . . .	9.808	9.569
Minerais en grains . . . . .	162.087	185.848
Somme . . . . .	2.920.274	2.676.400

L'arrondissement minier de Bonn entre à lui seul pour 1.698.609 tonnes dans ce chiffre de 2.920.274 tonnes.

Les 550.697 tonnes de minéral de zinc extraites en 1871 se composent de 286.026 tonnes de calamine et 44.671 tonnes de blende; presque toute la calamine vient des mines du district d'Oppeln; pour la production de la blende, c'est le district de Cologne qui est le plus important: il entre pour près de la moitié dans le chiffre que nous venons de citer.

Enfin, pour les minerais de plomb, c'est le district d'Aix-la-Chapelle qui a la production la plus forte, et pour les minerais de cuivre celui de Mersebourg, qui figure pour 178.251 tonnes dans le chiffre de 214.014 tonnes que l'on a trouvé plus haut.

Les ardoisières, que nous n'avons pas fait figurer dans le tableau général, ont livré en 1871 des produits pour une valeur de 681.469 francs, soit 71.884 francs de moins que l'année précédente.

Les mines de sel gemme, qui forment en Prusse une catégorie à part, ont livré, comme nous l'avons dit, 253.808 tonnes en 1871, dont 160.150 tonnes de sels potassiques. On a livré 15.498 tonnes aux raffineries; ces usines, qui traitent en outre des eaux salées extraites par des trous de sonde, ont produit, en 1871, 404.644 tonnes de sel raffiné, valant 8.201.966 francs.

(Extrait par M. ZEILLER, ingénieur des mines, du « Zeitschrift für das Berg-, Hütten-, und Salinen-Wesen in dem preussischen Staate. » 20<sup>e</sup> volume, 4<sup>e</sup> livraison, 1872.)

## L'Académie des mines et des forêts de Schemnitz (Hongrie).

(*Berg- und Forst-Akademie.*)

L'École des mines de Schemnitz est la plus ancienne de l'empire austro-hongrois; sa fondation remonte à l'année 1765, sous le règne de Marie-Thérèse. Auparavant, au commencement du XVIII<sup>e</sup> siècle par exemple, les jeunes gens qui se destinaient au service des mines devaient apprendre leur métier auprès des agents de ce service, lesquels faisaient grand mystère des connaissances qu'ils avaient acquises. Il y avait dans chaque district minier un certain nombre d'*expectants* qui, après quelques années d'études pratiques, étaient nommés *praticants* (*Prakticant*). Il s'était formé ainsi des espèces d'écoles professionnelles dans différentes villes de l'empire. En 1747, on songea à les organiser plus régulièrement, et l'on fonda en Hongrie trois écoles de mines: dans la basse Hongrie, à Schmöllnitz et dans le banat de Temesvar.

La première idée de la création d'une école supérieure remonte à l'année 1761; on installa à l'Université de Prague une chaire où l'on devait professer les sciences qui se rattachent à l'art des mines. Deux ans plus tard, on fonda à Schemnitz une École supérieure des mines, et, le 1<sup>er</sup> septembre 1765, Nicolas Jacquin, universellement connu par ses travaux de botanique, y était nommé professeur de chimie; il passa la première année à parcourir le district pour visiter les mines et les usines, et ouvrit son cours en 1764. En 1765, on créa une seconde chaire pour l'enseignement des mathématiques et de la mécanique.

Le succès de ces deux cours, le nombre rapidement croissant des élèves, décidèrent l'impératrice Marie-Thérèse à compléter son œuvre; un décret du 14 avril 1770 éleva l'École de Schemnitz au rang de *Berg-Akademie*, créa un nouveau cours et porta à trois ans la durée des études. La première année comprenait l'arithmétique, l'algèbre, l'analyse, la géométrie, la trigonométrie, la mécanique, l'hydrostatique, l'hydraulique et la physique, avec application de ces sciences à l'art des mines. La seconde année était consacrée à la chimie générale, à la chimie minéralogique et métallurgique, à l'art des essais et à la métallurgie. Enfin, dans la troisième année, on étudiait l'exploitation des mines, la préparation mécanique, la législation des mines et l'économie forestière; les élèves suivaient en outre des exercices de dessin et de levé de

plans de mines. A la fin de chaque semestre ils subissaient des examens publics, et à leur sortie de l'École ils devaient faire un voyage d'instruction dans les districts miniers de l'empire. Tous les jeunes gens qui avaient fait leurs humanités pouvaient se présenter à l'Académie des mines de Schemnitz; le règlement prescrivait en outre d'y accueillir les fils des agents des mines ou des propriétaires et exploitants de mines.

Il y avait en 1795 quatre catégories d'élèves : les *auditeurs (Privat-Zuhörer)* qui suivaient les cours pour leur instruction particulière, comme propriétaires ou exploitants de mines; les *pratiquants payés*, qui appartenaient, dès leur séjour à l'École, à l'administration des mines; les *pratiquants non payés* qui se destinaient au service de l'État, et enfin les *élèves libres* qui ne désiraient pas entrer dans l'administration, et dont le nombre était illimité, les cours ayant été rendus publics en 1795 par un décret de l'empereur François I<sup>er</sup>.

En 1794, on avait créé un cours de comptabilité, destiné spécialement à former des employés pour la tenue des livres de l'administration des mines et des monnaies; il y avait dix places de pratiquants payés pour les jeunes gens qui se consacraient à cette partie du service. En 1807, on adjoignit à l'Académie une école forestière; les cours duraient deux ans; les élèves des mines devaient en suivre une partie; quant aux élèves forestiers, ils étaient tenus de suivre d'abord la première année de cours de l'Académie des mines, pour y recevoir l'instruction générale qui leur était nécessaire. Mais l'organisation même de cette première année de cours présentait des défauts sérieux; les mathématiques, la mécanique, la physique, y étaient traitées dès le début au point de vue surtout de leurs applications à l'art des mines, et il arrivait souvent que des élèves, faute des connaissances élémentaires suffisantes, se trouvaient hors d'état de suivre ces cours.

Pour remédier à cet inconvénient, l'empereur François I<sup>er</sup> fonda, par décret du 13 septembre 1809, un cours préparatoire, comprenant la physique générale, l'algèbre, la géométrie, la trigonométrie et des éléments de logique. Ce cours, qui devait précéder les cours réguliers de l'Académie, se fonda en pratique avec ceux de la première année, de sorte que la durée des études n'en fut pas augmentée. Les élèves qui pouvaient, à leur entrée, justifier des connaissances suffisantes, étaient dispensés de ces leçons préparatoires et admis à suivre immédiatement les cours spéciaux. Ceux-ci s'étaient complétés peu à peu; on y avait ajouté la minéralogie, la géologie, et développé les exercices pratiques de dessin, de levé de plans et

de chimie. Après leur troisième année, les élèves passaient six mois à Windschacht pour y étudier la pratique de l'exploitation des mines et de la préparation mécanique des minerais. Ce n'est qu'après avoir ainsi parachevé leur instruction qu'ils pouvaient être envoyés à l'étranger pour y visiter les mines et les usines, et ils devaient au retour remettre des rapports sur ce qu'ils avaient vu dans leur voyage.

A mesure que les sciences se développaient, de nouvelles leçons s'ajoutaient au programme des cours, les unes facultatives, les autres obligatoires; c'est ainsi qu'en 1820 on ouvrit un cours libre de hautes mathématiques. En 1834, on introduisit dans les études l'art de la construction; enfin, en 1840, on fonda une chaire spéciale de minéralogie, géologie et paléontologie. On faisait en même temps quelques modifications d'une autre nature : les élèves payés par l'administration des mines furent, à partir de 1837, tenus de suivre les cours de l'École forestière et de subir des examens sur ces cours. En 1838, l'École forestière fut élevée elle-même au rang d'Académie, et les études pratiques qui, pour les forestiers, devaient précéder l'entrée à l'École, furent rejetées, comme pour les mines, après la sortie. L'Académie de Schemnitz prit alors le titre de *Berg- und Forst-Akademie* qu'elle porte encore aujourd'hui.

Ces changements successifs finirent par rendre nécessaire une réorganisation générale. Le projet présenté reçut l'approbation impériale le 6 octobre 1846 : le nombre des chaires fut fixé à six, et à chaque professeur on donna un adjoint. On fit en outre quelques modifications dans les cours : le professeur de mathématiques fut chargé de leçons sur les hautes mathématiques, celui de chimie de leçons sur le raffinage du sel et la fabrication des monnaies, et celui de géométrie descriptive et de dessin, d'un cours de construction. La durée des études fut portée à quatre ans pour les élèves des mines et à trois pour les forestiers; ils avaient à suivre ensemble les cours de mathématiques, mécanique, physique et chimie; ils étaient séparés pour les cours spéciaux, lesquels comprenaient, pour les mines : la minéralogie, la géologie, la paléontologie, l'exploitation des mines, la topographie souterraine, l'étude des machines de mines, la métallurgie et l'art des essais; et pour les forêts : l'étude des sols, la botanique, la zoologie, la sylviculture, le cubage des bois et l'administration des forêts. Ces différents cours furent répartis de la façon suivante entre les différentes années d'études :

*Première année.* Algèbre et géométrie pendant le premier semestre.

Physique, mécanique et géométrie descriptive pendant le second semestre.

*Deuxième année.* Chimie générale pendant le premier semestre. Pendant le second : minéralogie pour les élèves des mines; histoire naturelle, étude des sols, etc., pour les forestiers; et cours de construction pour tous.

*Troisième année.* Premier semestre : Géologie et paléontologie pour les élèves des mines. Sylviculture, botanique et zoologie forestières, emploi des produits forestiers, pour les élèves forestiers.

Deuxième semestre : Exploitation des mines, législation des mines, pour les premiers. Cubage des bois, administration des forêts, pour les seconds.

*Quatrième année* (suivie seulement par les élèves des mines). Cours de machines, levé de plans souterrains, cours de style administratif et de tenue des bureaux, pendant le premier semestre.

Art des essais, métallurgie, comptabilité, pendant le second semestre.

Il y avait en outre pendant chaque année d'études des exercices pratiques : dessin, levé de plans, levé de machines, courses géologiques, visites de mines et d'usines, excursions forestières et exercices en forêt. A la fin de chaque semestre les élèves subissaient des examens sur les matières qu'ils venaient d'étudier, et chacune de ces matières donnait lieu à un classement particulier.

On commença en 1848 l'application de ce programme; l'Académie de Schemnitz était à ce moment aussi prospère et aussi fréquentée que possible; il y avait environ trois cents élèves, tant pour les mines que pour les forêts. Mais les troubles politiques qui marquèrent en Hongrie l'année 1848 eurent sur les destinées de l'Académie la plus fâcheuse influence : un grand nombre d'élèves quittèrent et les cours furent suspendus par ordre supérieur le 16 mars 1849. On fonda en même temps, pour satisfaire aux besoins de l'administration, deux Écoles des mines, l'une à Przibram, l'autre à Leoben. L'Académie de Schemnitz fut rouverte cependant en 1859, mais elle ne s'est jamais retrouvée depuis cette époque dans une situation aussi florissante que celle où elle était à la fin de 1847.

Le programme que nous venons d'indiquer fut appliqué pendant plusieurs années sans modifications sensibles; on ajouta seulement au cours de mathématiques des leçons sur la résistance des matériaux, au cours de chimie des leçons de docimasia, et au cours de minéralogie des leçons de cristallographie et des données générales sur la constitution géologique de l'empire.

Mais, en 1856, M. J. v. Russegger, directeur de l'Académie, jeta

les bases d'une organisation nouvelle; il proposait de remanier les différents cours, de développer quelques-uns d'entre eux, mais le changement principal eût été la division des cours spéciaux en deux groupes séparés, l'un consacré à l'art des mines, l'autre à la métallurgie et aux usines; les élèves auraient suivi à volonté l'un ou l'autre de ces deux cours, et ceux qui, ambitionnant les emplois supérieurs de l'administration, auraient voulu étudier également l'art des mines et la métallurgie, auraient dû passer à l'Académie une cinquième année pour suivre le second groupe de cours.

M. P. v. Rittinger fut chargé d'examiner ce plan et de présenter un programme complet, qu'il vint étudier à Schemnitz, après avoir visité les Écoles de Przibram et de Leoben, et qui fut établi après avoir été soumis aux professeurs réunis en conseil et discuté article par article. Le point principal de ce nouveau programme était l'établissement d'une grande École des mines, qui devait remplacer les trois Écoles alors existantes et former à elle seule les agents et ingénieurs pour les mines et les usines de tout l'empire; cette École aurait été placée soit à Vienne, soit au centre d'un des grands districts miniers, à Schemnitz, Przibram ou Leoben. La commission se prononçait pour la seconde de ces deux solutions, considérant qu'il était nécessaire que les élèves pussent étudier sur place et pour ainsi dire au jour le jour la pratique de l'art des mines, et elle proposait Schemnitz ou Przibram pour le siège de la future Académie. Mais ce projet ne fut pas approuvé.

En 1860, on ajouta au programme de la seconde année d'études un cours de construction de machines et l'on divisa le cours de métallurgie en deux parties : métallurgie générale et métallurgie spéciale (fabrication des différents métaux); on lui consacra en outre plus de temps qu'on ne l'avait fait jusqu'alors. On fut conduit, par suite de ces modifications, à augmenter le nombre des professeurs, et une décision du 5 juillet 1866 fixa un nouveau plan d'études que l'on suit encore aujourd'hui et sur lequel nous allons donner quelques détails. Il fut établi d'après un programme général, élaboré en 1860 et revu en 1865, qui s'appliquait aux différentes Écoles des mines de l'empire. Ce programme ne réalise pas complètement les idées présentées en 1856 par M. J. v. Russegger, et plusieurs membres du corps enseignant trouvent que les études ne sont pas encore assez spécialisées, qu'un même professeur ne devrait avoir à traiter qu'une seule matière, les différentes branches des sciences étant trop développées aujourd'hui pour qu'un même individu puisse en posséder parfaitement plusieurs, enfin qu'on devrait donner plus d'importance aux études pratiques et

les diviser en quatre groupes distincts, de façon à former des ingénieurs pour telle ou telle spécialité : exploitation des mines, métallurgie du fer, métallurgie des métaux autres que le fer, constructions et machines.

Les professeurs de l'Académie des mines sont au nombre de six; ils ont le titre de *Bergrath*. Trois sont chargés des cours préparatoires : l'un pour les mathématiques, la mécanique et l'étude générale des machines; un autre pour la physique et la chimie, et le troisième pour la minéralogie, la géologie et la paléontologie; l'adjoint du premier est chargé des leçons de dessin et de géométrie descriptive; l'adjoint du second, du cours de physique. Des trois autres professeurs, l'un fait le cours d'exploitation des mines et de topographie souterraine, le second le cours de métallurgie et d'art des essais, et le dernier le cours de construction et le cours spécial de machines pour les mines et les usines. A chaque cours est attaché un professeur adjoint (\*).

Les cours s'ouvrent chaque année au mois d'octobre et finissent au mois de juillet de l'année suivante. La durée totale des études est de quatre ans : deux ans pour les cours préparatoires et deux ans pour les cours spéciaux. Les élèves qui possèdent les connaissances nécessaires et suffisantes peuvent être dispensés de suivre, en tout ou en partie, les cours préparatoires.

Ces cours sont répartis sur les deux premières années comme l'indique le tableau ci-dessous :

## PREMIÈRE ANNÉE.

PREMIER SEMESTRE.		Nombre d'heures de cours   d'exercices (par semaine).	
<i>Mathématiques élémentaires et supérieures.</i> (Arithmétique, algèbre, géométrie, trigonométrie, etc. Principes de calcul différentiel et intégral.) . . . . .			
	10	4	
<i>Géométrie descriptive</i> et exercices de dessin géométrique. . . . .			
	5	6	
<i>Physique.</i> (Lumière, chaleur, électricité, magnétisme.) . . . . .			
	2	»	
	17	10	

(\*) En 1871, le personnel de l'Académie des mines était composé comme suit :

— Directeur . . . . .	M. D. v. Medniansky.
— Professeur de mathématiques et de mécanique. . . . .	M. S. Farbaky.
— Professeur adjoint, chargé du cours de géométrie descriptive et de dessin. . . . .	M. E. Herrmann.
— Professeur de physique et de chimie. . . . .	M. R. Richter.
— Professeur adjoint, chargé du cours de physique. . . . .	M. A. v. Mikó.
— Professeur de minéralogie, géologie et paléontologie. . . . .	M. J. v. Pettkó.
— Professeur d'exploitation des mines et de topographie souterraine. . . . .	M. G. Faller.
— Professeur de métallurgie et d'art des essais. . . . .	M. A. Kerpely.
— Professeur de construction et de machines. . . . .	M. E. Püschl.

## SECOND SEMESTRE.

SECOND SEMESTRE.		Nombre d'heures de cours   d'exercices (par semaine).	
<i>Mécanique.</i> (Mesure des forces et de leurs effets; dynamique et statique des solides et des fluides. Flexion et résistance; application aux constructions.) . . . . .			
	10	4	
<i>Chimie générale.</i> (Métalloïdes.) . . . . .			
	5	»	
<i>Physique.</i> (Lumière, chaleur, électricité, magnétisme.) . . . . .			
	3	2	
<i>Dessin de constructions.</i> . . . . .			
	»	4	
	18	10	

## DEUXIÈME ANNÉE.

## PREMIER SEMESTRE.

<i>Cours de machines.</i> Principes; éléments des machines; moteurs (moteurs animés, moteurs hydrauliques, moteurs à vapeur, moteurs à vent.) . . . . .			
	5	»	
<i>Exercices de dessin.</i> Croquis d'éléments de machines et de moteurs, et projets. . . . .			
	»	6	
<i>Chimie.</i> (Métaux. Éléments de chimie organique. Analyse qualitative des substances métalliques par voie sèche et par voie humide.) Cinq leçons d'une heure et demie par semaine. . . . .			
	7 1/2	»	
<i>Minéralogie.</i> Exercices pratiques de détermination des minéraux. . . . .			
	4	2	
<i>Géométrie appliquée.</i> (Principes de l'optique et application aux instruments d'optique. Arpentage, emploi de la chaîne, de l'équerre d'arpenteur, de la planchette, de la boussole, du théodolite. Nivellement. Mesure des hauteurs au moyen du baromètre. Exercices de dessin topographique.) . . . . .			
	2	2	
	18 1/2	10	

## SECOND SEMESTRE.

<i>Cours de machines.</i> (Suite.) . . . . .			
	5	»	
<i>Exercices de dessin de machines.</i> (Suite.) . . . . .			
	»	6	
<i>Géologie et paléontologie.</i> Cinq leçons d'une heure et demie par semaine. . . . .			
	7 1/2	»	
<i>Géométrie appliquée.</i> (Suite.) . . . . .			
	4	4	
<i>Exercices d'arpentage.</i> Deux après-midi par semaine. . . . .			
	16 1/2	10	

Comme complément au cours de machines, on fait visiter aux élèves, à différentes reprises, les machines et les ateliers du voisinage. Ils font de même, pour compléter le cours de géologie, des courses géologiques aux environs de Schemnitz, et une grande excursion dans des pays plus éloignés.

Les cours spéciaux, qui occupent les deux dernières années du séjour à l'École, sont divisés de la manière suivante :



## PREMIÈRE ANNÉE.

	Nombre d'heures de cours   d'exercices (par semaine).	
<i>Exploitation des mines.</i> (Gites; travaux au rocher; travaux de percement, galeries, puits, sondages; boisages, garnissages, muraillements; exploitation proprement dite; exploitation du sel; aérage; extraction; incendies souterrains.) . . . . .	5	"
<i>Machines de mines.</i> (Extraction; épuisement; installations des puits.) . . . . .	2	6
<i>Construction.</i> (Constructions civiles; constructions de routes; constructions hydrauliques; projets.) Exercices de dessin, croquis et projets d'architecture. . . . .	3	4
<i>Travaux d'analyse chimique</i> au laboratoire. Analyses quantitatives. — Les après-midi libres.	"	"
<i>Administration et législation des mines et des usines.</i> (Comptabilité. Droit administratif. Droit général; contrats, servitudes. Droit commercial. Législation des mines.) Principes de la science forestière. . . . .	5	"
	15	10

Au commencement de cette première année, les élèves visitent les mines des environs, pour prendre un aperçu général de l'exploitation et de l'aménagement des mines. A la fin de l'année, ils visitent de nouveau les mines, et vont voir en outre des mines de charbon.

De même, au commencement de la seconde année, ils parcourent les usines métallurgiques voisines de Schemnitz; les cours de cette seconde année sont les suivants :

## SECONDE ANNÉE.

	Nombre d'heures de cours   d'exercices (par semaine).	
<i>Exploitation des mines.</i> (Topographie souterraine; plans de mines. Recherches de mines. Préparation mécanique. Gestion des mines. Statistique.) . . . . .	5	2
<i>Métallurgie.</i> (Métallurgie générale, minerais, fourneaux, combustibles, etc. Métallurgie spéciale, mercure, zinc, arsenic, antimoine, bismuth, cobalt, nickel, étain; fer, plomb, cuivre, argent, or. Gestion des usines. Statistique.) Cinq leçons d'une heure et demie par semaine. . . . .	7 1/2	"
<i>Machines d'usines.</i> (Machines soufflantes, ventilateurs; marteaux de forges, laminoirs, cisailles; machines à frapper les monnaies.) . . . . .	2	6
<i>Croquis et projets d'usines.</i> . . . . .	"	2
<i>Art des essais,</i> avec exercices pratiques un jour par semaine.	2	"
	16 1/2	10

A la fin de l'année, les élèves font de nouveau une série de visites dans des usines.

Les heures des leçons, pour les deux années de cours spéciaux, sont disposées de telle manière qu'un élève puisse, en une seule année, suivre toutes les leçons sur l'art des mines, ou toutes les leçons sur la métallurgie et les usines.

Les deux cours d'exploitation des mines et de métallurgie se terminent l'un et l'autre par quelques données statistiques sur les principales mines et les principales usines de l'Europe en général, et de l'empire austro-hongrois en particulier.

Les courses d'instruction sont, comme on l'a vu, de deux sortes : au commencement de l'année, pendant le premier mois, on met les élèves à même de jeter un coup d'œil général sur les objets qui doivent être traités dans le cours; puis à la fin, dans le dernier mois de l'année, on leur fait revoir la mise en pratique, et cette fois en détail, de tout ce qu'ils viennent d'étudier. Ces visites de mines et d'usines se font sous la conduite du professeur d'exploitation, pour les unes, et du professeur de métallurgie, pour les autres.

Nous avons indiqué, en donnant la liste des différents cours, le nombre d'heures consacré chaque semaine aux leçons d'une part, et aux exercices pratiques d'autre part; les matinées sont consacrées aux leçons à raison de trois heures environ chaque jour, et les après-midi aux exercices de dessin et autres. Outre les cours réguliers que nous avons mentionnés, différents professeurs font des leçons facultatives, parmi lesquelles nous citerons les suivantes :

Mathématiques supérieures, plus développées et appliquées à quelques problèmes de mécanique pratique.

Théorie et emploi de la règle à calcul.

Chimie analytique, plus développée.

Cristallographie.

Coup d'œil général sur la constitution géologique de l'Europe, et plus particulièrement de l'Autriche et de la Hongrie.

Législation des mines.

Principes d'économie politique; etc.

Les cours de l'Académie des forêts sont faits par un *Forstrath*, professeur titulaire, un *Forstmeister*, professeur suppléant, et trois adjoints qui ont le titre de *Revierförster* (\*). La durée des études est de trois ans, et les cours spéciaux commencent dès la première année. Ces cours sont répartis d'après le tableau suivant :

(\*) C'étaient en 1871 :

MM. C. Wagner . . . . .	Forstrath.
J. Lázár . . . . .	Forstmeister.
L. Fekete . . . . .	} Revierförster.
F. Illés . . . . .	
S. Niki . . . . .	

## PREMIÈRE ANNÉE.

PREMIER SEMESTRE.	Nombre d'heures de cours   d'exercices (par semaine).	
<i>Mathématiques élémentaires et supérieures.</i> . . . . .	10	4
<i>Géométrie descriptive.</i> . . . . .	5	6
<i>Vénérie.</i> (Une course d'instruction par semaine.) . . . . .	2	"
	17	10

## SECOND SEMESTRE.

<i>Physique; chimie organique et inorganique.</i> . . . . .	10	4
<i>Anatomie et physiologie botaniques. Botanique forestière.</i> (Une course par semaine.) . . . . .	4	2
<i>Entomologie forestière.</i> . . . . .	2	"
<i>Dessin à main levée.</i> . . . . .	"	4
	16	10

## DEUXIÈME ANNÉE.

## PREMIER SEMESTRE.

<i>Sylviculture.</i> . . . . .	Deux jours d'exercices en forêt } 6	
<i>Exploitation des forêts.</i> } par semaine. . . . .	3	
<i>Étude des sols et climatologie.</i> . . . . .	3	2
<i>Économie politique.</i> . . . . .	4	"
<i>Géodésie.</i> . . . . .	2	"
<i>Dessin topographique.</i> . . . . .	"	4
	18	6

## SECOND SEMESTRE.

<i>Machines. Machines forestières. Instruments forestiers.</i> Cinq leçons d'une heure et demie. . . . .	7 1/2	4
<i>Cubage des bois.</i> (Un jour d'exercice en forêt par semaine.) . . . . .	2	"
<i>Technologie forestière.</i> . . . . .	2	"
<i>Géodésie.</i> (Deux jours d'exercices au dehors par semaine.) . . . . .	4	"
<i>Dessin de machines forestières.</i> . . . . .	"	4
	15 1/2	8

## TROISIÈME ANNÉE.

## PREMIER SEMESTRE.

<i>Surveillance et police des forêts. Législation forestière.</i> . . . . .	2	"
<i>Constructions forestières.</i> . . . . .	3	2
<i>Estimation du revenu des forêts et réalisation de ce revenu.</i> . . . . .	5	4
<i>Organisation de l'administration des forêts.</i> . . . . .	3	2
<i>Organisation du service forestier.</i> . . . . .	2	"
<i>Culture des arbres fruitiers.</i> (Un jour d'exercice au dehors par semaine.) . . . . .	1	"
<i>Dessin de constructions.</i> . . . . .	"	4
	16	12

## SECOND SEMESTRE.

	Nombre d'heures de cours   d'exercices (par semaine).	
<i>Estimation de la valeur des forêts.</i> . . . . .	2	2
<i>Construction de routes. Constructions hydrauliques.</i> (Deux jours d'exercices au dehors par semaine.) . . . . .	3	"
<i>Science des affaires.</i> . . . . .	3	"
<i>Comptabilité.</i> . . . . .	3	2
<i>Principes d'agronomie.</i> (Deux jours d'exercices au dehors par semaine.) . . . . .	3	"
<i>Histoire de la littérature forestière.</i> . . . . .	2	"
<i>Construction de routes et constructions hydrauliques: Exercices de dessin.</i> . . . . .	"	4
	16	8

Le cours de mathématiques et celui de géométrie sont suivis par les élèves réunis des mines et des forêts; les cours de chimie, de physique et de mécanique sont séparés, mais ils sont faits par les mêmes professeurs. Les courses d'instruction se font, comme pour les mines, au commencement et à la fin de l'année; la première dure une ou deux semaines et ne comprend que les forêts des environs de Schemnitz; la seconde est d'au moins quinze jours, ce qui permet d'aller visiter des districts forestiers plus éloignés.

L'Académie renferme diverses collections pour servir à l'instruction pratique des élèves; nous citerons une riche collection de produits métallurgiques, une collection de minéralogie et de géologie, de beaux herbiers forestiers, des sections de bois de M. Nördlinger comprenant quatre cents espèces, des collections de bois, de graines, etc.

Jusqu'en 1868, les cours de l'Académie des mines se sont faits en allemand; mais une décision du ministère des finances, du 11 juillet 1868, a prescrit l'emploi de la langue hongroise; dès l'année scolaire 1868-69, les cours se sont faits dans cette langue pour la première année d'études, et d'année en année, successivement, on a étendu aux années suivantes l'usage du hongrois, qui se trouve ainsi employé seul depuis 1871. Pour l'Académie des forêts, cette transformation s'est faite plus tôt, et tous les cours s'y font en hongrois depuis le mois d'octobre 1867.

Les élèves de l'Académie sont divisés en trois catégories: élèves réguliers (*ordentliche Zöglinge*), élèves non réguliers (*ausserordentliche Zöglinge*) et élèves libres (*Gäste*). Les élèves réguliers sont ceux qui suivent tous les cours de l'Académie, dans l'ordre établi par le programme; les élèves non réguliers sont ceux qui ne

suivent qu'un certain nombre de ces cours. Les uns et les autres doivent, pour être admis au cours préparatoire, avoir suivi complètement un collège (*Obergymnasium*) ou une école technique (*Oberrealschule*), et présenter des certificats d'études; les élèves non réguliers peuvent être dispensés de la production de ce certificat à condition de faire constater, dans un examen d'admission, qu'ils possèdent les connaissances nécessaires. Pour être admis aux cours spéciaux, il faut avoir suivi les cours préparatoires et passé avec succès les examens relatifs à ces cours, ou présenter des certificats d'examens établissant qu'on a acquis dans une école technique supérieure (*höhere technische Lehranstalt*) les connaissances correspondantes. Quant aux élèves non réguliers, ils doivent soumettre à la direction de l'École la liste des cours qu'ils se proposent de suivre, et justifier des connaissances nécessaires à l'intelligence de ces cours. Les élèves réguliers reçoivent un diplôme à leur sortie de l'École, et peuvent entrer au service de l'État; les élèves non réguliers n'ont droit qu'à des certificats d'examens.

Les élèves libres sont ceux qui désirent suivre un ou plusieurs cours, pour leur instruction personnelle; ils ne sont pas inscrits sur les listes de l'École et ne passent d'examens à la fin des cours qu'autant qu'ils le demandent.

Enfin, l'Académie de Schemnitz reçoit aussi des élèves étrangers, dans les mêmes conditions que les nationaux.

Les demandes d'admission doivent parvenir à la direction de l'École avant le 6 octobre de chaque année au plus tard; les élèves nouvellement admis doivent acquitter un droit d'entrée de 5 florins (12<sup>f</sup>,50); ceux qui ont à subir un examen d'entrée payent, en outre, pour cet examen, une somme de 20 florins (50 francs). Les élèves libres, quand ils veulent être interrogés sur un cours qu'ils ont suivi, ont à payer la même somme, dont la moitié est attribuée à l'examineur, et un quart à chacun des deux assistants. Les exercices et excursions pratiques sont obligatoires aussi bien pour les élèves non réguliers que pour les élèves réguliers; les frais de ces exercices, en tant du moins qu'ils peuvent être considérés comme des dépenses personnelles, sont à la charge des élèves.

Il y a à l'École un certain nombre de bourses (*Stipendien*) d'une valeur de 300 florins (750 francs) par an: vingt pour les élèves des mines, quatre pour les élèves qui se destinent à la tenue des livres de mines, huit pour les élèves des forêts et deux pour ceux qui se destinent à la tenue des livres de l'administration des forêts. Ces bourses sont données aux élèves réguliers sans fortune, qui se dis-

tinguent par leurs progrès dans les études, leur zèle et leur bonne conduite. Ces élèves en touchent le montant le 15 de chaque mois à la caisse de l'Académie.

Pendant la durée des cours, les professeurs interrogent les élèves pour s'assurer que leurs leçons ont été bien comprises. A la fin de chaque année d'études, ou au milieu de l'année pour les cours qui ne durent qu'un semestre, les élèves subissent des examens généraux dont l'ordre et l'époque sont fixés par le conseil de l'École. Ceux qui, pour cause de maladie ou pour des raisons sérieuses, n'ont pu passer ces examens à l'époque voulue, sont autorisés à les passer au commencement de l'année suivante, avant l'ouverture des cours.

Chacun des cours principaux donne lieu à un classement particulier, pour lequel on tient compte des résultats des interrogations faites pendant l'année; les notes qui servent de bases à ces classements sont au nombre de cinq: *très-bien*, *bien*, *satisfaisant*, *insuffisant*, *mal*. Les élèves sont en outre classés d'après le degré d'assiduité dont ils ont fait preuve, ainsi que d'après leur conduite.

Les élèves qui ont eu à un de leurs examens la note *insuffisant* sont autorisés à repasser cet examen à l'ouverture de l'année suivante, à moins qu'ils n'aient eu en même temps la mention *peu assidu*, auquel cas ils doivent recommencer l'année tout entière; il en est de même pour ceux qui ont eu la note *mal*. Mais ils sont alors dispensés de suivre les cours sur lesquels ils ont répondu d'une manière satisfaisante. La mention *peu assidu*, quand elle porte sur les exercices pratiques, force également l'élève à recommencer l'année.

Si un élève a eu pour plusieurs des cours la note *insuffisant*, en même temps qu'il est porté comme *peu assidu* aux cours ou aux exercices pratiques, il est exclu de l'Académie. La mention *conduite mauvaise* entraîne également l'exclusion. Enfin les élèves qui, après avoir recommencé une année, ont de nouveau la note *insuffisant* ou *mal*, doivent quitter l'Académie.

Les élèves réguliers ont seuls droit à un diplôme, mais s'ils quittent l'Académie avant d'avoir complètement fini, ou s'ils ne réparent pas la note *mal* ou *insuffisant* obtenue à un examen général, ils ne reçoivent qu'un certificat d'études, comme les élèves non réguliers. Les élèves libres, s'ils passent des examens, ont droit à des certificats d'examen.

Les élèves qui désirent entrer au service de l'État doivent adresser leurs demandes, aussitôt après la clôture des examens, à la di-

rection de l'École; ils indiquent dans ces demandes à quelle branche de l'exploitation des mines ou de la métallurgie ils veulent se consacrer. La direction joint à ces demandes une appréciation générale sur les notes de l'élève, et transmet le tout au ministère des finances, qui statue définitivement.

Les dépenses de l'Académie des mines et des forêts sont payées par le ministère des finances; en 1867, elles se sont élevées à 76.898 francs, répartis comme suit :

Appointements et honoraires des professeurs et de leurs adjoints. . . . .	francs. 44.105
Appointements des employés et des garçons. . . . .	6.330
Rémunérations et secours extraordinaires. . . . .	1.000
Frais de voyages pour les courses d'instruction. . . . .	3.750
Loyers de locaux pour l'École. . . . .	1.920
Réparations et entretien des bâtiments. . . . .	4.000
Frais de chauffage, d'éclairage, de bureau, etc. . . . .	5.793
Entretien des collections, laboratoires, etc. . . . .	10.000
	<hr/> 76.898

La dernière somme se divise en :

Achat de minéraux et échantillons pour les collections de minéralogie et géologie. . . . .	750
Laboratoire de chimie. . . . .	3.750
Bibliothèque. . . . .	1.575
Autres services de l'École, comprenant l'école de dessin. . . . .	3.925
	<hr/> 10.000

Les dépenses, y compris les frais de bourses, se sont élevées, en 1869, à. . . . . 150.000 francs,  
et en 1870, à. . . . . 174.500 »

(Extrait par M. ZEILLER, ingénieur des mines, de l'ouvrage de M. G. FALLER, intitulé : Gedenkbuch zur hundertjährigen Gründung der k. u. Berg- und Forst-Akademie. Schemnitz, 1871).

## EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME TROISIÈME.

	Pages.
Pl. I, fig. 1 à 3. Explosion d'une chaudière dans une filature de Nantes. . . . .	1
Fig. 4 à 5. Forme cristalline du Leucophane. . . . .	24
Fig. 6 à 8. Procédés usités en Angleterre pour la fabrication du chlore et l'utilisation des résidus des pyrites. . . . .	45
Pl. II. Géologie de la baie de Lota au Chili. . . . .	67
Pl. III. Fig. 1, 2, 3. Appareils divers pour la fabrication de l'acier Bessemer. . . . .	103
Pl. IV. Fig. 1 et 2, et Pl. V, fig. 1 et 2. Appareil de cristallisation employé pour l'affinage du plomb par la vapeur d'eau. . . . .	160
Pl. VI. Carte géologique du district de Schemnitz. . . . .	207
Pl. VII. Coupe verticale des principaux puits du district de Schemnitz. . . . .	207
Pl. VIII. Exploitation des filons métallifères de Schemnitz. . . . .	207
Pl. IX. Carte géologique de la région des Andes entre 22° et 42° sud. . . . .	402
Pl. X. Coupes géologiques du plateau bolivien et de Talcahuano au volcan d'Antuco. . . . .	402

## TABLE DES MATIÈRES

## DU TOME TROISIÈME.

## MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Note sur la forme cristalline du leucophane; par M. <i>Émile Bertrand</i> . . . . .	24
Notes recueillies dans un voyage au Chili; par MM. <i>Mallard</i> et <i>Fuchs</i> . . . . .	67
Mémoire sur les roches éruptives et les filons métallifères du district de Schemnitz (Hongrie); par MM. <i>R. Zeiller</i> et <i>A. Henry</i> . . . . .	207
Sur la constitution géologique de la chaîne des Andes, entre le 16° et le 53° degré de latitude sud; par M. <i>Pissis</i> . . . . .	402

## MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Fabrication des fontes Bessemer et leur conversion en acier; par M. <i>Janoyer</i> . . . . .	103
Observation sur le mémoire de M. <i>Janoyer</i> ; par M. <i>L. Gruner</i> . . . . .	154

## MÉTALLURGIE.

Désargentation et raffinage du plomb au moyen de la vapeur d'eau dans l'usine de MM. <i>Luce fils</i> et <i>Rozan</i> , à Saint-Louis-lès-Marseille; par M. <i>Luce Rozan fils</i> . . . . .	160
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## OBJETS DIVERS.

Note sur l'explosion d'une chaudière dans une filature de coton, à Nantes. . . . .	1
Note sur les procédés les plus récents proposés en Angleterre pour la fabrication perfectionnée du chlore; par M. <i>Georges Lemoine</i> . . . . .	5

	Pages.
Note sur le procédé de M. Gibbs pour l'utilisation des résidus des pyrites; par M. Georges Lemoine. . . . .	20
Recherches sur la composition chimique des eaux therminérales de Vichy, de Bourbon-l'Archambault et de Nérès, au point de vue des substances habituellement contenues en petite quantité dans les eaux; par M. de Gouvenain. . . . .	26
Note sur les deux accidents par asphyxie dans des conduites de gaz chauds; par M. Eug. de Fourcy. . . . .	157
Notice nécrologique sur M. Sauvage; par M. Daubrée. . . . .	185

BULLETIN.

Note sur plusieurs accidents causés par des imprudences dans l'emploi de la dynamite; par M. Amiot. . . . .	427
Statistique de l'industrie minérale de l'Allemagne. . . . .	429
L'Académie des mines et des forêts de Schemnitz (Hongrie). . . . .	437

Fig. 4.

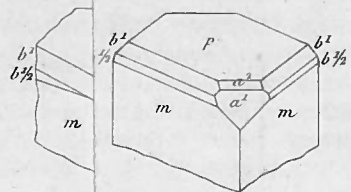


Fig. 5.

*Procédé de l'utilisation des résidus de la composition du su par l'acide ca*

*Fabrication du chlore par le premier procédé de M. Weldon.*

Fig. 6.

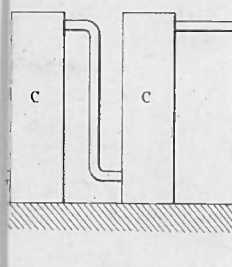
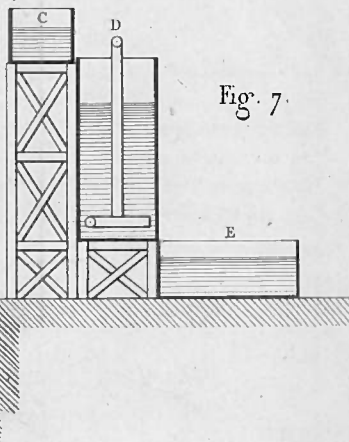
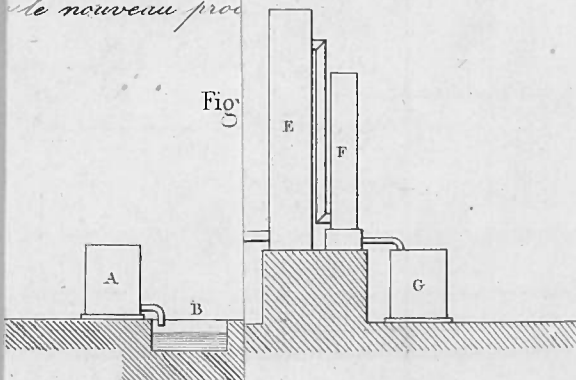


Fig. 7.



*Fabrication du nouveau proc*

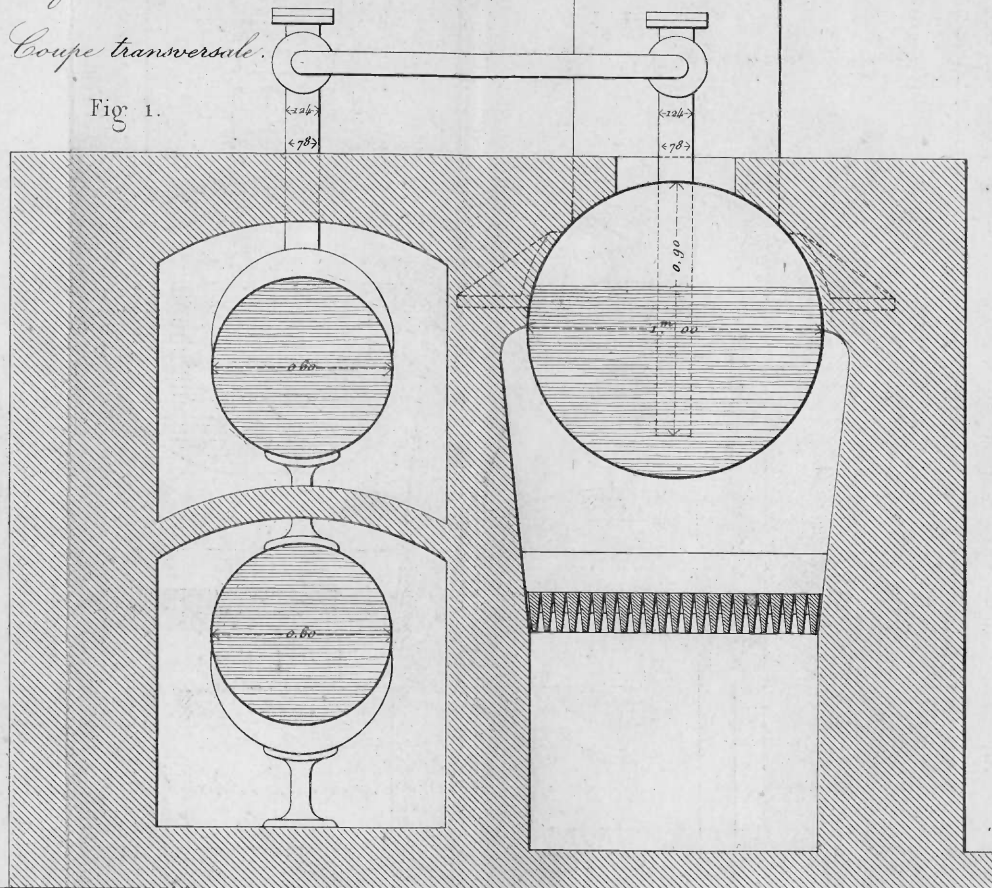
Fig.



Explosion d'un bouilleur réchauffeur  
(filature Duval à Nantes.)

Coupe transversale.

Fig. 1.



Extrémité du bouilleur réchauffeur inférieur.

Vue de face après la  
rupture.

Fig. 3.

Fig. 2.

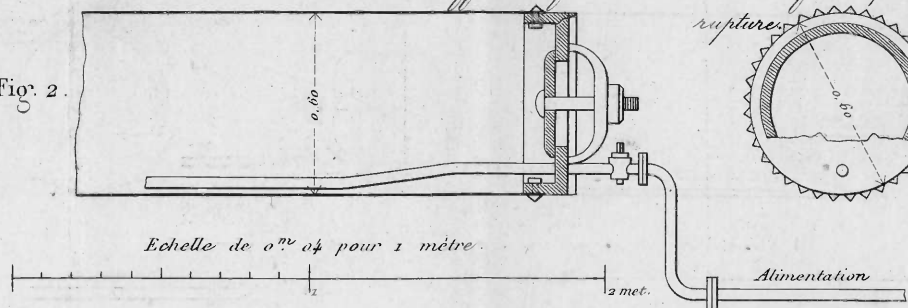


Fig. 4.

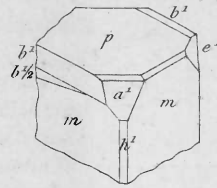
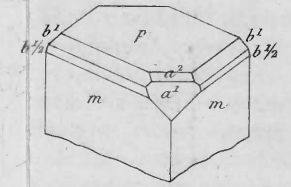
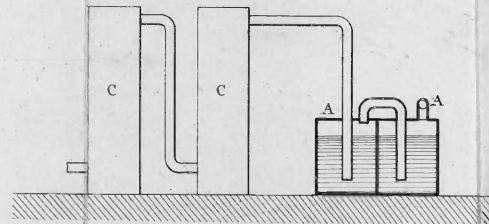


Fig. 5.



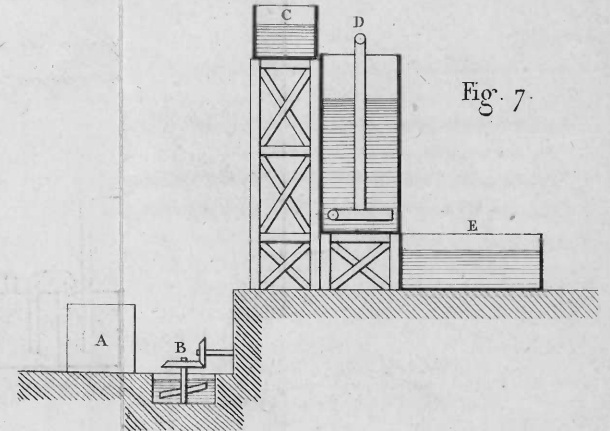
Procédé de M. Gibbs  
pour l'utilisation des résidus des pyrites.  
Décomposition du sulfure de sodium  
par l'acide carbonique.

Fig. 6.



Fabrication du chlore  
par le premier procédé de M. Weldon.

Fig. 7.



Fabrication du chlore  
par le nouveau procédé de M. Weldon.

Fig. 8.

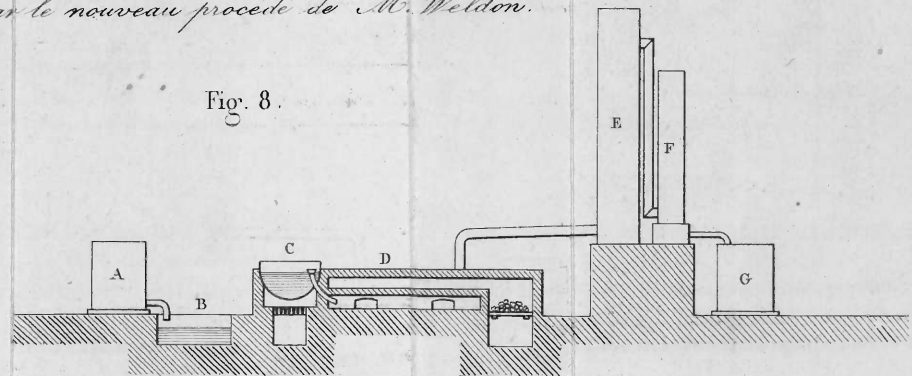
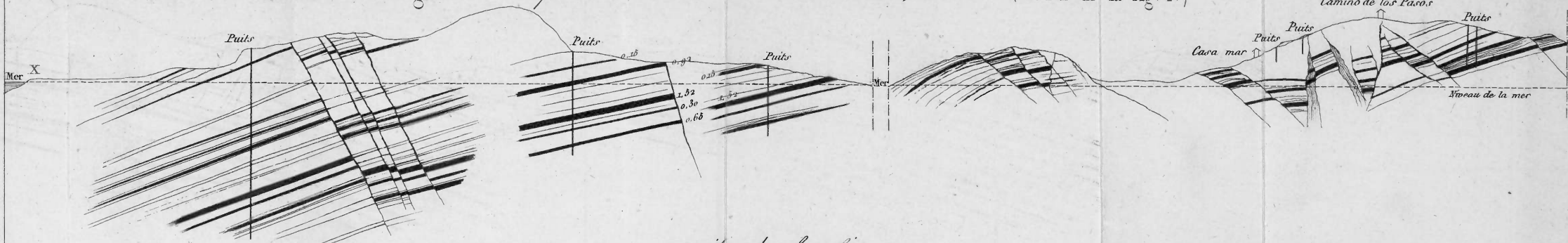


Fig. 1. Coupe du terrain tertiaire de Lota suivant (XYZ de la Fig. 2.)



suite de la fig. 1.

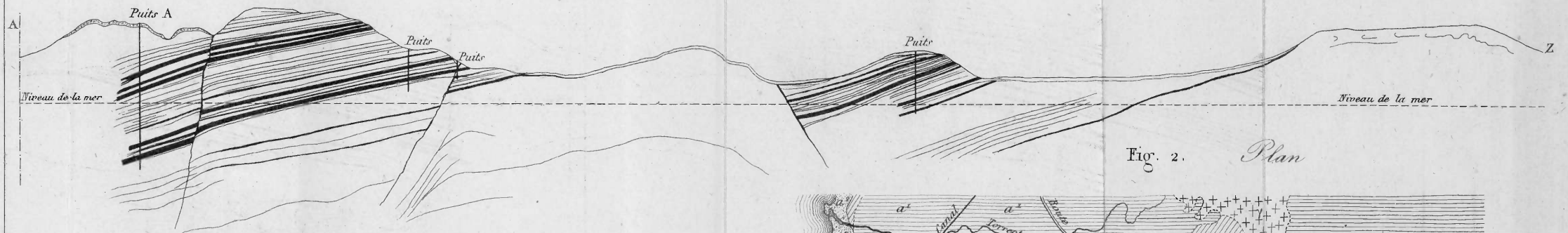






Fig. 2. Plan

Légende de la Fig. 2.

-  Sables de la plage
-  Alluvions anciennes (quaternaires)
-  Terrain tertiaire lignitifère
-  Micachistes

Coupe de la rive droite de la vallée du Huasco à Vallenar

Fig. 3.

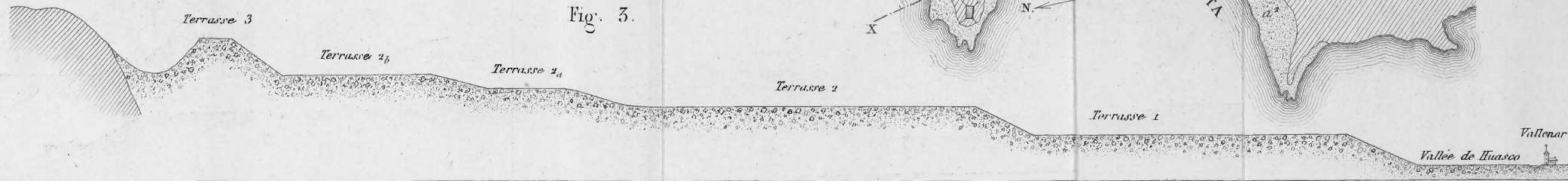




Fig. 1.

*Cornue Bessemer.*

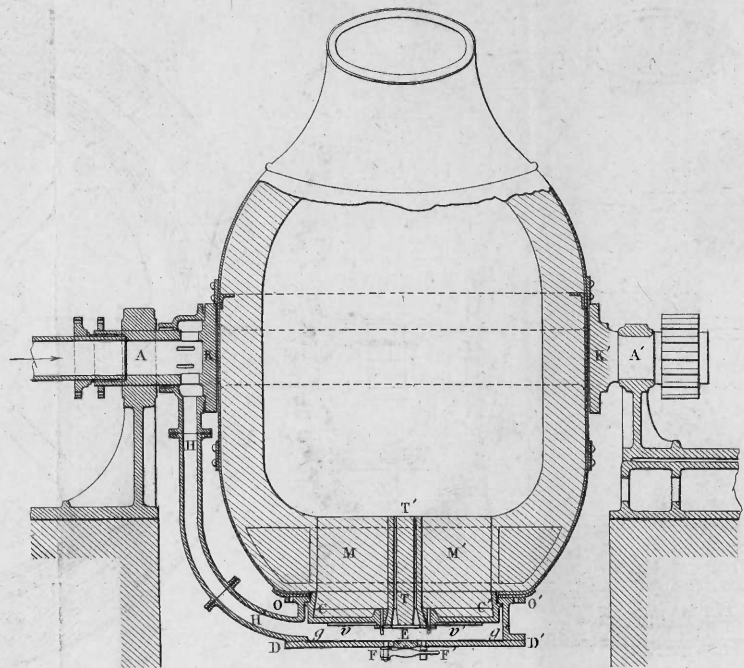
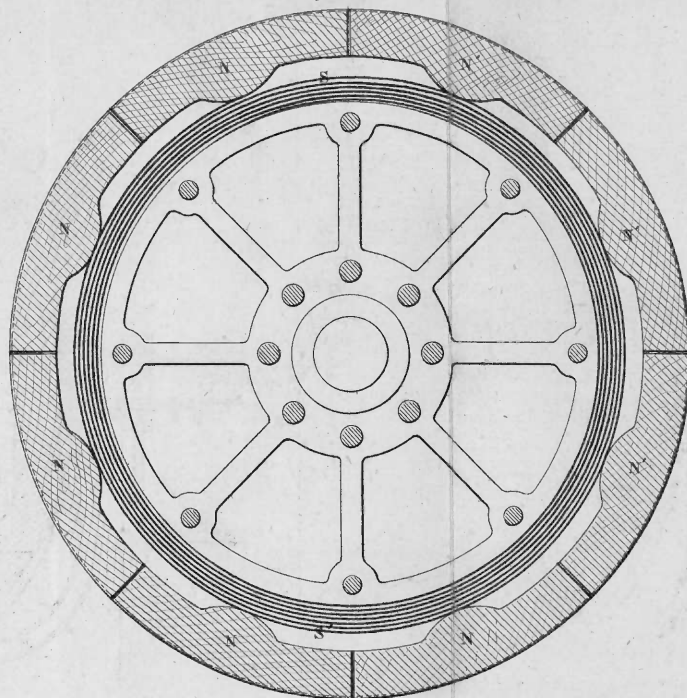
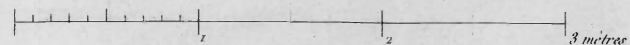


Fig. 3.

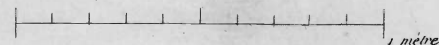
*Piston du cylindre soufflant.*



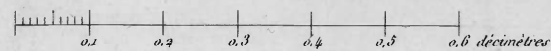
*Echelle de la Fig. 1 de 0<sup>m</sup> 025 pour 1 mètre*



*Echelle de la Fig. 2 de 0<sup>m</sup> 05 pour 1 mètre*

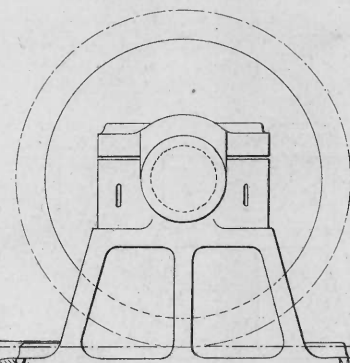
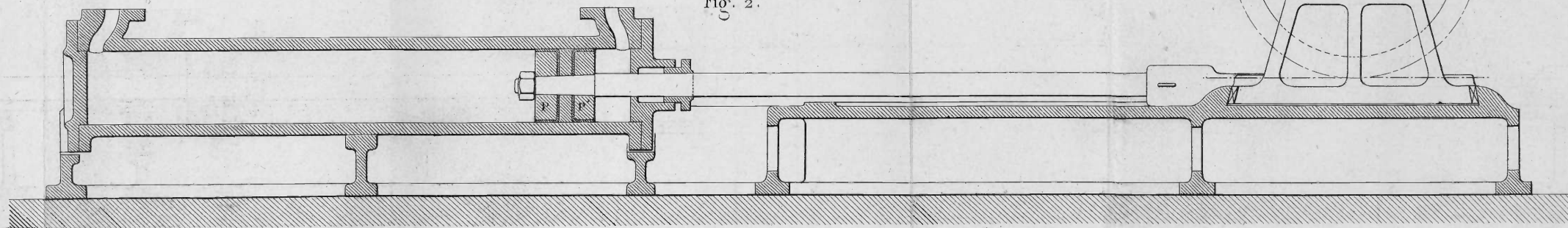


*Echelle de la Fig. 3 de 0<sup>m</sup> 10 pour 1 mètre*



*Appareil pour la mise en mouvement de la cornue.*

Fig. 2.



*Affinage du plomb par la vapeur (Usine de S.<sup>t</sup> Louis.)  
Appareil de cristallisation.*

Fig. 1.

Plan.

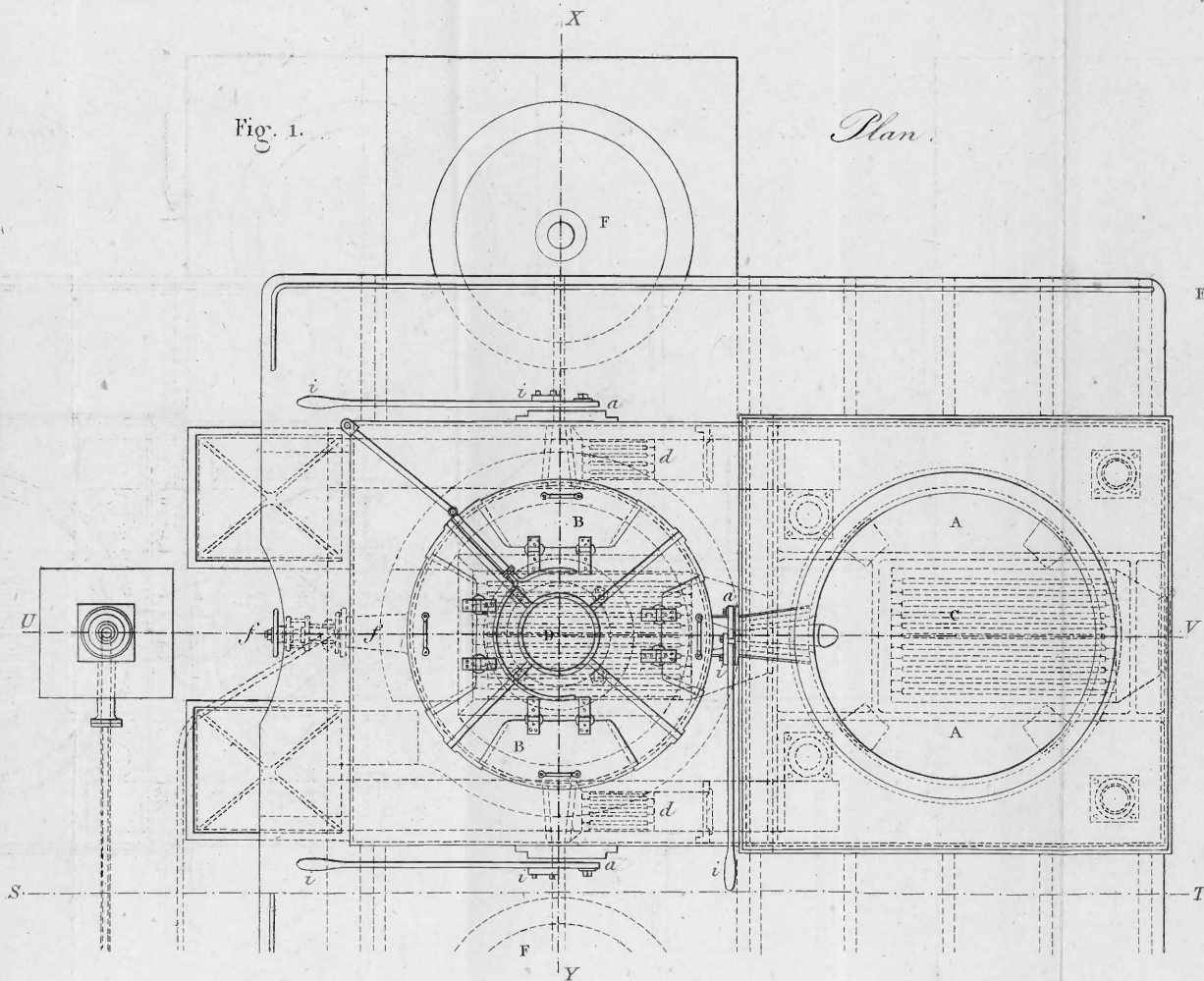
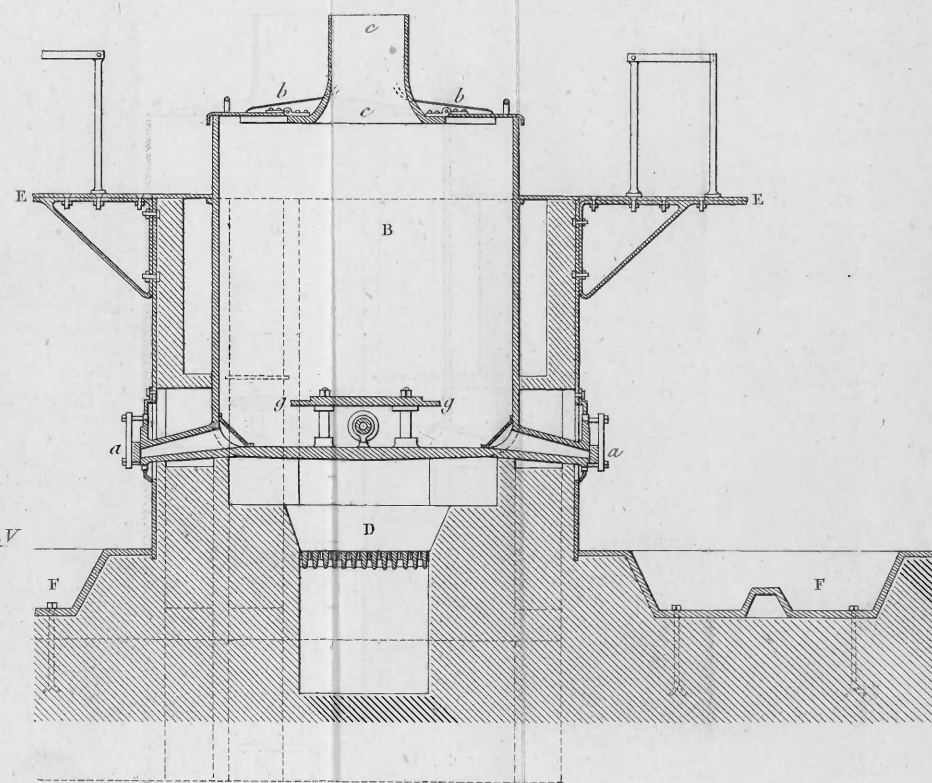
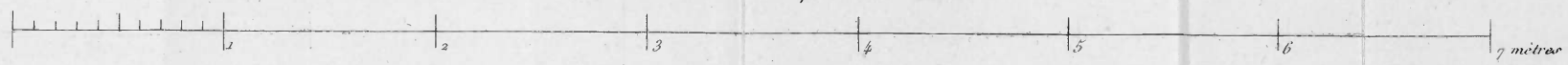


Fig. 2. Coupe verticale par la ligne X Y.



Echelle de 0<sup>m</sup> 03 pour 1 mètre



*Affinage du plomb par la vapeur (Usine de S.<sup>t</sup> Louis.)  
Appareil de cristallisation.*

Fig. 1. *Coupe verticale par la ligne UV (de la Fig. 1. Pl. IV.)*

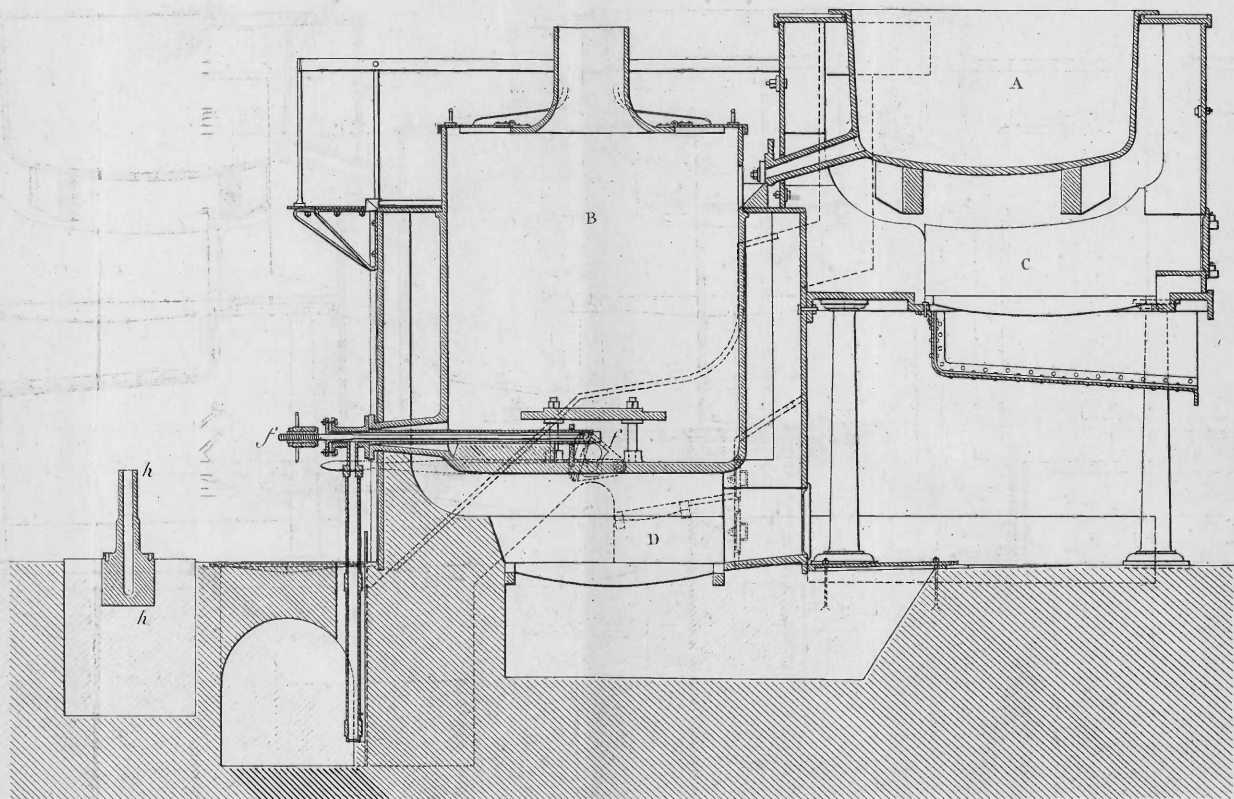
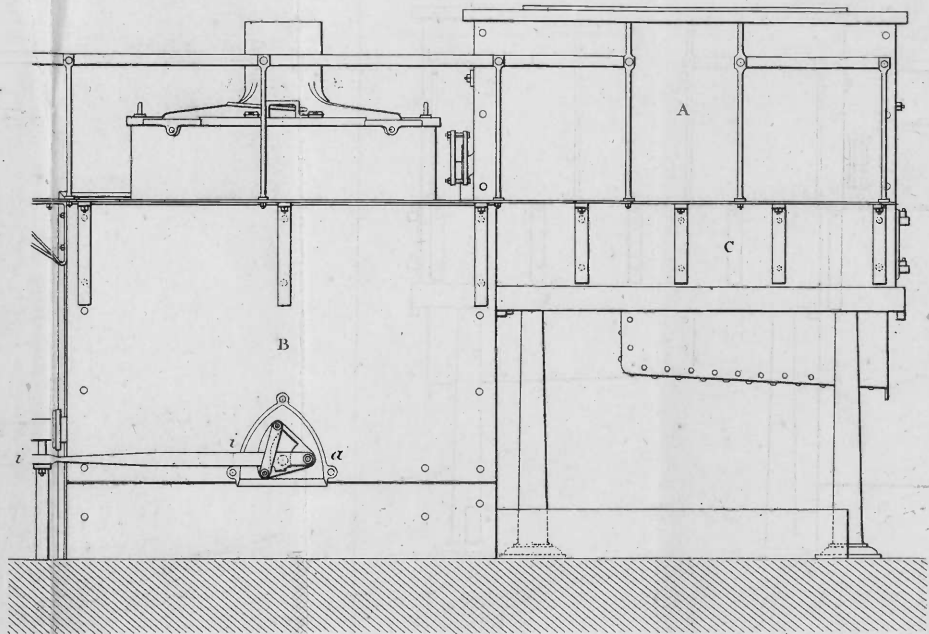
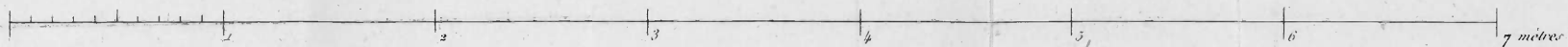
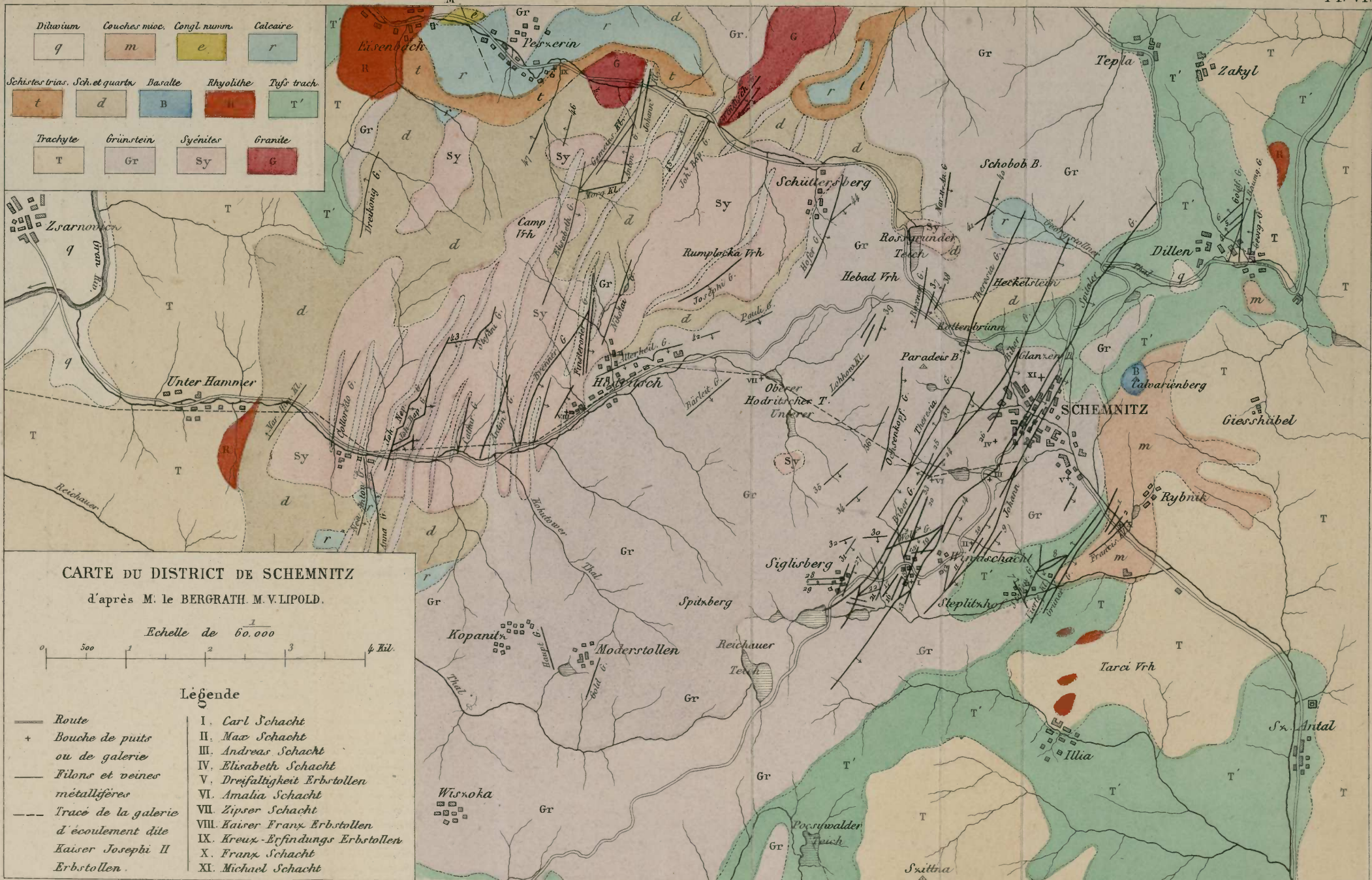


Fig. 2. *Elevation suivant ST (de la Fig. 1. Pl. IV.)*



*Echelle de 0<sup>m</sup> 03 pour 1 mètre*

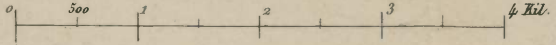




CARTE DU DISTRICT DE SCHEMNITZ

d'après M. le BERGRATH. M. V. LIPOLD.

Echelle de 60.000

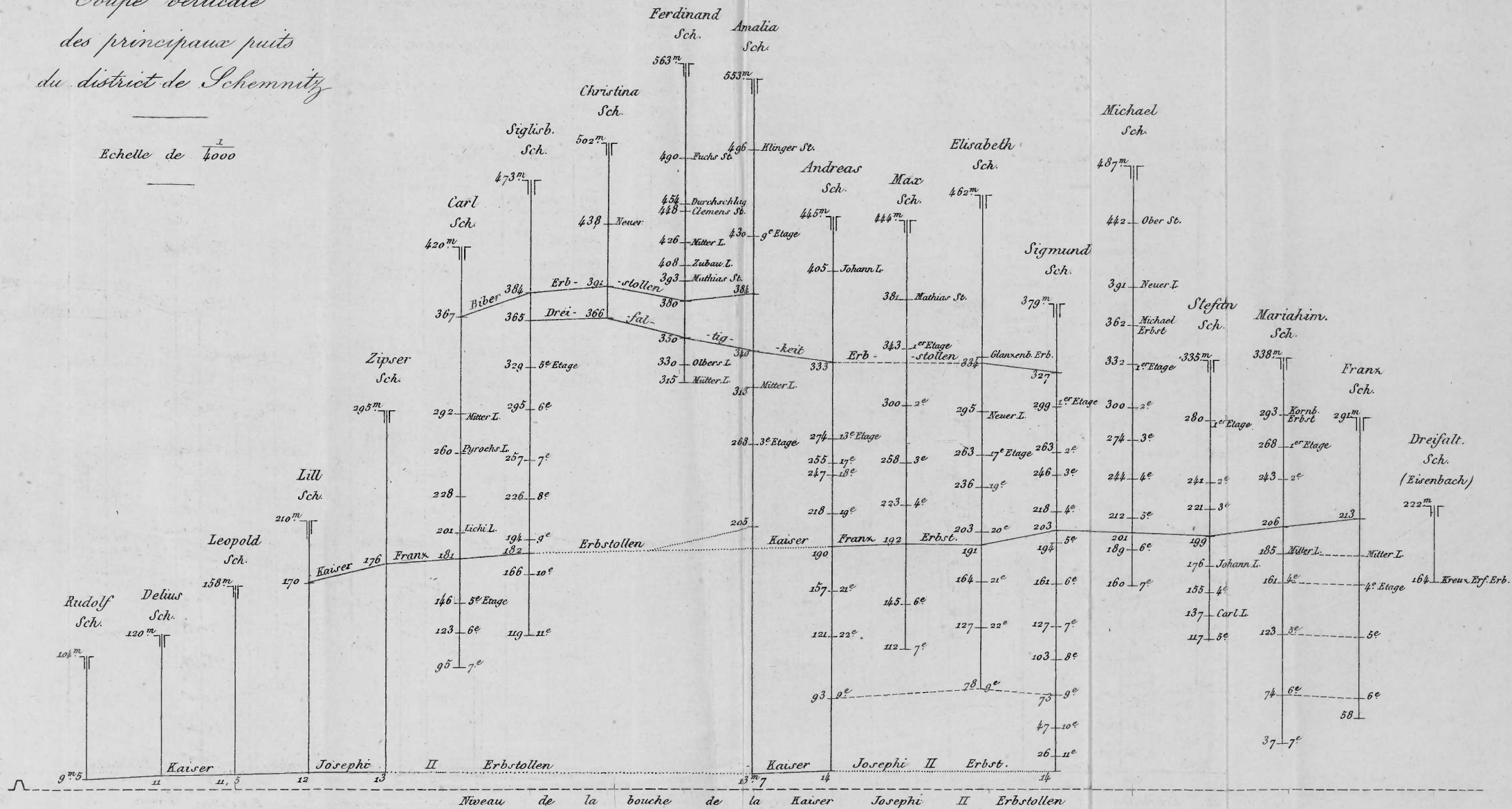


Légende

- |                                                                        |                                 |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| — Route                                                                | I. Carl Schacht                 |
| + Bouche de puits ou de galerie                                        | II. Max Schacht                 |
| — Filons et veines métallifères                                        | III. Andreas Schacht            |
| --- Tracé de la galerie d'écoulement dite Kaiser Joseph II Erbstollen. | IV. Elisabeth Schacht           |
|                                                                        | V. Dreifaltigkeit Erbstollen    |
|                                                                        | VI. Amalia Schacht              |
|                                                                        | VII. Zipser Schacht             |
|                                                                        | VIII. Kaiser Franz Erbstollen   |
|                                                                        | IX. Kreuz-Erfindungs Erbstollen |
|                                                                        | X. Franz Schacht                |
|                                                                        | XI. Michael Schacht             |

Coupe verticale  
des principaux puits  
du district de Schemnitz

Echelle de  $\frac{1}{4000}$

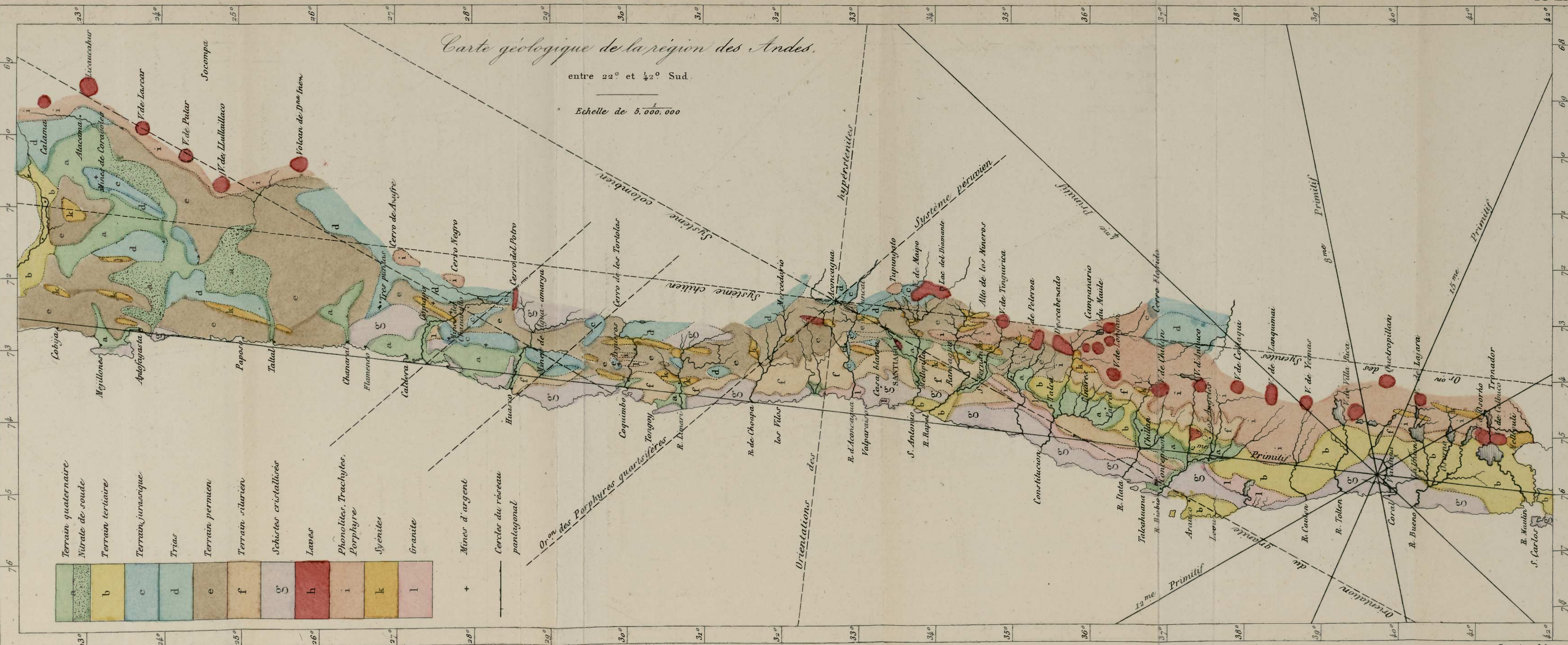




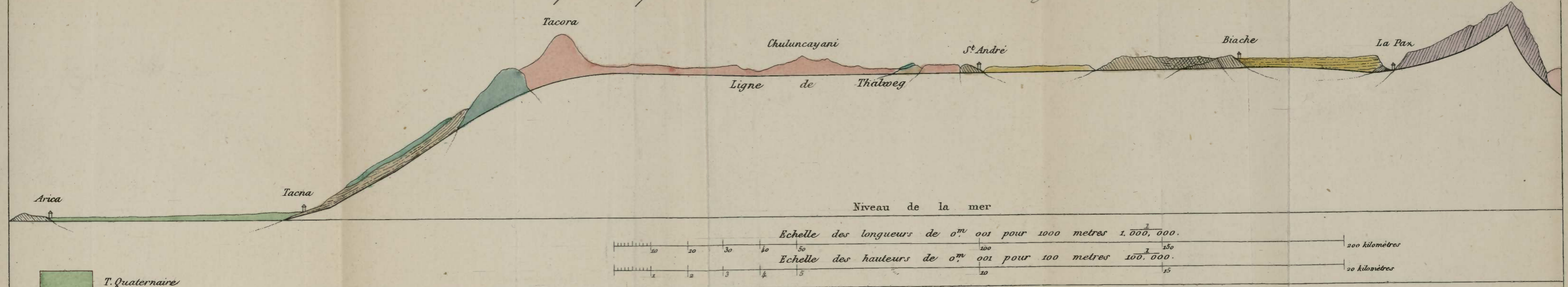
Carte géologique de la région des Andes.

entre 22° et 42° Sud.

Echelle de 5,000,000



Coupe du plateau bolivien d'Arica à La Paz



- T. Quaternaire
- T. Tertiaire
- Trias
- T. Permien
- T. Silurien et Dévonien
- Schistes cristallisés
- Granite
- Syénite
- Porphyre
- Trachyte
- Lave,

Coupe du Chili de Talcahuano au volcan d'Antuco

