

ANNALES  
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES,  
ET SUR LES SCIENCES QUI S'Y RAPPORTENT;

*Rédigés par le Conseil général des Mines,*

PUBLIÉS

Sous l'autorisation du Conseiller d'Etat, Directeur général des  
Ponts et Chaussées et des Mines:

DEUXIÈME SÉRIE.

—ooo—  
TOME I.  
—ooo—

A PARIS,

Chez TREUTTEL et WURTZ, Libraires, rue de Bourbon,  
n° 17; et même Maison de Commerce,

A LONDRES, 50 Soho-Square, et à STRASBOURG, rue des  
Serruriers, n° 3.

1827.



## NOUVEL AVIS

A MM. LES SOUSCRIPTEURS.

Il a été décidé que la *première série* des *Annales des Mines* se terminerait avec le volume XIII. Une table analytique des matières contenues dans cette série en formera le quatorzième volume.

D'après cette décision, le présent volume est le *premier* de la *seconde série*.

Les *Annales des Mines* continueront de paraître, de *deux mois en deux mois*, par livraisons, dont chacune comprendra, au moins, *dix feuilles* d'impression.

Les six livraisons d'une même année formeront *deux volumes*. On y joindra les tableaux, cartes et planches nécessaires à l'intelligence du texte.

Le prix de la souscription sera toujours de *vingt francs*, par an, pour Paris, et de *vingt-quatre francs* pour les Départemens.

On s'abonne, à Paris, chez MM. Trenttel et Würtz, libraires, rue de Bourbon, n<sup>o</sup>. 17, ainsi que dans leurs maisons établies à Londres, 30 Soho-Square, et à Strasbourg, rue des Serruriers, n<sup>o</sup>. 3.

On a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, à titre d'échange, aux Rédacteurs des ouvrages périodiques qui sont relatifs aux sciences et aux arts.

Paris. — Imprimerie de Madame Huzard (née Vallat la Chapelle),  
rue de l'Éperon, n<sup>o</sup>. 7.

## NOTICE

SUR

*L'exploitation et le traitement de l'antimoine sulfuré de Malbosc (Ardèche);*

PAR M. P.-F. JABIN, Aspirant au Corps royal des Mines.

### I. Gisement et exploitation.

LES mines d'antimoine sulfuré de Malbosc et de Bordezac se trouvent, comme les filons de galène argentifère des environs de Villefort, dans le mica-schiste primitif. Exploitées seulement depuis cinquante ans d'une manière suivie, elles sont divisées par le ruisseau qui forme limite entre le département du Gard et celui de l'Ardèche en deux concessions : la première, d'un seul filon, à M. Reboul ; la deuxième, renfermant deux filons différens du premier, à M. Laverneyde.

Le schiste repose immédiatement sur le beau granite qui forme la base du terrain de la Lozère, inclinant de 50 degrés environ vers l'ouest, et se dirigeant moyennement du sud-est au nord-ouest. Il est très-micacé, à feuillets minces, quelquefois contournés et passant au gneiss, renfermant une grande quantité de veinules ou rognons de quartz blanc. Sa couleur varie du gris bleuâtre au rougeâtre ; on a remarqué que, lorsqu'il avait cette dernière teinte, il ne contenait jamais de filons d'antimoine sulfuré.

Le terrain précédent est la continuation de

1.

Situation géologique.  
Terrain houiller.

celui de Vialas (Lozère); il se prolonge jusqu'à 2 ou 3 kilomètres de Bordezac, où le grès houiller, qui s'était montré par lambeaux, devient dominant, et constitue la masse des montagnes qui s'étendent du côté d'Alais.

Minerais de fer.

Dans le voisinage des filons d'antimoine sulfuré, on voit de nombreux affleurements de couches d'hématite rouge et brune, et d'immenses filons de cette dernière. D'anciennes scories qu'on rencontre disséminées à la surface attestent qu'on a déjà traité ces minerais. Des compagnies se forment pour élever des hauts-fourneaux et de vastes usines à fer, auxquelles les mines considérables de houille de Robine et Mairanne, qui les avoisinent, l'abondance et la richesse du minerai, et enfin l'absence de ce genre d'industrie dans le pays, assurent le succès le plus complet.

Filons d'antimoine sulfuré.

Les filons (1) qui renferment le sulfure d'antimoine sont formés principalement de quartz, quelquefois ils contiennent de la chaux carbonatée, rarement de la baryte sulfatée. Ils ont une inclinaison rapide vers l'est (25 degrés environ avec la verticale), se dirigeant à-peu-près de l'est à l'ouest. Leur puissance est très-variable; leurs salles bandes ordinaires sont d'argile.

L'antimoine sulfuré y est en veines compactes ou filets suivis, ayant moyennement 0<sup>m</sup>,08 d'épaisseur. Cette puissance est variable dans le même filon; car, pour le plus considérable des

(1) J'ai visité les mines à l'époque de la récolte des châtaignes (seule production agricole du pays); très-peu de mineurs y travaillaient, et la plus grande partie des travaux était noyée: cependant, ceux où j'ai pu pénétrer m'ont suffi pour reconnaître l'allure des filons et la marche de l'exploitation.

deux filons de M. Laverneyde, elle est quelquefois de 0<sup>m</sup>,30. On rencontre aussi l'antimoine par taches fibreuses ou mouches rayonnées; d'autres fois ces fibres sont parallèles en barbe de plume. L'allure du filet métallique n'est pas régulière; il se porte tantôt au toit, tantôt au mur du filon quarzeux, se divisant quelquefois en deux, souvent même se perdant totalement, et alors le filon général devient sauvage et argileux. Cette circonstance se présente fréquemment dans le filon de M. Reboul; ce qui fait que son exploitation a peu d'activité. L'antimoine sulfuré, après avoir disparu, se montre plus loin, et reprend sa marche. Cette irrégularité se fait naturellement sentir dans les produits de l'extraction.

Le système employé pour exploiter le minerai consiste à arriver au filon par une galerie horizontale à travers bancs; pousser une galerie d'allongement; percer des puits dans l'inclinaison, former divers étages dans la profondeur, sans que leur nombre ou leur distance respective ait rien de fixe, et enfin pratiquer des galeries pour l'écoulement des eaux. Je dirai en passant que ces dernières n'ont pas été percées au niveau le plus bas; ce qui obligera à en ouvrir une autre; et en attendant, l'épuisement se fait souvent avec des seaux, au moyen de treuils à bras, dans de petits puits, quelquefois tortueux, se dirigeant vers les travaux, au fur et à mesure qu'ils s'approfondissent et s'étendent.

Les massifs laissés entre les puits et galeries, d'allongement sont attaqués, autant que possible, par kathes (gradins renversés), en s'élevant sur les déblais qu'un plancher supporte. Les rôles, ou trous de décharge, les planchers et échelles,

Mode d'exploitation.

ne sont disposés que lorsqu'une absolue nécessité se fait sentir.

On excave au pic et à la poudre; le roc est assez dur pour qu'on ne soit pas obligé de le soutenir par un boisage.

Les mineurs charrient le minerai dans des brouettes.

On suit, au reste, la méthode employée aux mines voisines de Vialas; mais ici les travaux sont bien moins réguliers.

Triage.

Le minerai conduit par les brouetteurs sur la place de triage est concassé au marteau à main et trié; les menus débris sont passés à un gros crible à la cuve. On sépare ainsi la partie de gangue à la surface d'avec le sulfure sur la maille; celle qui traverse le crible est repassée à une deuxième maille plus serrée, qui ne laisse passer que l'argile; la partie supérieure est également rejetée. J'ai remarqué cependant qu'elle était fort riche, et méritait d'être traitée.

## II. Fusion du minerai pour en retirer le sulfure d'antimoine.

Méthodes employées.

Deux méthodes différentes sont employées en concurrence: l'une en plein air, par M. Reboul; l'autre dans un fourneau à cylindres et à conlisses, par M. Laverneyde. La première est celle qu'on a suivie dès l'origine (1); je n'en dirai qu'un mot, seulement pour comparer ses résultats avec ceux de la deuxième.

### Fonte en plein air.

Description de l'opération.

Le minerai, concassé de la grosseur d'un œuf,

(1) *Journal des Mines*, t. IX, page 459.

est placé dans des pots d'argile de Saint-Quentin, légèrement coniques de 0<sup>m</sup>,33<sup>c</sup> de haut sur 0,22 d'ouverture; chacun d'eux reçoit 15 kil. de matière, et est percé de trous à son fond; les plus gros morceaux et les plus riches occupent la partie inférieure, et les débris, ainsi que les morceaux pauvres, sont mis par-dessus. Ces pots sont munis d'un couvercle, et emboitent de plusieurs centimètres dans un second pot, dit à boulet, de même forme, mais non percé, destiné à recevoir le sulfure fondu.

Dans le sol préparé, on creuse un canal longitudinal, à section rectangulaire, de 0<sup>m</sup>,40<sup>c</sup> de large sur 0<sup>m</sup>,25<sup>c</sup> de profondeur, et on revêt les parois de briques posées de champ. C'est dans ce canal qu'on place vingt à trente pots contigus à boulets, surmontés chacun d'un pot percé. Ces derniers s'élevant au-dessus du sol, on forme de part et d'autre un petit mur de briques, laissant entre elles des jours ou intervalles horizontaux, pour donner passage à l'air, et favoriser la combustion de la houille, que l'on entretient autour des pots et en entier recouvrement. Le feu y est mis au moyen de menus branchages.

Le sulfure d'antimoine se sépare bientôt de sa gangue par la fusion, se réunit au fond du pot supérieur, et se rend, par les ouvertures du fond, dans le pot à boulet. Lorsqu'on juge que tout le sulfure est fondu, on recharge, et cela jusqu'à trois fois, afin de remplir le creuset inférieur. Cette opération dure trente heures. On cherche à retirer les crasses ou gangues, de manière à employer ces pots une deuxième fois, et on casse symétriquement en deux les pots qui renferment le sulfure fondu, afin de les faire resservir au même

usage, en réunissant les deux parties. On compte cependant par fonte de vingt pots doubles vingt pots neufs, coûtant 0<sup>f</sup>.50<sup>c</sup> pièce.

Résultats.

D'après un rapport de M. Furgaud, ingénieur en chef des mines, à M. le préfet de la Creuse, on consomme, pour une fonte de vingt pots, durant quarante heures, et produisant 496 kil. de sulfure, 1487<sup>k</sup>. de grosse houille, à 2 f. les

100 kil. . . . .	29 <sup>f</sup> .74
8 journées d'ouvriers à 1 f. 50 c. l'une . . .	12 <sup>f</sup> .00
20 pots à 0 <sup>f</sup> .50 <sup>c</sup> l'un. . . . .	10 <sup>f</sup> .00
200 <sup>k</sup> . de menus branchages pour allumer la houille, à 85 <sup>f</sup> . les 100 <sup>k</sup> . . . . .	1 <sup>f</sup> .70

TOTAL. . . . . 53<sup>f</sup>.44

D'où résulte, pour les 100<sup>k</sup>. de sulfure obtenus, une dépense de 10<sup>f</sup>.77<sup>c</sup>.

En supposant que les 496<sup>k</sup>. proviennent de quatre charges, chacune de 15 kil. pour les vingt pots, l'on voit que le minerai rend environ 0,41 de sulfure; dit antimoine cru. Cet antimoine cru se vendait, en 1825, 30<sup>f</sup>. le quintal du pays (44<sup>k</sup>.4).

*Fonte dans un fourneau à cylindres et à coulisses.*

2<sup>e</sup>. méthode.

Le fourneau ( Planche I ) dans lequel on opère la séparation du sulfure de sa gangue est de forme rectangulaire, et de l'invention de M. Panserat d'Alais (1).

(1) M. Christophe Pouff, maître mineur saxon, actuellement directeur des mines de houille de Robine et Mairanne ( Gard ), a fait à ce fourneau plusieurs perfectionnements lorsqu'il était chargé de sa conduite; il l'a construit lui-même tel que je l'ai dessiné sur les lieux, en 1825, dans ses détails.

A 0<sup>m</sup>.50 du sol, sur un même plan horizontal, sont disposées trois grilles parallèles (*a, b, c*) de 1<sup>m</sup>.35 de long, 0<sup>m</sup>.27 de large, chacune de six barreaux. Leur origine est à la face antérieure (D) du fourneau; mais elles ne se prolongent pas jusqu'à la face extérieure (C) opposée.

Description  
du fourneau,  
des creusets,  
cylindres,  
etc.

Sur un même plan parallèle à 0<sup>m</sup>.30 du sol, entre la grille du milieu et les deux autres, règnent deux coulisses (*d, e*) ou galeries rectangulaires, qui n'en sont séparées que par de petits murs épais de 0<sup>m</sup>.12 (longueur d'une brique), et munis chacun de trois ouvertures (*f, g, h*) non correspondantes, ayant de 0<sup>m</sup>.08 à 0<sup>m</sup>.10 en carré, pour laisser un passage à la flamme. Ces coulisses traversent le fourneau dans toute sa longueur, elles ont 0<sup>m</sup>.48 de hauteur sur 0<sup>m</sup>.55 de largeur, 2<sup>m</sup>.70 de long. Leurs extrémités sont fermées par des portes (*k*) en tôle, munies d'un petit œil (*i*), qu'on peut fermer à son tour par une plaque glissant autour du boulon qui la fixe à la porte.

Chaque coulisse est destinée à recevoir deux creusets coniques (*m, n*) en fonte, où se rend le sulfure fondu. Ces creusets ont de 0<sup>m</sup>.30 à 0<sup>m</sup>.35 de haut, 0<sup>m</sup>.25 d'ouverture, et 0<sup>m</sup>.15 de diamètre inférieur, épais de 0<sup>m</sup>.01. On les enduit intérieurement d'une couche d'argile, pour que l'antimoine cru n'y adhère point. Ils portent en outre deux bras aux deux tiers de leur hauteur, pour pouvoir être transportés. D'autres fois ces récipients sont formés de deux parties reliées par des demi-cercles de fer boulonnés, qui facilitent la sortie du pain ou boulet. Chacun de ces creusets est porté par un petit chariot, plaque de fonte à quatre roulettes, munie d'un anneau horizontal

où l'on insinue un crochet en fer, pour le faire avancer ou reculer dans les coulisses.

Le plafond des coulisses est formé en partie par deux plaques carrées (*p q*) en argile réfractaire, dites assiettes ou casseroles, qui servent de fond aux cylindres (*s, s*) verticaux, également d'argile, et où l'on met le minerai à fondre. Ces plaques, encastrées dans les petits murs latéraux, et reposant sur deux barres de fer qui règnent aux angles supérieurs de ces murs, sont planes au-dessus jusqu'à la partie où va s'adapter librement l'extrémité du cylindre; là il y a une chute de 0<sup>m</sup>,01 pour rebord; puis elles deviennent légèrement concaves, et sont percées à leur centre d'un orifice (*t*) qui n'a pas plus de 0<sup>m</sup>,01 de diamètre, par où le sulfure fondu coule dans les récipients. Les creusets supérieurs ont une forme conique: leur diamètre intérieur au haut est de 0<sup>m</sup>,25; au bas, de 0<sup>m</sup>,20; leur hauteur, de plus d'un mètre, et leur épaisseur, de 0<sup>m</sup>,015. Ils ont à leur partie inférieure une échancrure (*v*) de 0<sup>m</sup>,07 sur 0<sup>m</sup>,12 de haut, qu'ils présentent deux à deux, tournées vers les faces antérieures et postérieures correspondantes du fourneau, où sont ménagées quatre ouvertures (*x*), formées d'une petite voûte qui a les dimensions de l'échancrure, et va en s'élargissant à l'extérieur, ayant en cette partie 0,25 de hauteur sur 0,19 de largeur. Ces ouvertures sont fermées avec des tampons d'argile pendant l'opération; on les débouche pour retirer par là, au moyen d'un racle en fer, les crasses ou gangues, quand on juge qu'elles sont dépouillées de sulfure.

Les cylindres traversent, à leur partie supérieure, la voûte du fourneau, et vont présenter

leur orifice muni d'un couvercle d'argile (*z*) au niveau de la plate-forme, qui termine le fourneau. La voûte est en briques réfractaires et surbaissée; elle prend naissance aux murs extrêmes des deux grilles opposées; elle est cylindrique jusqu'aux creusets (en U); là elle est interrompue par ceux-ci, qui, en la traversant, laissent entre eux et la maçonnerie qu'ils pénètrent un espace vide de cinq à six centimètres, où la flamme circule. La portion (*ll*) de voûte qui recouvre la grille du milieu est aussi cylindrique, mais a peu de courbure, et son axe est perpendiculaire à la direction de celui de l'autre portion de voûte. Elle s'appuie, d'une part, contre le mur vertical antérieur, et de l'autre contre son parallèle, qui termine l'espace renfermant les quatre cylindres. Cette dernière portion de voûte est élevée de 1<sup>m</sup>,50 au-dessus de la grille du milieu, et de 0<sup>m</sup>,65 à 0<sup>m</sup>,70 au-dessus des banquettes ou fonds des cylindres recouvrant les coulisses. Les revêtements du fourneau sont en briques réfractaires de la terre de Saint-Quentin; les massifs en maçonnerie brute.

La flamme, après avoir enveloppé les cylindres de toutes parts, se rend par trois ouvertures différentes qui communiquent par des rampans de 0<sup>m</sup>,05 carrés de section, avec une cheminée (*X*) verticale, de quatre mètres environ d'élévation, et 0<sup>m</sup>,27 à 0<sup>m</sup>,32 carrés de large. L'une des ouvertures (*o*) est à l'extrémité de la voûte, au-dessus de la grille du milieu; les deux autres (*o'*) se trouvent derrière la partie supérieure des deux derniers cylindres; les deux rampans qui leur correspondent sont seuls munis de registres horizontaux; ils suffisent pour régler le tirage.

Enfin, dans les murs latéraux en talus extérieurs, on a pratiqué de larges embrasures (EF), qui arrivent en se rétrécissant à l'intrados de la voûte, vers le milieu (F) de sa naissance, pour voir, en cas d'accident, quel est celui des deux cylindres qui est endommagé, et le luter, s'il est possible. Ces ouvertures sont bouchées avec de l'argile, et ne s'ouvrent que dans cette circonstance.

Une hotte (H) s'élève sur le devant du fourneau, pour soutirer les fumées antimoniales, qui se dégagent quand on retire les gangues par les ouvreaux. Une autre (G) règne au-dessus de la plate-forme (P) de chargement; un mur de refend (R) d'environ 2<sup>m</sup>,50 de hauteur, reposant sur la plate-forme, la divise en deux parties, de manière à ce que les ouvriers qui travaillent sur un système de cylindres, ne soient pas incommodés par les vapeurs qui se dégagent de l'autre. Ce mur consolide la hotte (H), et la relie avec le mur postérieur, qui renferme la cheminée (X). Ces hottes sont en outre soutenues par des pièces en bois (T) et en fer (S), liées à la charpente du bâtiment.

Travail.

Le travail de ce fourneau est très-simple; il est exécuté par six ouvriers divisés en deux postes, qui se relèvent de douze en douze heures.

On chauffe d'abord le fourneau avec beaucoup de ménagement, et insensiblement on le porte au rouge. Ce n'est qu'au bout de quarante-huit heures qu'on lui fait acquérir la chaleur blanche qu'il doit conserver pendant tout le temps du fondage. Les ouvriers montent alors par une échelle sur la plate-forme, et mettent dans les cylindres le minerai préalablement con-

cassé de la grosseur d'un œuf, et étendu d'avance sur la plate-forme, pour qu'il s'y échauffe; de sorte que, d'une part, il ne surprend point les cylindres lorsqu'on l'y introduit, et de l'autre la gangue ne se trouve pas saisie brusquement; ce qui aurait l'inconvénient de la réduire en poudre, qui retiendrait comme une éponge le sulfure fondu. Cela arrive cependant souvent, malgré ces précautions; mais les crasses en retiennent ici beaucoup moins que dans la fonte en plein air.

On a soin, dans le chargement, de mettre au fond les plus gros morceaux et les plus riches. On charge moyennement dans chaque cylindre cinq quintaux du pays (222 kil.).

Bientôt le sulfure d'antimoine, se liquéfiant, se sépare de sa gangue infusible, et se réunissant au fond des cylindres, coule par leur orifice (t) dans les récipients inférieurs. Ceux-ci ont été échauffés par la flamme, qui a pénétré dans les coulisses par les petits ouvreaux (f, g, h) ménagés dans leurs murs. On bouche alors ces ouvreaux avec de l'argile au moyen de spadelles, qu'on introduit, soit par les foyers, soit par les coulisses; ils ne servent donc qu'au commencement du fondage; la chaleur du fourneau suffit ensuite pour maintenir les coulisses à la température convenable. Les ouvertures correspondantes aux échancrures des cylindres sont aussi lutées d'argile. On regarde de temps en temps par l'œil des portes des coulisses comment coule le sulfure; c'est ce qui règle le fondeur. Il doit avoir en tombant une couleur bleue, jamais rouge; car, dans ce dernier cas, la température est trop élevée, et il se perd de l'antimoine cru par sublimation. On modère la chaleur par les registres

des cheminées, et la quantité de houille qu'on met sur les diverses grilles. Lorsque le fourneau étant à une température suffisante, le sulfure ne tombe plus, on dégage l'orifice du fond des cylindres avec un petit ringard en fer. Si, malgré cela, il ne coule pas de sulfure, on débouche l'ouveau de l'échancrure correspondante, on retire par là les gangues avec un crochet en fer; un autre ouvrier monte sur la plate-forme, ôte le couvercle du cylindre, et, par un ringard, dégage avec ménagement et enlève les gangues adhérentes. Quelquefois même pendant la fusion, il est obligé de travailler ainsi dans les cylindres: c'est la partie la plus pénible de l'opération, à cause du grand dégagement de vapeurs extrêmement délétères. Il faut des ouvriers d'une forte constitution et bien exercés, pour y résister (1). Malgré le nettoyage qu'on fait subir à chaque cylindre avant de le recharger, il s'attache toujours aux parois un enduit qui en diminue peu à peu la capacité, mais, d'un autre côté, en augmente la résistance.

Lorsque les récipients en fonte sont remplis à-peu-près aux trois quarts, on les remplace par d'autres vides. On y laisse refroidir le sulfure, qui s'en détache ensuite facilement, à cause de l'argile dont le creuset est revêtu intérieurement. Les pains ou boulets pèsent moyennement 40 kil.

Pendant qu'on change les récipients, on met

(1) Les vapeurs qui se répandent continuellement en plus ou moins grande abondance font voir qu'il vaudrait mieux que le fourneau ne fût pas, comme à Malbosc, encastré et clos dans un bâtiment, mais entièrement dégagé, en plein air, ou seulement sous un hangar élevé pour abriter les ouvriers.

sous le trou de coulée une petite cuiller de fonte chauffée, pour recevoir le sulfure, qui continue à couler, et que l'on verse ensuite dans le nouveau creuset.

Les charges se succèdent de trois heures en trois heures, et dans un bon fondage, on peut obtenir jusqu'à un quintal du pays (44<sup>k</sup>. 4<sup>h</sup>.) par heure, d'antimoine cru.

On a fondu jusqu'à 600 quintaux (26,640<sup>k</sup>.) sans être obligé de renouveler les cylindres (dont la durée moyenne est d'environ vingt jours). Le temps d'un fondage est de quarante jours, quelquefois même on ne met hors que faute de minerai; mais aussi la rupture et la détérioration complètes des cylindres donnent quelquefois lieu à des campagnes plus courtes.

Pour mettre hors feu, on bouche toutes les ouvertures avec de l'argile et de la glaise les portes, afin de ne pas laisser suspendre les diverses parties du four et les cylindres qui peuvent resservir; la chaleur se dissipe ainsi d'elle-même sans courans.

M. Furgaud, dans son rapport à M. le Préfet de la Creuse, donne les résultats d'une fonte commencée le 29 mars 1819, terminée le 7 mai suivant. On a obtenu 23,471<sup>k</sup>. d'antimoine cru; le minerai, passé à la fonte, rendait environ 40 pour 100: il calcule les dépenses comme il suit.

15,000 <sup>k</sup> . de houille grosse et menue, à 2 fr. les 100 <sup>k</sup> .	300 fr.
240 journées d'ouvriers, à 1 fr. 50 c. l'une	360
Pour le renouvellement des cylindres, entretien de fourneaux, outils, etc.	60

TOTAL 720 fr.

Mise hors.

Résultats.

On en déduit que, pour la préparation de 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru, on a dépensé 5 fr. 6 c.

Remarque. Depuis cette époque, le fourneau a subi des modifications importantes qui ont donné des résultats plus satisfaisans encore. M. Christophe Pouff assure qu'il est parvenu à retirer 50 pour 100 d'antimoine cru.

*Avantages de ce dernier mode sur le premier.*

Les avantages qu'offrent les résultats précédens de cette méthode sur la fonte en plein air consistent :

Main-d'œuvre. 1<sup>o</sup>. Dans la main-d'œuvre, qui, pour 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru obtenus, est de 2 fr. 41 c. en plein air, et seulement de 1 fr. 53 c. dans le fourneau à coulisses ;

Combustible 2<sup>o</sup>. Dans le combustible, dont la dépense, pour 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru, est, en plein air, de 6 fr. 34 c., et dans le fourneau à coulisses, 1 fr. 28, c'est-à-dire un cinquième (1).

On ne sera pas étonné de cette énorme différence en observant combien il y a de chaleur perdue en plein air, tant par le rayonnement dû au grand développement de surface, que par le contact immédiat du sol où sont encastrés les pots enveloppés et recouverts d'une masse considérable de houille. En outre, cette opération est à la merci de la pluie et du vent, qui accélèrent en pure perte la consommation en combustible.

Antimoine cru. 3<sup>o</sup>. Dans l'impossibilité où l'on se trouve dans

(1) M. Christophe Pouff croit cependant que la quantité de houille que nécessitait le fourneau à coulisses, lorsqu'il en retirait 0,50 d'antimoine, n'était qu'un peu moins du tiers de celle qu'on consommait en plein air.

la fonte en plein air, de connaître et régler la marche de l'opération ; on ignore même le point où il faut l'arrêter. Les expériences de M. Berthier (1) prouvent combien ce point est important à saisir : aussi se perd-il beaucoup d'antimoine cru par excès de calorique en diverses parties, soit en se volatilissant, soit en restant suspendu dans les gangues étonnées et pulvérisées, soit enfin en se répandant dans le sol par les pots à boulets, qui se fendent. En d'autres points, au contraire, s'il y a défaut de chaleur, tout l'antimoine cru ne coule pas, il en reste avec sa gangue dans les pots supérieurs ; ce qui fait que ces pots et leurs crasses sont ordinairement plus riches que dans le cas des cylindres, où l'on connaît et dirige à volonté l'opération d'après des indices certains (2).

4<sup>o</sup>. Dans la dépense en matériel, qui s'élève en plein air à 2 fr. 01 c. pour 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru, et pour le fourneau à coulisse 0,25 (3).

Matériel.

(1) (*Annales des Mines*, tome III, page 560.) Du sulfure d'antimoine pur, exposé, dans un creuset nu avec son couvercle, à la température de 40 degrés pyrométriques, a perdu par volatilisation 0,15 à 0,20.

(2) Les partisans de la fonte en plein air ne veulent pas changer leur méthode, prétendant qu'il y a, par le fourneau à coulisses, une plus grande perte par évaporation. Je n'ai pu le constater ou vérifier directement, mais les résultats cités de M. Christophe prouvent le contraire ; au reste, l'exposition de la méthode dans un fourneau, et l'aspect seul des crasses, montrent qu'il n'y a, faute de n'avoir pas réglé le fourneau avec sagesse, on a laissé perdre de l'antimoine par volatilisation, c'est-à-dire par excès de chaleur, cette perte est bien compensée par le sulfure qui reste dans les pots en plein air et qui adhère aux crasses.

(3) M. Furgaud n'a évalué qu'à 0,03 francs le matériel

T. I, 1<sup>re</sup> livr. 1827.

On en déduit que, pour la préparation de 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru, on a dépensé 3 fr. 6 c.

Remarque.

Depuis cette époque, le fourneau a subi des modifications importantes qui ont donné des résultats plus satisfaisants encore. M. Christophe Pouff assure qu'il est parvenu à retirer 50 pour 100 d'antimoine cru.

*Avantages de ce dernier mode sur le premier.*

Les avantages qu'offrent les résultats précédents de cette méthode sur la fonte en plein air consistent :

Main-d'œuvre.

1<sup>o</sup>. Dans la main-d'œuvre, qui, pour 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru obtenus, est de 2 fr. 41 c. en plein air, et seulement de 1 fr. 53 c. dans le fourneau à coulisses ;

Combustible

2<sup>o</sup>. Dans le combustible, dont la dépense, pour 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru, est, en plein air, de 6 fr. 34 c., et dans le fourneau à coulisses, 1 fr. 28, c'est-à-dire un cinquième (1).

On ne sera pas étonné de cette énorme différence en observant combien il y a de chaleur perdue en plein air, tant par le rayonnement dû au grand développement de surface, que par le contact immédiat du sol où sont encastrés les pots enveloppés et recouverts d'une masse considérable de houille. En outre, cette opération est à la merci de la pluie et du vent, qui accélèrent en pure perte la consommation en combustible.

Antimoine cru.

3<sup>o</sup>. Dans l'impossibilité où l'on se trouve dans

(1) M. Christophe Pouff croit cependant que la quantité de houille que nécessitait le fourneau à coulisses, lorsqu'il en retirait 0,50 d'antimoine, n'était qu'un peu moins du tiers de celle qu'on consommait en plein air.

la fonte en plein air, de connaître et régler la marche de l'opération ; on ignore même le point où il faut l'arrêter. Les expériences de M. Berthier (1) prouvent combien ce point est important à saisir : aussi se perd-il beaucoup d'antimoine cru par excès de calorique en diverses parties, soit en se volatilissant, soit en restant suspendu dans les gangues étonnées et pulvérisées, soit enfin en se répandant dans le sol par les pots à boulets, qui se fendent. En d'autres points, au contraire, s'il y a défaut de chaleur, tout l'antimoine cru ne coule pas, il en reste avec sa gangue dans les pots supérieurs ; ce qui fait que ces pots et leurs crasses sont ordinairement plus riches que dans le cas des cylindres, où l'on connaît et dirige à volonté l'opération d'après des indices certains (2).

4<sup>o</sup>. Dans la dépense en matériel, qui s'élève en plein air à 2 fr. 01 c. pour 100<sup>k</sup>. d'antimoine cru, et pour le fourneau à coulisse 0,25 (3).

Matériel.

(1) (*Annales des Mines*, tome III, page 560.) Du sulfure d'antimoine pur, exposé, dans un creuset nu avec son couvercle, à la température de 40 degrés pyrométriques, a perdu par volatilisation 0,15 à 0,20.

(2) Les partisans de la fonte en plein air ne veulent pas changer leur méthode, prétendant qu'il y a, par le fourneau à coulisses, une plus grande perte par évaporation. Je n'ai pu le constater ou vérifier directement, mais les résultats cités de M. Christophe prouvent le contraire ; au reste, l'exposition de la méthode dans un fourneau, et l'aspect seul des crasses, montrent que si, faute de n'avoir pas réglé le fourneau avec sagesse, on a laissé perdre de l'antimoine par volatilisation, c'est-à-dire par excès de chaleur, cette perte est bien compensée par le sulfure qui reste dans les pots en plein air et qui adhère aux crasses.

(3) M. Furgaud n'a évalué qu'à 68 francs le matériel

T. I, 1<sup>re</sup> livr. 1827.

Produits.

5°. Enfin l'on remarquera qu'il y a une grande différence entre les produits journaliers; et quoi qu'on puisse, il est vrai, augmenter le nombre des pots à volonté, cela exigera un plus grand développement de terrain. On peut en outre voir combien de temps est perdu d'une fonte à l'autre pour préparer le sol, enlever la crasse des pots, etc.

Cette différence de produits n'a cependant pas ici un grand inconvénient, puisque le fourneau n'est pas sans cesse en activité, faute de minerai; mais l'on sent que dans le cas d'une augmentation dans l'exploitation, tout l'avantage serait du côté du fourneau (1).

### III. Conclusion sur le traitement à adopter pour retirer le sulfure d'antimoine de sa gangue.

Je viens de comparer deux méthodes dont les résultats prouvent l'avantage de la dernière; mais la préférence doit-elle lui être accordée exclusivement sur toute autre?

d'une opération de quarante jours. Cette somme paraîtra un peu faible, si l'on observe qu'un seul cylindre coûte 30 francs. M. Christophe assure qu'il ne reviendrait qu'à 15 francs (déjà ils ne coûtent plus en 1826 que 20 francs), si on le fabriquait dans l'usine même: au reste, l'évaluation de cette dépense (0,25) fût-elle quadruplée, qu'elle ne serait encore que la moitié de celle en plein air.

(1) La difficulté qu'éprouve dans cette contrée l'introduction de nouveaux procédés ne sera plus un problème lorsqu'on se rappellera qu'il existe à la surface, auprès des filons antimonifères, des filons et couches énormes d'hématite rouge et brune non loin de mines de houille abondantes et d'excellente qualité, et qu'on n'a point encore établi d'exploitation de ces mines de fer, quoiqu'à chaque pas on rencontre des scories provenant des forges portatives des anciens.

Pour résoudre cette question, je rappellerai deux autres méthodes qu'on a déjà mises en usage.

La première est celle qu'on a adoptée à La-Licouln (Haute-Loire) (1). M. Berthier évalue à 8 fr. 50 c. les frais qu'exige la préparation de 100<sup>k</sup> d'antimoine cru. L'opération se fait avec des creusets de terre superposés comme dans la méthode en plein air, où l'on a vu que la dépense montait à 10 f. 77 c. Cette différence tient à ce qu'à La-Licouln les creusets sont placés dans un fourneau circulaire, et qu'étant ainsi plus maître de diriger la chaleur, il s'en perd moins qu'en plein air. Néanmoins, les résultats économiques sont naturellement ici inférieurs à ceux du fourneau à coulisses, où l'on voit ce qui se passe dans l'intérieur des creusets, comment le sulfure coule; où tout est connu et modéré à volonté, et où enfin l'on charge et décharge sans interruption (2).

L'autre méthode se trouve consignée dans une note de M. Gillet de Laumont (3). Elle était em

Autres  
méthodes.  
1<sup>re</sup>.

2<sup>de</sup> méthode.

(1) *Annales des Mines*, tome III, page 555.

(2) Il est vrai qu'à Anglebas (Puy-de-Dôme) la préparation de 100 kil. d'antimoine cru reviendrait, d'après M. Héron de Villefosse (*Richesse minérale*, tome III, page 508), seulement à 3 fr. 60 c. environ; mais MM. les ingénieurs en chef Furgaud et Guényveau, qui ont depuis visité cet établissement, se sont assurés qu'il y avait eu erreur dans l'évaluation de la dépense en combustible, donnée à M. de Villefosse, et que réellement le fourneau d'Anglebas exige les mêmes frais que celui de La-Licouln; ce qui devait être, car les deux fourneaux sont construits sur le même modèle.

(3) (*Journal des Mines*, tome IX, page 469.)

ployée anciennement à la Ramée (Vendée), en remplacement de la méthode en plein air, abandonnée.

La fusion s'opérait dans un four à réverbère à voûte surbaissée sur une aire inclinée; le sulfure se rendait par une rigole dans un bassin extérieur. En estimant approximativement ce que devait coûter le quintal métrique de sulfure fondu, on trouve (d'après les données de cette note) que les résultats économiques y étaient aussi avantageux que dans le fourneau à coulisses. La dépense pour le quintal métrique d'antimoine cru était de 3 fr, 08 c. On y faisait trois coulées par jour en été (deux seulement en hiver), donnant 600<sup>k</sup> environ de sulfure (1).

Observations.

Il eût été cependant à désirer qu'on eût pu recueillir plus de détails sur cet ancien fourneau, sur la marche du travail, etc. Cette méthode paraît effectivement la plus naturelle, parce qu'on y voit mieux ce qui se passe que dans toute autre, et qu'on peut mieux régler l'opération. Il est vrai que dans les cylindres fermés on a moins à craindre les pertes par vaporisation, quoiqu'elles soient inévitables, sur-tout lorsqu'on travaille avec le ringard dans les creusets; mais en ayant soin, comme cela se pratique au Hartz dans le traitement métallurgique du plomb (2), de recueillir dans des chambres ou dans des canaux de condensation le sulfure qui s'échapperait par sublima-

(1) On dépensait pour trois coulées une corde de menu bois (3 stères), valant 10 à 11 francs. On peut en outre évaluer à 8 francs les frais de main-d'œuvre, outils, réparations, etc.; ce qui donne bien 3f,08 par quintal métrique d'antimoine cru.

(2) (*Richesse minérale*, tome III, page 212.)

tion et plus encore par entraînement, on pourrait atténuer cette perte, on éviterait en outre celle due à la rupture des cylindres dans le fourneau à coulisses, et au sulfure qui adhère soit à leurs parois, soit aux gangues, qu'on ne peut distribuer, comme dans un four à réverbère, dans les points où la chaleur est la plus convenable pour chaque partie de minerai aux diverses époques de l'opération.

On observera que le but qu'on se propose ici est d'effectuer une simple liquation, genre d'opération qui se pratique toujours avec facilité dans un fourneau à réverbère, et qu'en outre, dans le cas ordinaire, on veut convertir par une deuxième opération l'antimoine cru en régule: on pourrait donc faire dans la première un commencement de grillage, qu'on favoriserait en formant la sole de charbon (1) mêlé d'un peu d'argile, seulement pour lui donner de la consistance. Enfin, d'après les résultats obtenus à la Ramée, l'on peut voir que le produit journalier surpasserait de beaucoup celui qu'on obtient dans le fourneau à cylindres.

Nous venons de passer en revue les diverses méthodes employées jusqu'ici pour séparer par la fusion le sulfure d'antimoine du minerai qui le renferme; je terminerai cette notice par quelques réflexions sur le moyen conseillé par M. Berthier dans le mémoire déjà cité (2). Cet ingénieur

3<sup>e</sup>. méthode (proposée).

(1) Voyez l'expérience de M. Berthier (*Annales des Mines*, tome III, page 560 et 561) sur la perte du sulfure d'antimoine éprouvée dans un creuset brusqué.

(2) *Annales des Mines*, tome III, page 555.

appuie fortement sur l'abandon qu'on doit faire de la fusion du minerai, et propose de remplacer cette méthode par une préparation mécanique analogue à celle qu'on fait subir aux minerais de plomb et à presque toutes les autres substances métalliques.

Les avantages du lavage mécanique sur les minerais pauvres paraissent incontestables. Nous voyons en effet qu'à Pesey, où ce genre de travail est effectué avec beaucoup de soin, le minerai de plomb trié, qui ne rend que 16 pour 100 de schlich, exige, pour donner un quintal de schlich (renfermant 0,97 de galène pure), une dépense de 4 fr. seulement (1). Je pense aussi, comme M. Berthier, que la préparation mécanique serait encore appliquée avec avantage au minerai de La-Licouln, quoiqu'il soit plus riche et qu'il rende à la fusion 0,33 de sulfure d'antimoine (cet avantage a été reconnu sur ce minerai par des expériences de laboratoire). Effectivement l'on voit qu'à Vialas, où le minerai de criblerie rendait, en 1821, 0,33 de schlich (contenant, il est vrai, seulement 0,70 de galène pure), la préparation du quintal métrique de pur criblé ne coûtait que 2 fr. 94 c. (2), au lieu de 8 fr. 50 c. qu'il faut à La-Licouln pour préparer un quintal métrique d'antimoine cru.

Mais lorsque le minerai d'antimoine rend, comme à Malbosc actuellement, 0,50 de sulfure, le lavage aurait-il encore l'avantage sur la fusion? A ce sujet, je rapporterai les résultats obtenus

(1) Résultats obtenus à Pesey. (*Annales des Mines*, tome III, page 549.)

(2) (*Annales des Mines*, tome IX, page 733.)

depuis peu à Vialas à la suite des améliorations apportées à la préparation mécanique, sur-tout aux opérations de criblerie (1). On retirait, en 1824, du minerai 0,50 de pur criblé.

La préparation du quintal métrique de ce pur criblé ne coûtait que 1 fr. 08; et ici la baryte sulfatée et les pyrites qui accompagnent la galène en rendent la séparation très-difficile, tandis que ces gangues se rencontrent rarement en France avec l'antimoine sulfuré, seulement il faudrait agir avec beaucoup de précautions, si on adoptait la préparation mécanique pour ce dernier minerai, à cause de la grande fragilité du sulfure d'antimoine.

Il semblerait donc, d'après ce qui précède, que le lavage aurait encore l'avantage sur les résultats obtenus à Malbosc, où la préparation du quintal métrique d'antimoine cru, provenant aussi de 2 quintaux de minerai, coûte 3 fr. 06; mais si nous observons que le pur criblé de Vialas ne contient que 0,70 de galène pure, et que la fragilité du sulfure d'antimoine donnerait lieu à des boues qui en rendraient la séparation difficile et occasionneraient des pertes, et qu'enfin ici, quoiqu'il n'y ait pas de baryte sulfatée ni de pyrites, d'un autre côté le sulfure d'antimoine est moins lourd que la galène dans le rapport de 4,3 à 7,2, nous en concluons que l'avantage apparent du lavage sur le fourneau

(1) Je les ai consignées dans un mémoire (présenté en 1826 au Conseil de l'École royale des Mines) sur les modifications apportées dans l'exploitation et les traitemens mécaniques et métallurgiques des minerais de plomb argentifère de Vialas.

à coulisses (avantage qui n'est basé que sur la comparaison de minerais de nature différente) n'est réellement pas assez considérable pour se permettre de prononcer. Il n'est pas non plus démontré que le lavage l'emporterait sur une fonte bien conduite dans un four à réverbère tel que celui dont j'ai parlé au sujet du fourneau de la Ramée : c'est donc à l'expérience de nous éclairer (1).

(1) M. Furgaud annonce, dans le rapport cité, que les sieurs Dreloy et Chapuset, fabricans de régule à Clermont, traitent sans fonte préalable le minerai brut des Villerange, purifié seulement par cassage et triage. Il n'indique point de résultats économiques, qu'il serait cependant avantageux de connaître : ce moyen me semble le plus naturel et conforme à toutes les autres opérations métallurgiques, où l'on ne cherche pas à séparer des matières étrangères d'abord le composé chimique, mais directement le métal qu'il renferme.

## DE L'ACTION

### *Des alcalis et des terres alcalines sur quelques sulfures métalliques ;*

PAR M. P. BERTHIER.

Ces recherches ayant été entreprises dans le but de perfectionner les moyens d'essai des substances métalliques par la voie sèche, et de jeter quelque lumière sur certaines opérations métallurgiques, je n'ai eu à m'occuper que des sulfures des métaux utiles, ceux de plomb, de cuivre, de mercure, de zinc, d'étain et de fer. Ce qui concerne le sulfure d'antimoine a été traité ailleurs. (*Annales des Mines*, tome X, page 153.)

Les alcalis caustiques décomposent tous ces sulfures. Les carbonates alcalins les décomposent tous aussi, mais seulement lorsqu'il y a contact de charbon; en l'absence du charbon, il y a quelques sulfures sur lesquels ils n'ont aucune action. La baryte, la strontiane et la chaux, mêlées de charbon, se comportent avec les sulfures comme les alcalis. Dans toutes ces décompositions, il se forme des sulfures à base des métaux alcalins ou alcalino-terreux, et ces sulfures retiennent en combinaison une certaine quantité du sulfure soumis à l'expérience. Cependant lorsque celui-ci a pour base un métal très-volatil, la décomposition peut en être complète. La proportion du sulfure qui reste dissous dans les sulfures alcalins dépend de plusieurs circonstances : la présence du charbon a toujours pour effet de la diminuer beaucoup; cette proportion est d'autant moindre aussi

que la fusion a lieu à une température plus élevée. La réduction à l'état métallique de la portion de l'alcali ou de la terre alcaline, qui se combine avec du soufre, s'opère, soit par l'action d'une portion du soufre du sulfure métallique, quand le métal est peu oxidable, et alors il se forme de l'acide sulfurique qui reste dans la scorie, combiné avec l'excès d'alcali, soit par l'action du métal lui-même, lorsqu'il est très-oxidable. L'addition du charbon empêche l'acidification du soufre et l'oxidation du métal : alors c'est ce corps qui réduit l'alcali ou la terre alcaline.

Nous allons voir quels sont les phénomènes que présentent, chacun en particulier, les sulfures métalliques dont il a été fait mention.

Sulfure de  
plomb.

*Sulfure de plomb* (galène). Quand on chauffe en vase clos, dans une cornue de porcelaine par exemple, de la galène mêlée avec du carbonate de soude, dans la proportion de moitié de son poids au moins (un atome pour un atome), il s'en sépare environ 0,53 de plomb, et il se forme une scorie grise très-fluide, dans laquelle on trouve beaucoup d'acide sulfurique. Lorsqu'on fait la même opération dans un creuset ouvert, le produit en plomb est moyennement de 0,63. Quand on se sert d'un vase large et plat, tel qu'un scorbificatoire, qu'on chauffe graduellement et lentement sous la moufle d'un fourneau de coupelle, et qu'on tient pendant quelque temps la matière fondue exposée au contact de l'air, la galène donne ordinairement 0,75 de plomb, et quelquefois jusqu'à 0,80 : d'où l'on voit que l'action de l'air favorise beaucoup la séparation du plomb. Cela tient à ce que l'oxide de ce métal décompose le sulfure, lors même que celui-ci est en

combinaison avec un sulfure alcalin. En effet, ayant fondu

24<sup>g</sup>. de sulfure de sodium et de plomb  
avec 10<sup>g</sup>. de céruse,

j'ai obtenu 6<sup>g</sup>,5 de plomb, et la nouvelle scorie, colorée en jaune par un excès d'oxide de plomb, ne contenait plus de sulfure. Quand on chauffe lentement le mélange de galène et de carbonate de soude, la galène se grille en partie avant que les matières se fondent, et il en résulte de l'oxide et du sulfate de plomb ; le sulfate est décomposé par le carbonate de soude, et l'oxide réagit sur le sulfure et produit du plomb ; en sorte qu'une partie de la galène est réduite sans l'intervention de l'alcali : d'où il suit qu'il doit se former moins de sulfure double, et que les scories retiennent moins de plomb que si l'on eût fondu rapidement et sans grillage. Lorsqu'ensuite on tient la matière en fusion au contact de l'air, un nouveau grillage s'opère, et le plomb se sépare à l'état métallique, parce que s'il se formait de l'oxide, il serait à l'instant réduit par les sulfures, ou peut-être aussi parce qu'en présence d'un alcali le soufre est transformé en acide sulfurique, avant que le plomb puisse s'oxider. On conçoit qu'à la rigueur on pourrait séparer exactement tout le plomb de la galène par ce moyen ; mais il est très-difficile d'arrêter l'opération au terme précis, et l'on peut craindre d'outre-passer ce terme et d'oxider du plomb. Quand on emploie ce mode d'essai, qui est très-bon, il faut mélanger à la galène quatre fois son poids de carbonate de soude. On peut remplacer ce flux par la potasse perlasse ; le résultat est le même.

Si l'on chauffait le mélange de galène et de

carbonate de soude dans le vide, il est probable que l'on n'obtiendrait que 0,49 de plomb, et qu'alors pour 7 atomes de galène, 2 atomes de soufre se transformeraient en acide sulfurique; en réduisant 3 atomes de soude, les 3 atomes de sodium mis en liberté se combineraient avec 6 autres atomes de soufre, et les 3 atomes de galène non décomposés resteraient dans la scorie en combinaison avec les 3 atomes de sulfure de sodium qui se seraient formés. Quand on opère dans une cornue, c'est sans doute l'action de la petite quantité d'air qui remplit la panse, qui fait que l'on obtient un peu plus de 0,49 de plomb.

Toutes les matières qui cèdent facilement leur oxygène, le nitre par exemple, produisent sur les sulfures doubles d'alcali et de plomb le même effet que l'air atmosphérique. Si, après avoir fondu rapidement un mélange de 10 parties de galène et de 30 de carbonate de soude, on y ajoute 3 parties de nitre, on obtient en peu d'instans 7,5 à 7,8 de plomb. On a encore le même produit en fondant immédiatement le mélange des trois substances; mais, dans ce cas, il ne se forme pas de sulfure alcalin: tout le soufre est acidifié par le nitre, et quand on emploie celui-ci dans la proportion strictement nécessaire, le plomb se sépare tout entier à l'état métallique.

On peut aussi désulfurer la galène par le nitre seul; mais alors il faut en employer deux fois autant que quand on y ajoute du carbonate de soude ou de potasse. Comme la déflagration est vive, il est difficile d'éviter de perdre quelque chose par projection, et l'on ne peut compter sur un résultat exact.

La présence du charbon favorise la désulfura-

tion de la galène par les carbonates alcalins, en déterminant la réduction à l'état métallique d'une plus grande quantité d'alcali, et par suite la formation d'une plus grande proportion de sulfure alcalin; il paraît même que la séparation du plomb peut être presque complète. Une partie de galène fondue avec 4 parties de flux noir donne 0,75 de plomb; avec 4 parties de crème de tartre, elle en donne jusqu'à 0,80; la matière brûle tranquillement et avec flamme jusqu'à la fin de l'opération. Quand on chauffe dans un creuset brasqué de charbon une partie de galène avec 3 ou 4 parties de carbonate de soude, le produit en plomb est de 0,74 à 0,75, et la scorie, qui est d'un gris rougeâtre, ne retient que très-peu de sulfure de plomb.

On sait que le fer décompose la galène; il sépare complètement aussi le plomb des scories qui le retiennent combiné avec des sulfures alcalins. La quantité de fer nécessaire pour opérer cette séparation est celle qui équivaut au sulfure de plomb dissous dans la scorie; mais on peut sans inconvénient en employer un certain excès, d'abord parce qu'il ne se combine pas avec le plomb, et en second lieu, parce que la portion qui ne s'unit pas au soufre s'oxide aux dépens de l'acide sulfurique et de l'acide carbonique des sels alcalins que renferme la scorie, et forme avec les alcalis un composé très-fusible. J'ai trouvé, par expérience, qu'en fondant la galène avec 2 parties de carbonate de soude et 0,20 à 0,50 de fer métallique, on en retire 0,77 à 0,80 de plomb. En augmentant la proportion du flux, on peut porter celle du fer jusqu'à 0,50: ce mode d'essai est excellent. On peut substituer au fer métallique

un oxide pur mêlé de charbon, par exemple, 0,30 de battiture, et 0,05 de charbon.

La baryte et la chaux, chauffées avec de la galène à une température un peu élevée, dans un creuset brasqué de charbon, la désulfurent partiellement: le plomb, mis à nu, reste disséminé en grenailles dans la scorie, qui est composée du sulfure double formé et de l'excès de la terre.

Sulfure de cuivre.

*Sulfure de cuivre.* Le carbonate de soude et le carbonate de potasse sont absolument sans action sur le sulfure de cuivre; en quelque proportion qu'on emploie le carbonate alcalin, le sulfure de cuivre se réunit en culot sous ce carbonate fondu, et il ne se sépare pas la moindre trace de cuivre métallique. Cependant la potasse perlasse (carbonate de potasse du commerce) réduit en partie le sulfure de cuivre, et en employant six fois autant de potasse perlasse que de sulfure, on peut obtenir jusqu'à 0,40 de cuivre rouge; il se forme en même temps une masse brune cristalline qui recouvre le culot de cuivre, et une scorie saline incolore, qui n'est autre chose que du carbonate de potasse fondu. Cette différence dans la manière d'agir du carbonate de potasse pur et de la potasse perlasse m'a fait penser que celle-ci ne décomposait le sulfure de cuivre qu'à la faveur de la potasse caustique qu'elle renferme. Pour vérifier cette conjecture, j'ai fondu les mélanges suivans :

	1 <sup>o</sup> .	2 <sup>o</sup> .	3 <sup>o</sup> .
Sulfure de cuivre . . . . .	5 <sup>g</sup> .	5 <sup>g</sup> .	5 <sup>g</sup> .
Soude caustique . . . . .	5	10	10
Carbonate de soude . . . . .	10	20.	

Le premier m'a donné 0<sup>g</sup>,75 de cuivre rouge = 0,15, enveloppé d'une matte semblable à du

sulfure de cuivre et recouverte de carbonate de soude fondu; le second, 1<sup>g</sup>,4 de cuivre = 0,28, etc. etc.; et le troisième, 1<sup>g</sup>,6 de cuivre = 0,32, et une scorie compacte et brune. Les alcalis caustiques (hydrates de deutoxides) décomposent donc le sulfure de cuivre.

J'ai voulu voir si le charbon favoriserait l'action désulfurante des alcalis, comme cela était probable: pour cela j'ai fondu

5<sup>g</sup>. de sulfure de cuivre;  
5 de soude caustique;  
et 2 de charbon en poudre.

J'ai obtenu 2<sup>g</sup>,65 de cuivre rouge = 0,53, et une scorie homogène, compacte, à cassure grenue, un peu luisante, et d'un brun foncé.

Il se pouvait que la présence du charbon déterminât la désulfuration du cuivre par les carbonates alcalins. Pour connaître l'action simultanée de ces deux substances, j'ai fondu

Sulf. de cuivre.	9 <sup>g</sup> ,92—1 at.	9 <sup>g</sup> ,92—1 at.	9 <sup>g</sup> ,92—1 at.
Carb. de soude.	6,66— $\frac{2}{3}$	13,32—1	19,98—1 $\frac{2}{3}$
Charbon . . . . .	1,40—	2,00—	5,50

Le premier mélange m'a donné 3<sup>g</sup>,8 de cuivre rouge et une matte homogène, noire, métalloïde, cristalline et composée de prismes aciculaires entre-croisés. Dans cette expérience, il est évident que la moitié du sulfure a été décomposée, et que l'autre moitié s'est combinée avec le sulfure de sodium qui s'est formé. Le résultat est le même quand on chauffe le mélange de sulfure et de carbonate de soude sans charbon dans un creuset brasqué.

Le second mélange a produit 4<sup>g</sup>,9, de cuivre et une matte homogène noire et mate.

Le troisième a donné un culot de cuivre rouge

pesant 5<sup>es</sup>, et une scorie d'un rouge brun, toute pénétrée de grenailles de cuivre : en la délayant dans l'eau, il est resté 1,9 de ces grenailles, et la liqueur tenait du sulfure de cuivre en suspension. Ainsi au total on a obtenu 7<sup>es</sup>. de cuivre; en élevant la température, le produit est encore plus considérable.

9<sup>es</sup>,92 sulfure de cuivre. . . 1 at.  
39 ,96 carbonate de soude. . 3

chauffés dans un creuset brasqué, à la température de 150° pyrométriques, ont donné 7<sup>es</sup>,5 de cuivre rouge, surmonté d'une matte noire, spongieuse et d'un petit volume, et toute la brasque était imbibée de carbonate de soude. On voit qu'à l'aide du carbonate de soude et du charbon, et en chauffant très-fortement, on peut décomposer le sulfure de cuivre à-peu-près complètement.

Les corps oxigénans et le fer métallique séparent, du moins en partie, le cuivre contenu dans les scories alcalines sulfureuses. Lorsqu'on tient ces scories en fusion avec le contact de l'air, elles abandonnent du cuivre; il en est de même si l'on y ajoute une certaine quantité de nitre.

Le nitre pur décompose totalement le sulfure de cuivre.

Avec 100 de sulfure 1 at.  
77 de nitre,  $\frac{1}{10}$ .

on a facilement 66 à 70 de cuivre; mais l'air ambiant contribue toujours un peu à l'oxidation, et les scories sont colorées en rouge par du protoxide de cuivre. On peut diminuer un peu la proportion du nitre pour compenser cet effet; mais l'on arrive difficilement au terme précis de la désulfuration.

Le fer métallique, en quelque proportion qu'on

l'emploie, ne précipite qu'en partie le cuivre des scories sulfureuses, parce que le sulfure de fer qui se forme retient une portion du sulfure de cuivre par une affinité très-forte, et qu'un excès de fer ne peut pas vaincre.

Si l'on chauffe ensemble du sulfure de cuivre, du fer métallique et du carbonate de soude, on obtient des proportions de cuivre qui varient avec les proportions de fer et de carbonate-soude, mais qui ne dépassent jamais 0,60. On arrive à ce résultat *maximum* en employant au moins 4 parties de carbonate alcalin et 0,30 à 0,40 de fer (1).

9<sup>es</sup>,92 sulfure de cuivre 2 at.  
9 ,57 baryte caustique 1  
0 ,38 charbon, 1

19 ,87

ont été chauffés dans un creuset brasqué à la température de 150° pyrométriques. Le culot

(1) On ne peut pas extraire la plus petite portion de cuivre du minerai de cuivre pyriteux (sulfure double de fer et de cuivre *CFS*) par les carbonates alcalins et par le fer métallique. Avec 1, 2, 3, 4 at. et plus de potasse perlasse, ce minerai donne une scorie homogène noire et cristalline qui contient tout le cuivre à l'état de sulfure : avec le flux noir le résultat est le même. Quand on ajoute au flux noir de la limaille de fer en excès, comme moitié du poids du minerai, le mélange fond en une scorie noire cristalline, dans laquelle on aperçoit une multitude de particules de limaille non oxidées, mais qui ne contient pas la moindre grenaille de cuivre rouge.

J'ai trouvé qu'en mélangeant au minerai et au carbonate alcalin une certaine proportion de nitre, tout le fer est oxidé, et que le cuivre pyriteux donne soit du sulfure de cuivre sans sulfure de fer, soit du cuivre métallique, soit l'un et l'autre à-la-fois; mais la matière reste pâteuse, à cause de l'abondance de l'oxide de fer; on lui donne toute

qu'on a obtenu pesait 18<sup>s</sup>,20 : d'où l'on voit que la baryte a dû être réduite en grande partie à l'état métallique. Ce culot était fondu, mais scoriforme, noir, à cassure lamelleuse, et il était mêlé d'assez grosses grenailles de cuivre rouge.

19<sup>s</sup>,84 sulfure de cuivre 2 at.

7 ,12 chaux caustique 1

0 ,75 charbon 1

chauffés de la même manière, ont donné un culot poreux, grenu, à grains cristallins et brillans, métalloïde et mêlé d'une multitude de très-petites grenailles de cuivre : il s'est donc formé un sulfure double de cuivre et de calcium.

la fluidité nécessaire pour que les particules métalliques puissent se réunir en culot, en y ajoutant une certaine quantité de borax et de carbonate de soude.

Avec 10<sup>s</sup>. de cuivre pyriteux,  
10 de nitre,  
20 de carbonate de soude,  
et 10 de borax,

50,

on obtient 3<sup>s</sup>,6 de sulfure de cuivre recouvert d'une scorie compacte vitreuse brune, par-dessus laquelle il y a une couche épaisse de matières salines, principalement composée de sulfate alcalin.

Avec 10<sup>s</sup>. de cuivre pyriteux,  
19 de nitre,  
20 de carbonate de soude,  
et 10 de borax,

59,

on obtient 2<sup>s</sup>,9 de cuivre rouge.

On conçoit que, pour un minéral donné, en recherchant par tâtonnement la proportion de nitre strictement nécessaire, on parviendrait à en extraire par ce moyen la totalité du cuivre.

Dans l'espoir d'obtenir une scorie bien fluide, on a chauffé comme ci-dessus :

9<sup>s</sup>,92 sulfure de cuivre 2 at.

6 ,66 carbonate de soude 1

6 ,30 carbonate de chaux 1

22,88.

Mais le culot était scoriforme, et le cuivre métallique s'y trouvait disséminé en grenailles. On l'a traité par l'acide muriatique faible; il y a eu un grand dégagement d'hydrogène sulfuré, et il est resté des grenailles métalliques mêlées d'une boue noire de sulfure de cuivre. Il a été facile de recueillir les grenailles par le lavage; elles ont pesé 6<sup>s</sup>,2, le carbonate de soude seul n'en aurait donné que 3,8 : le carbonate de chaux a donc contribué pour beaucoup à la désulfuration.

*Sulfure de mercure (cinabre).*

29<sup>s</sup>,34 de cinabre 1 at.

15 ,32 carbonate de soude 1

42 ,66,

ont été chauffés graduellement dans une cornue de porcelaine. Avant la chaleur rouge et presque tout-à-coup, il s'est dégagé une grande quantité de mercure métallique; après le refroidissement, on a trouvé dans le col de la cornue quelques gouttes de mercure, mais il n'y avait pas la moindre trace de cinabre sublime; la matière contenue dans la panse était bien fondue, compacte, d'un brun jaunâtre, à cassure grenue, mate et opaque: elle se composait de sulfure sulfuré de sodium, de sulfate de soude et d'un peu de sulfure de fer provenant du cinabre, mais elle ne

Sulfure de mercure.

Sulfure de zinc

retenait pas de sulfure de mercure : ainsi la réduction de ce sulfure avait été complète.

14 <sup>s</sup> ,67	de cinabre	1 at.
3 ,06	chaux caustique	1
2 ,00	charbon en poudre	
<hr/>		
19 ,73,		

chauffés comme l'essai précédent, ont donné beaucoup de mercure sans qu'il se soit sublimé de cinabre, et il est resté dans la panse une matière grise, pulvérulente, pesant 6<sup>s</sup>, qui se composait de sulfure de calcium, mêlé de charbon et de quelques particules étrangères qui souillaient le cinabre, mais qui ne retenaient pas sensiblement de mercure. Dans cette expérience, la chaux a désulfuré complètement le mercure à la faveur du charbon.

Le charbon seul a aussi la propriété de décomposer le cinabre : il se forme du sulfure de carbone ; mais comme le sulfure de mercure est presque aussi volatil que le métal, il y en a toujours une certaine quantité qui se sublime en échappant à l'action le charbon : cette quantité est proportionnellement d'autant plus grande que la masse sur laquelle on opère est plus petite, et elle serait nulle si l'on faisait passer la vapeur à travers le charbon. Néanmoins, en grand comme en petit, il vaut mieux employer un mélange de chaux et de charbon pour décomposer le cinabre, que le charbon seul.

Sulfure de zinc.

*Sulfure de zinc* (blende). Le carbonate de soude et le sulfure de zinc réagissent l'un sur l'autre à la chaleur rouge avec bouillonnement, mais sans qu'il se dégage de zinc métallique. On obtient une matière homogène bien fondue ;

compacte, d'un blond clair et opaque. Quand on emploie 1 atome de carbonate de soude (666) pour 1 atome de sulfure de zinc (604), cette matière contient du sulfure sulfuré de sodium, du sulfure de zinc et de l'oxide de zinc ; la soude est donc réduite par le zinc, et il ne se forme pas d'acide sulfurique, si ce n'est en petite quantité et seulement par l'effet du contact de l'air atmosphérique. Comme le sulfure de sodium se trouve contenir plus de soufre que le sulfure au minimum, il faut qu'une portion du zinc du sulfure s'oxide aux dépens de l'acide carbonique du carbonate alcalin.

Quand on ajoute du charbon au carbonate de soude, il ne se forme plus d'oxide de zinc ; mais il se sublime une quantité équivalente de zinc métallique.

La chaux désulfure aussi la blende à l'aide du charbon, la quantité de zinc métallique qui se sublime est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

6 <sup>s</sup> ,04	sulfure de zinc (1)	1 at.
5 ,34	chaux caustique	1 at. $\frac{1}{2}$
1 ,00	charbon en poudre	

12 ,38

(1) Pour préparer le sulfure de zinc pur, je fais dissoudre du zinc étiré en fil ou en feuilles minces dans de l'acide sulfurique ; je sépare une petite quantité de plomb et de charbon qui se dépose, j'évapore à sec et j'ajoute quelques gouttes d'acide nitrique pour suroxyder le fer ; je calcine légèrement pour décomposer une partie des sulfates, et je reprends par l'eau : si la liqueur contient encore du fer, ce que l'on reconnaît au moyen d'un prussiate, je réitère l'opération, et quand il n'y a plus de fer, j'ajoute quelques gouttes d'hydrosulfate d'ammoniaque à la dissolution pour en précipiter une trace de plomb qui pourrait y rester ; j'é-

ont été chauffés jusqu'à 50° pyrométriques dans une petite cornue de porcelaine : il est resté une matière pulvérulente grisâtre, pesant 10<sup>g</sup>,7, et on a trouvé vers l'extrémité du col de la cornue, sur une longueur de 5 à 6 centimètres, un dépôt de zinc métallique en grosses gouttelettes : la quantité devait en être d'environ 1<sup>g</sup>,32 = 0,22, c'est-à-dire du tiers de ce qu'en contient la blende.

6<sup>g</sup>,05 sulfure de zinc 1 at.

6 ,32 carbonate de chaux 1

12 ,35,

chauffés dans un creuset brasqué à la température de 150° pyrométriques, ont donné un culot pesant 4<sup>g</sup>,6, spongieux, friable, à grains cristallins et d'un blanc légèrement jaunâtre : ce culot s'est dissous dans les acides avec un grand dégagement d'hydrogène sulfuré, et on n'y a trouvé qu'une très-petite quantité de sulfure de zinc : plus des cinq sixièmes de ce sulfure ont dû être réduits dans l'opération.

Il serait utile d'essayer si ce moyen de traiter la blende ne pourrait pas être employé en grand avec avantage, et s'il ne serait pas plus économique que le moyen qu'on suit généralement,

vapores et je dessèche. En chauffant lentement dans un creuset brasqué, jusqu'à la chaleur blanche, le sulfate pur ou mélangé avec 15 pour 100 de charbon, on le réduit en sulfure ; mais comme il arrive presque toujours qu'une partie du sulfate est décomposée par la chaleur avant que le charbon ait pu la réduire, le sulfure est mélangé d'un peu d'oxide ; on le purifie en le traitant par l'acide muriatique pur et étendu, qui dissout facilement l'oxide et n'attaque que faiblement le sulfure : on lave et on dessèche. Le sulfure de zinc pur est pulvérulent et aussi blanc que l'oxide.

moyen qui consiste à griller le sulfure et à réduire ensuite l'oxide par le charbon.

*Sulfure d'étain.* Le carbonate de soude agit sur le sulfure d'étain comme sur le sulfure de zinc ; c'est-à-dire qu'il le décompose partiellement en oxidant une certaine quantité de métal. Lorsqu'il y a contact ou mélange de charbon, la portion d'étain, qui sans cela se serait oxidée, se sépare à l'état métallique.

9<sup>g</sup>,37 protosulfure d'étain 1 at.

6 ,66 carbonate de soude 1

16, 03,

chauffés dans un creuset brasqué à la chaleur blanche, donnent environ 3<sup>g</sup>,67 d'étain, moitié de ce qu'en contient le sulfure, et une scorie compacte, grise, sans éclat métallique, qui doit être composée d'un demi-atome de sulfure d'étain et d'un demi-atome de sulfure de sodium mêlés de carbonate de soude.

11<sup>g</sup>,36 or musif ( persulfure ) 1 at.

13 ,32 carbonate de soude 2

24 ,68,

chauffés comme dans l'expérience précédente, n'ont donné que 1<sup>g</sup>,7 d'étain, c'est-à-dire le quart environ de ce qu'en contenait le sulfure et moitié moins de ce qu'en donne le protosulfure.

En augmentant la proportion de carbonate alcalin, on obtient une plus grande quantité d'étain ; mais il ne paraît pas qu'aux températures ordinaires des petits fourneaux d'essai on puisse jamais extraire du sulfure plus des trois quarts de ce qu'il en contient. Avec 5 parties de flux noir il en donne facilement 0,55.

Sulfure de fer.

*Sulfure de fer.* Le sulfure de fer est très-facilement attaqué par les carbonates alcalins. Le protosulfure artificiel, chauffé avec une à deux parties de carbonate de soude ou de potasse, se fond, à la chaleur rouge, en une matière très-fluide, qui, par le refroidissement, se prend en une masse homogène noire, cristalline et très-magnétique. Si l'on fait digérer cette matière dans l'eau, il se dissout du sulfure alcalin un peu sulfuré, et qui ne contient qu'une très-petite quantité d'acide sulfurique; ce qui prouve que c'est le fer et non pas le soufre qui enlève l'oxygène à la portion d'alcali qui se transforme en sulfure. Il est probable que, dans cette opération, le fer n'est amené qu'au premier degré d'oxidation: la matière fondue doit donc être un mélange de deux composés, l'un formé de sulfure alcalin et de sulfure de fer, et l'autre d'alcali et de protoxide de fer.

Lorsqu'il y a contact de charbon, le sulfure de fer est décomposé par les carbonates alcalins, de telle sorte qu'il s'en sépare du fer métallique; et si l'on chauffe suffisamment, le fer séparé se fond en un culot et se détache nettement de la scorie.

10 <sup>e</sup> , 80	protosulfure de fer artificiel	1 at.
13, 52	carbonate de soude	1
<hr/>		
24, 12,		

soumis à une température de 150° dans un creuset brasqué, ont donné un culot de fonte blanche, cristalline, mais s'aplatissant sensiblement sous le marteau avant de se rompre, et pesant 5<sup>e</sup>, 3 = 0, 51, c'est-à-dire plus des  $\frac{4}{5}$  de la quantité de fer contenue dans le sulfure. La scorie était lamelleuse, d'un noir métalloïde un peu bronzé: elle avait dû

être très-fluide, car il s'en était infiltré dans la brasque.

À la faveur du charbon, la baryte et la chaux décomposent aussi en grande partie le sulfure de fer; mais comme le sulfure double qui se forme est très-peu fusible, le fer métallique reste disséminé en particules à peine visibles dans ce sulfure.

On a chauffé dans un creuset brasqué, à la chaleur de 150°,

10, 80	protosulfure de fer	1 at.
19, 12	baryte caustique	1

---

29, 92 ;

on a eu un culot scoriforme composé d'une substance grisâtre, lamellaire et pierreuse, dans laquelle on voyait briller une multitude de petits grains cristallins, d'un gris métallique éclatant. On a broyé le culot et on l'a traité par l'eau bouillante; la dissolution contenait beaucoup de sulfure de barium: on a traité le résidu par l'acide acétique, qui a encore dissous du sulfure de barium et un peu de fer, avec dégagement d'hydrogène sulfuré; ensuite la partie non attaquée par l'acide acétique s'est dissoute lentement dans l'acide sulfurique et avec dégagement constant de gaz hydrogène presque inodore, ce qui prouve qu'elle ne contenait que très-peu de sulfure de fer: ainsi ce sulfure avait été à-peu-près complètement décomposé par la baryte.

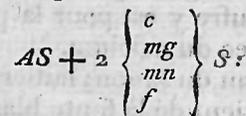
Les sulfures métalliques qui, comme on vient de le voir, sont si facilement décomposés par les alcalis et les terres alcalines à l'aide du charbon, deviennent tout-à-fait inattaquables par ces bases quand elles sont combinées ou quand elles peu-

vent se combiner avec une certaine proportion de silice ou d'acide borique. Ainsi le verre blanc ordinaire et le borax n'ont absolument aucune action sur les sulfures métalliques. Le bisilicate de chaux, ou un mélange de chaux et de quartz dans les proportions qui constituent le bisilicate, n'agit aucunement sur le sulfure de fer, même à une température très-élevée : mais lorsque le sel (silicate ou borate) contient un certain excès de base, une portion de cette base reste en combinaison avec l'acide; tandis que l'autre portion se réduit à la faveur du charbon, et décompose une certaine quantité de sulfure. La chaux décompose une quantité très-notable de sulfure de fer quand elle se trouve avec la silice dans une proportion telle qu'elle puisse former un silicate ou même un composé qui s'approche plus du silicate que du bisilicate. Ces considérations conduisent à une conséquence importante relativement au traitement des minerais de fer par le coak : comme ce combustible contient toujours des pyrites, et que le minerai des houillères, qui est celui que l'on traite le plus fréquemment de cette manière, en renferme souvent aussi, on voit de suite que pour obtenir de la fonte qui contienne le moins possible de soufre, il convient de surcharger les laitiers de *casiné* : cependant il y a une limite que l'on ne peut pas dépasser, parce qu'à mesure que la proportion de la chaux augmente au-delà de celle qui constitue le bisilicate, la fusibilité du laitier diminue. Une longue expérience a dû faire connaître en Angleterre quelle est la proportion qui remplit le mieux toutes les conditions désirables; j'ai trouvé, d'après l'examen que j'ai fait des laitiers

de plusieurs hauts-fourneaux, que cette proportion est telle que, dans ces laitiers, la silice contient à-peu-près autant d'oxygène que toutes les bases réunies. Voici le résultat des analyses :

	DOULAIS.		DUDLEY.	ST.-ÉTIENNE.	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Silice. . . . .	0,404	0,370	0,406	0,366	0,388
Chaux. . . . .	0,584	0,584	0,322	0,324	0,370
Magnésie. . . . .	0,052	0,042	trace.	0,048	0,032
Alumine. . . . .	0,112	0,132	0,148	0,184	0,152
Protoxid. de mang. . . . .	0,026	0,020	0,020		
Protoxide de fer. . . . .	0,038	0,012	0,104	0,010	0,044
Soufre. . . . .	trace.	0,014	0,010	0,010	0,008
Calcium. . . . .				0,024	
	0,990	0,980	1,000	0,996	0,990

(1) Fourneau de Doulais, près Mertyrthidvil, dans le pays de Galles. Laitier qu'on obtient quand le travail donne un bon résultat, c'est-à-dire quand la fonte est de bonne qualité. Ce laitier est compacte, pierreux, mêlé de parties vitreuses, couleur purée de pois : on y trouve souvent dans les cavités des cristaux en prismes réguliers octogones tronqués net, de plusieurs millimètres de longueur. Cette forme est celle de l'idocrase, dont la composition paraît être assujettie à la formule.



or, telle est aussi, à très-peu près, la composition

9 de verre,  
1 de sulfure de calcium;

j'ai obtenu un culot bien fondu, compacte, vitreux, transparent dans la plus grande partie de sa masse, mais opaque ou émaillé dans d'autres parties. En examinant les parties émaillées, j'ai reconnu qu'elles contenaient plus de sulfure de calcium que les parties transparentes.

105. de verre à pivette,  
10 de sulfure de calcium,

chauffés au creuset brasqué comme un essai de fer, ont donné un culot bien fondu, parfaitement homogène et à cassure luisante; mais il était très-bulleux, ce qui prouve qu'il n'avait été qu'en fusion pâteuse. Il avait une forte saveur sulfureuse. Par l'eau, on pouvait en séparer du sulfure de calcium; il faisait avec l'acide muriatique une vive effervescence, due au dégagement d'une grande quantité d'hydrogène sulfuré; le sulfure de calcium n'y était donc que mélangé; mais ce qui est assez extraordinaire, c'est que la matière du culot formait une gelée abondante avec l'acide muriatique, quoique le verre à pivette soit tout-à-fait inattaquable par cet acide: il est probable qu'une certaine quantité de sulfure de calcium aura été décomposée et transformée en chaux par l'eau en vapeur qui s'est dégagée de la brasque, que la chaux formée s'est combinée avec le verre, et que celui-ci est devenu par là attaquable par les acides.

Il suit de tout ce qui vient d'être dit que les silicates qui contiennent un excès d'une terre alcaline décomposent en partie les sulfures métalliques à la faveur du charbon. Un mélange de

silicate et d'un sulfate à base de terre alcaline produit l'effet inverse; c'est-à-dire qu'un pareil mélange, chauffé au milieu du charbon avec un métal ou un oxide métallique réductible, amène une portion du métal à l'état de sulfure. Cet effet se remarque souvent dans les ateliers métallurgiques: c'est ainsi qu'à Chessy, lorsqu'on fond des minerais qui contiennent du sulfate de baryte, on obtient beaucoup plus de matte et des scories moins ferreuses que quand la gangue n'est pas mêlée de sulfate. (*Annales des Mines*, tom. V, pag. 530.) En général, la quantité de sulfure métallique qui se forme est d'autant plus grande, que la proportion de la silice est plus considérable, parce que cette substance, exerçant une forte affinité sur la terre, la prend tout entière en combinaison, et mettant l'acide sulfurique en liberté, permet au soufre de se combiner avec le métal; tandis que, quand la silice est en petite proportion, elle ne décompose qu'une partie du sulfate et laisse le reste se réduire en protosulfure alcalin, qui est sans action sur les métaux.

*Phosphures.* Je ne sais pas comment se com-  
portent les alcalis avec les phosphures métalliques; mais j'ai examiné ce qui se passe lorsque l'on chauffe du phosphate de chaux au contact du charbon, avec des silicates et des oxides métalliques, parce que cela présente quelque intérêt sous le point de vue métallurgique. Le phosphate de chaux est irréductible par le charbon, même à la température la plus élevée des fourneaux d'essai; il peut se combiner avec les silicates sans se décomposer; mais quand on le chauffe au milieu du charbon avec de la silice, ou avec un silicate contenant un grand excès de

silice, il arrive qu'une partie du phosphate se combine avec la silice, et que l'autre partie est décomposée : de telle sorte que la chaux entre dans la combinaison terreuse, et que l'acide phosphorique volatilisé est réduit par le charbon sans qu'il se forme de phosphure de calcium. Si l'on ajoute au mélange un métal ou un oxide métallique réductible, le phosphore se fixe sur ce métal, et l'on peut obtenir un phosphure métallique pur et saturé.

10 <sup>s</sup> .	de phosphate de chaux calciné,
5	quarz,
5	argile calcinée,

---

20,

chauffés dans un creuset brasqué à 150°, ont donné un culot très-dur et très-tenace, à demi-fondu, pesant 17<sup>s</sup>. ; il s'est donc volatilisé 3<sup>s</sup>. d'acide phosphorique, c'est-à-dire à-peu-près les deux tiers de ce qu'en contenait le phosphate. La quantité d'acide qui se décompose est d'autant plus grande, que l'on emploie une plus grande quantité de silice : d'où il suit que, si l'on veut faire en sorte qu'il se combine le moins possible de phosphore à un métal que l'on fond avec du phosphate de chaux et un silicate, il faut charger ce silicate d'un excès de base. Ainsi, quand on a à traiter des minerais de fer mélangés de phosphate de chaux, tels que sont presque toujours les fers carbonatés des houillères, il est avantageux d'y ajouter autant de *castine* que les laitiers peuvent en prendre sans cesser d'avoir la fusibilité convenable, tout comme nous avons vu que cela doit se faire lorsque ces minerais, ou le combustible, sont sulfureux. Il faut observer néan-

moins que la présence d'un métal facilite la décomposition du phosphate de chaux par la silice, et qu'ainsi il ne paraît pas possible d'éviter qu'il se forme une certaine quantité de phosphure de fer dans les hauts-fourneaux.

Lorsque l'on veut préparer des phosphures métalliques avec du phosphate de chaux, il est nécessaire que la scorie soit bien fusible, afin que le phosphore puisse se réunir en culot ou tout au moins en grenailles. J'ai essayé divers mélanges : on réussit avec 10 de phosphate de chaux (os calcinés), 5 de sable quarzeux et 5 de carbonate de soude ; mais il est encore meilleur d'employer 10 de phosphate de chaux, 5 de quartz et 5 de borax : ce mélange donne une scorie compacte, sans bulles, vitreuse, transparente et opaline. A 100 parties de matières mélangées on ajoute 30 à 40 parties d'oxide métallique en poudre ou de métal en limaille fine, et l'on chauffe dans un creuset brasqué au fourneau d'essai pendant une heure. Si la masse est petite, la réduction se fait par cémentation ; mais si elle est un peu considérable, il convient, pour accélérer l'opération, d'introduire dans le mélange de la poussière de charbon dans la proportion d'environ 10 parties pour 100 de phosphate de chaux.

J'ai préparé par ce procédé les phosphures de cuivre, de cobalt, de nickel et d'étain. Le phosphure de cuivre est d'un gris éclatant, très-cassant et sensiblement lamelleux : il se fond à la chaleur rouge. Le phosphure de cobalt est d'un blanc éclatant, très-fragile, lamelleux, et présente souvent dans les cavités des aiguilles prismati-

ques entre-croisées : il n'est pas magnétique. Il est très-fusible.

Le phosphore de nickel ressemble, sous tous les rapports, au phosphore de cobalt.

Le phosphore d'étain a la couleur du plomb ; il est demi-ductile comme le protosulfure, sa structure est feuilletée.

Je n'ai pas pu obtenir le phosphore de manganèse, l'oxide est resté combiné dans la scorie, et il ne s'en est réduit qu'une quantité insignifiante.

---

## EXPÉRIENCES

*Faites dans le but d'apprécier les avantages que l'on doit retirer en substituant à la houille, dans le chauffage des machines à vapeur, de la tourbe de bonne qualité ;*

PAR M. GARNIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Le chauffage des machines à vapeur étant, dans les lieux où la houille ne peut arriver qu'à l'aide de transports difficiles, un objet de dépense fort important, il serait intéressant qu'on se livrât à des expériences précises pour déterminer la quantité de calorique que pourraient dégager les différens combustibles qu'on serait à même de se procurer à un prix beaucoup moins élevé que celui de la houille : c'est dans le but de m'occuper de cet objet pour la ville de Beauvais, et de répondre en même temps au désir que m'avaient exprimé MM. les propriétaires de la fabrique de draps que possède cette ville, d'avoir des données précises sur les avantages qu'ils retireraient de l'emploi de tourbes de bonne qualité qu'ils peuvent se procurer facilement sur les lieux, que je me suis livré aux expériences dont je vais rendre compte. Les résultats qu'elles m'ont présentés sont tellement avantageux, que je suis certain que l'on remplacera dorénavant, dans le chauffage des machines à vapeur qu'on élèvera dans cette ville, la houille, que l'on fait venir à grands frais du nord de la France, par

des tourbes semblables à celles dont je me suis servi dans le cours de mes expériences, et leur emploi me paraît devoir être d'autant plus exclusif, que les immenses dépôts qu'elles forment dans les environs de Beauvais s'opposent sans doute, pendant un grand nombre d'années, à ce qu'elles augmentent de valeur, et par conséquent à ce que les bénéfices que les manufacturiers retireront de leur emploi puissent éprouver une diminution sensible.

Les propriétaires de la fabrique de draps dont je viens de parler, voulant en accroître l'étendue et les produits, se sont déterminés à y faire établir une machine à vapeur de la force de seize chevaux, et comme ils avaient d'abord l'intention de l'alimenter à l'aide de la houille, dont l'hectolitre ras coûte, à Beauvais, 4 francs 50 centimes, je les ai engagés, pour qu'ils n'en brûlassent que le moins possible, à se procurer une machine à vapeur à moyenne pression, du système de Woolf, dont le mécanisme a été perfectionné par MM. Hallette, Tournelle et compagnie, qui possèdent à Arras, département du Pas-de-Calais, de très-beaux ateliers de construction. Les expériences que j'ai plusieurs fois été à même de faire sur ces machines, exécutées avec une rare perfection par ces fabricans, et qui leur ont valu de éloges si flatteurs de la part de MM. Gay-Lussac, d'Arcet, Clément, etc., m'ayant convaincu qu'au-delà de la force de dix chevaux, ces machines ne consomment pas, tout en développant leur maximum de quantité d'action, plus de 2<sup>k</sup>,50 de houille de bonne qualité par force de cheval, j'ai cru pouvoir donner l'assurance à ces propriétaires qu'ils trou-

veraient une économie de moitié sur la houille en employant l'une de ces machines de préférence à celles à basse pression, qui sont construites d'après le système de Waat et de Bolton. Je sais que plusieurs manufacturiers très-instruits d'ailleurs, et qui n'ignorent pas que les machines dans lesquelles la vapeur agit en se dilatant présentent, sous le rapport de l'économie, des avantages marqués sur celles où elle est condensée sans avoir exercé sa force de détente, préfèrent néanmoins celle-ci aux premiers. Leur opinion à cet égard ne me paraît nullement fondée, et les machines à moyenne pression que j'ai été à portée d'examiner, et qui sortent des ateliers de MM. Hallette, Tournelle et compagnie, sont si simples et leurs mouvemens si bien calculés, que je ne pense pas qu'on puisse, sous aucun rapport, leur préférer celles dans lesquelles la vapeur n'acquiert qu'une force de pression très-peu supérieure à celle d'une atmosphère : au reste, comme cette question, pour être discutée à fond, m'entraînerait dans des développemens et des calculs qui ne doivent pas entrer dans le cadre de cette Notice, je reprends de suite l'objet pour lequel je me suis déterminé à la rédiger.

La machine à vapeur de seize chevaux, que MM. les propriétaires de la fabrique de draps de Beauvais font actuellement construire dans les ateliers d'Arras devant brûler par 24 heures 12 hectolitres de houille, et la dépense devant par conséquent s'élever à 54 francs, je leur ai proposé, dans le but de la diminuer, de me faire parvenir de Beauvais à Arras, lieu de ma résidence, une certaine quantité de tourbes de bonne

qualité, afin que je pusse, en les substituant à la houille, faire marcher une machine de vingt chevaux qui met en mouvement les différens tours des ateliers de MM. Hallette, Tournelle et compagnie, et déterminer le rapport des quantités de ces deux combustibles que consomme, par heure, cette machine.

Les tourbes que des propriétaires m'ont envoyées proviennent des marais de Brêles situés à trois lieues de Beauvais; leur couleur est d'un gris noirâtre, et leur texture prouve qu'elles sont exclusivement composées de débris de végétaux, sans aucun mélange de substances terreuses. Ces tourbes éprouvent, lorsqu'elles ont atteint leur maximum de siccité, un retrait considérable, puisque leur longueur, qui est en général d'un pied lorsqu'on les extrait de la tourbière, se réduit, terme moyen, à 7 pouces 5 lignes. Quant à leur équarrissage, il est de 2 pouces 6 lignes.

Les marais de Brêles offrent une couche de tourbe variable en épaisseur, depuis 3 pieds jusqu'à 20 pieds. Il paraît même qu'elle est d'une plus grande épaisseur; mais les eaux ne permettent pas, par les moyens que l'on emploie, de l'exploiter plus profondément.

On peut classer en six qualités les tourbes qui proviennent de ces marais.

La première qualité, prise sur les lieux d'exploitation, coûte, la corde (1), 9 francs, et exige 6 fr. 60 c. droits d'octroi compris, pour être transportée à Beauvais; ce qui élève son prix to-

(1) Une corde de tourbe a 8 pieds de longueur, 4 pieds de hauteur et 4 pieds de largeur.

tal à 15 fr. 60 c.

La deuxième qualité coûte 14 fr. 60 c.

La troisième, 13 fr. 60 c.

La quatrième, 12 fr. 60 c.

La cinquième et la sixième qualité, qui ne sont bonnes que pour faire des cendres, se consomment sur les lieux.

Comme la seconde qualité, celle qui revient à Beauvais, à 14 fr. 60 c. la corde, est abondante, et qu'on peut se la procurer beaucoup plus facilement que la première, MM. les propriétaires de la fabrique de draps de Beauvais m'en ont expédié une voiture contenant 1,477 kilogrammes; ce qui ne représente pas tout-à-fait une corde, car celle-ci pèse environ 2,000 kilogrammes, et est composée de 4,500 tourbes. D'après les dimensions qu'ont ces tourbes, on pourrait penser qu'une corde doit en contenir un bien plus grand nombre que celui que j'énonce ici. Cela serait, en effet, si elles étaient régulièrement placées les unes près des autres; mais il n'en est pas ainsi; et l'on n'apporte de soin qu'à dresser les faces extérieures du volume qui forme une corde; car, ensuite, on jette ces tourbes pêle-mêle pour remplir le vide que laissent entre elles ces faces extérieures.

La machine à vapeur, à l'aide de laquelle j'ai fait mes expériences, est de la force de vingt chevaux, la quantité d'action d'un cheval étant supposée égale à celle qu'il faudrait employer pour élever un poids de 80 kilogrammes à un mètre en une seconde; et pour que cette machine puisse constamment développer une quantité d'action équivalente à celle de vingt chevaux, il faut que la manivelle adaptée à la bielle fasse vingt révolu-

tions par minute, et que la tension de la vapeur qui se développe dans la chaudière soit capable de faire équilibre à une pression de 45 livres par pouce carré de la surface de cette chaudière, ou, ce qui revient au même, que la colonne mercurielle du manomètre s'élève jusqu'à la division qui marque sur le tube de verre 3 atmosphères. Toutefois, je ferai observer que le travail des ateliers n'exigeant presque jamais que cette colonne dépasse la division 28 ou 2<sup>at</sup>,8, et que la manivelle fasse plus de dix-huit révolutions par minute, j'ai dû chercher, le plus possible, à obtenir ces résultats, en substituant à la houille dont on se sert des tourbes provenant des marais de Brêles, afin d'avoir un point de comparaison bien déterminé.

Des expériences que j'avais faites précédemment sur des tourbes de mauvaise qualité des environs d'Arras, m'ayant prouvé que le mercure du manomètre ne pouvait pas, à beaucoup près, s'élever jusqu'à 2<sup>at</sup>,8, et m'ayant fait naître la crainte que celles des marais de Brêles n'offrisent pas des résultats beaucoup plus avantageux, je me suis déterminé à faire d'abord allumer le feu le 26 juin dernier, jour de mes expériences, à 4 heures du matin, avec de la houille, et j'ai fait entretenir le mouvement de la machine avec ce combustible jusqu'à 8 heures du matin; mais, ensuite, comme la masse du fourneau était parfaitement échauffée, je l'ai fait nettoyer, et je n'ai plus employé que de la tourbe jusqu'à 8 heures du soir. Pendant 12 heures qu'ont duré les expériences, j'ai consulté, d'heure en heure, le manomètre, et j'ai trouvé qu'il marquait :

A 9 heures. . . . . 2<sup>at</sup>,7

A 10 heures. . . . .	2, 75
A 11 heures. . . . .	3, 15
A 11 heures $\frac{1}{2}$ (1). . . . .	3, 60
A 12 heures. . . . .	2, 85
A 1 heure. . . . .	2, 60
A 2 heures. . . . .	3, »
A 3 heures. . . . .	3 »
A 4 heures. . . . .	2, 92
A 5 heures. . . . .	3, 35
A 6 heures. . . . .	3 »
A 7 heures. . . . .	2, 60
A 8 heures. . . . .	2, 60

Les deux derniers résultats sont plus faibles que les autres; mais cela tient à ce que le chauffeur a introduit dans le foyer une assez grande quantité de poussière de tourbe, et ensuite à ce qu'il a laissé entrer trop d'eau d'alimentation dans la chaudière. Quoi qu'il en soit, les résultats que j'ai obtenus pendant les 12 heures que j'ai fait marcher la machine m'ont prouvé que la vapeur peut, avec la plus grande facilité, acquérir avec la tourbe de Brêles une force de tension de 3 atmosphères dans les machines à moyenne pression, puisque j'ai même été plusieurs fois obligé de recommander à l'ouvrier chauffeur de modérer le feu, afin de n'avoir à redouter aucun accident. J'ai dû, en outre, acquérir la certitude que cette machine pourrait de suite être mise en

(1) A 11 heures et demie, la colonne mercurielle du manomètre s'élevant jusqu'à la division qui marque 3 atmosphères 6 dixièmes, j'ai été obligé de faire ralentir le feu, parce que les tourbes dont je me servais dégageant, contre mon attente, trop de chaleur, les rondelles fusibles auraient infailliblement été projetées loin de la chaudière, si la température s'était encore accrue de quelques degrés.

activité avec de la tourbe, sans qu'on fût obligé d'employer d'abord de la houille; mais pour que cette certitude résultât d'une expérience directe, j'ai fait allumer le feu le lendemain à 3 heures et demie du matin avec ce qui restait de tourbe, et j'ai trouvé que le manomètre marquait :

A 4 heures. . . . .	2, <sup>at</sup> 1
A 4 heures $\frac{1}{2}$ (1). . . . .	2, 8
A 5 heures. . . . .	3, 15
A 5 heures $\frac{1}{2}$ . . . . .	3, »
A 6 heures. . . . .	3, 20
A 6 heures $\frac{1}{2}$ . . . . .	3 »

A 7 heures, j'ai été obligé de faire remplacer la tourbe par de la houille, parce qu'il n'en restait plus à ma disposition, et la machine a marché toute la journée comme à l'ordinaire.

De cette seconde série d'expériences, j'ai dû naturellement conclure que cette machine était plus facilement mise en mouvement avec des tourbes de Brêles qu'avec la houille dont on se sert dans les ateliers de MM. Hallette, Tournelle et compagnie, et qui provient des mines d'Añzin près de Valenciennes : et en effet il faut ordinairement qu'on chauffe avec cette houille pendant une heure le fourneau, avant que la machine puisse être mise en mouvement; tandis qu'après trois quarts d'heure, avec de la tourbe de Brêles, elle a pu acquérir la vitesse qu'exigeait le travail des ateliers.

Ces expériences sont donc décisives, et il ne me reste plus maintenant qu'à faire connaître les

(1) A 4 heures un quart, la machine a été mise en mouvement, c'est-à-dire trois quarts d'heure après que l'on eut allumé le feu.

avantages que présente, sous le rapport de la dépense, l'emploi exclusif des tourbes de Brêles.

Le 26 juin dernier, la machine ayant été constamment en mouvement pendant 12 heures, et le 27 pendant 3 heures  $\frac{1}{2}$ , elle a par conséquent marché pendant 15 heures  $\frac{1}{2}$  avec des tourbes de Brêles dont le poids était de 1,477 kilogrammes. Ainsi, cette machine a consommé, par heure, 94 kilogrammes 64 de tourbe.

Je supposerai ici, pour être parfaitement certain de ne pas rester au-dessous de la vérité, que la consommation est de 100 kilogrammes par heure ou de 5 kilogrammes par chaque force de cheval.

En appliquant ces données à la machine de seize chevaux, qui devra être placée dans la fabrique de draps de Beauvais, et qui doit consommer 2 kilogrammes 50 de houille par heure, et par force de cheval, il en résulte que si on l'entretient constamment en mouvement pendant 24 heures, ainsi que les propriétaires de cette fabrique en ont l'intention, elle exigera 1,920 kil. de tourbe, ou 960 kil. de houille.

Or, comme, d'après ce que j'ai précédemment dit, la corde de tourbe pèse 2000 kilogrammes, et coûte 14 fr. 60 c., les 1,920 kilogrammes exigeront une dépense de 14 fr. 02 c.

Quant à la houille, comme l'hectolitre ras pèse, terme moyen, 80 kilogrammes, et qu'il coûte 4 fr. 50 c. à Beauvais, les 960 kilogrammes de ce combustible, qui représentent 12 hectolitres, entraîneront une dépense de 54 fr.

Donc il y aura une économie, par 24 heures, en substituant la tourbe de Brêles à la houille, de 39 fr. 98 c.

Mais à cette dernière somme il faut encore ajouter la valeur des cendres que produira la combustion des tourbes, et il est facile de l'apprécier exactement : j'ai en effet fait peser celles qu'ont produites les 1,477 kilogrammes de tourbes qui ont été consommés dans les expériences rapportées ci-dessus, et j'ai trouvé que le poids de ces cendres était de 100 kilogrammes, et leur volume de 175 décimètres cubes ou de 1 hectolitre  $\frac{3}{4}$ . D'après cela, il s'ensuit que les 1,920 kilogrammes de tourbes que la machine consommera en 24 heures produiront 2<sup>hectol.</sup> 28 de cendre, dont la valeur sera de 1 fr. 71 c., l'hectolitre valant à-peu près 0<sup>f.</sup> 75. Ainsi, l'économie totale, par jour, sera de 41 fr. 69 c., et par année de trois cents jours de travail, de 12,507 fr.

D'après les calculs que je viens d'établir, et que j'ai déduits des expériences auxquelles je me suis livré, j'ai la certitude qu'en substituant la tourbe de Brêles à la houille pour alimenter le foyer de la machine à vapeur de seize chevaux qui doit mettre en mouvement les métiers de la fabrique de draps de Beauvais, il en résultera, outre une économie de plus de 12,000 francs par année :

1°. Que l'ouvrier chauffeur conduira plus facilement la machine ;

2°. Qu'il ne se formera pas de scories sur les barreaux du foyer ; que par conséquent il ne faudra pas les remplacer, comme on serait obligé de le faire assez souvent, si l'on n'employait que de la houille ;

3°. Que la combustion de la tourbe ne détruira pas, à beaucoup près, aussi promptement l'intérieur du fourneau que le fait la houille, et que, par suite, l'emploi de bonnes briques réfractaires, sera moins nécessaire ;

4°. Qu'enfin les coups de feu devant être moins violens, les tubes bouilleurs en fonte seront plus ménagés, et leur rupture sera moins à redouter.

Les soins que j'ai apportés dans les expériences qui font le sujet de cette notice me permettent de garantir l'exactitude des conséquences que j'en ai déduites, et j'ai cru qu'en les consignand dans les *Annales des Mines* elles pourraient peut-être engager les propriétaires dont les usines seraient situées dans des contrées où l'on a reconnu l'existence de tourbières à faire des essais analogues à ceux auxquels je me suis livré ; essais que les tarifs qu'ont fait paraître quelques fabricans de machines à vapeur pourraient détourner d'entreprendre, si l'on s'en rapportait aux résultats qui y sont énoncés ; car, d'après ces tarifs, et principalement d'après celui qui est relatif aux machines à vapeur que l'on construit dans les ateliers de Chaillot, la quantité de combustible tourbeux qu'il faudrait consommer serait presque toujours six fois plus considérable que la quantité de houille qu'il devrait remplacer. Or, si cette proportion était exacte, on sent que, quel que soit le peu de valeur de la tourbe, il serait presque impossible de la substituer avec avantage à la houille.

*MÉTHODE perfectionnée pour fondre l'acier; par*  
M. Needham.

(*London Journal, of Arts, juillet 1825.*)

Ces perfectionnemens consistent à fondre l'acier en grande masse dans des pots, creusets et autres vases convenables de grande capacité, lesquels doivent être fixés dans les fourneaux. L'acier étant fondu de cette manière, il faut le faire couler des creusets jusqu'au moule, à travers des tubes placés latéralement, au lieu de retirer les creusets hors du fourneau et d'en verser le métal à la manière ordinaire des fondeurs. Les creusets, qu'on fixe dans le fourneau, sur des supports en brique ou en pierre, sont faits avec du silex et de l'argile de Stourbridge, ou avec toute autre matière réfractaire. On leur donne la forme de cuves ou de vases profonds, avec des couvercles mobiles, et on les place sur des supports qui ont une légère inclinaison par rapport au plan horizontal. A la partie inférieure du creuset on fait une ouverture, de laquelle sort un tube, qui s'étend à l'extérieur du fourneau, et lorsque l'acier est parfaitement fondu, on débouche l'extrémité extérieure du tube, et on en laisse couler le liquide métallique, écoulement que facilite la position inclinée du creuset. De cette manière on peut fixer dans un fourneau un seul ou plusieurs creusets, pourvu que le feu exerce son action en même temps sur tous. Par ce moyen, on peut fondre une plus grande quantité d'acier pour le mouler que dans les creusets mobiles, et conséquemment on peut fondre et couler des objets en acier d'une plus grande dimension. Comme différentes qualités d'acier exigent divers degrés de chaleur pour entrer en fusion, il sera nécessaire que l'acier qui est le moins fusible soit placé dans le creuset sur lequel le feu exerce l'action la plus puissante; tandis qu'on mettra l'acier le plus fusible dans les creusets supérieurs. Lorsqu'il s'agira de couler des objets de grande dimension, tels que des cylindres, etc., on pourra employer l'acier de la meilleure qualité pour jeter en moule les parties de l'objet qui exigent cette qualité supérieure, et réserver l'acier moins fin pour les autres objets.

CHIMIE. (EXTRAITS DE JOURNAUX.)

J. *Sur la CLASSIFICATION et la NOMENCLATURE; par*  
M. J. Berzélius. (An. de Ch., t. 32, p. 60.)

CE que nous appelons *sel* doit être défini d'après une certaine relation électro-chimique et sans aucun égard au nombre des élémens constitutifs; ainsi, nous disons que la combinaison du chlore avec le sodium est un sel, parce que ces deux corps anéantissent réciproquement, d'une manière complète, leurs propriétés électro-chimiques; mais nous ne rangeons pas parmi les sels la combinaison du sodium avec l'oxygène, parce que ce dernier corps en s'unissant au premier ne le dépouille pas de ses réactions électriques. Si le chlore neutralise un métal électro-positif, tandis que l'oxygène ne produit pas le même effet, cela ne tient point à la différence d'intensité électro-chimique de ces deux corps; car, en admettant cette cause, on pourrait avoir un oxide de sodium neutre, à défaut de la soude, qui se compose d'un atome de sodium et 2 atomes d'oxygène, en prenant une combinaison où la proportion d'oxygène serait plus forte que dans cet alcali: or, le sur-oxide de sodium n'est pas neutre, et nous offre d'une manière prononcée le caractère électro-négatif de l'oxygène; au contraire, si un métal électro-négatif se combine avec le chlore en diverses proportions, toutes ces combinaisons sont des sels.

Les corps électro-négatifs se divisent en trois classes:

1°. Ceux qui forment des sels avec les métaux

électro-positifs en les neutralisant : je les nomme *halogènes* (générateurs des sels) ; ce sont le chlore, l'iode et le fluore.

2°. Ceux qui ne neutralisent pas les métaux, mais produisent avec eux des bases et des acides, d'où résultent des sels. Je propose pour ces corps le nom d'*acido-basigènes* ou celui d'*amphigènes* ; mais, pour abréger, je me servirai de préférence du mot *basigène*, d'autant que l'acide et la base d'un sel contiennent toujours le même élément électro-négatif. Cette classe comprend l'oxygène, le soufre, le sélénium et le tellure.

3°. Ceux qui n'ont aucune des propriétés caractéristiques des deux classes précédentes, mais qui forment des acides avec certains corps de la seconde : ce sont l'azote, l'hydrogène, le phosphore, le bore, le carbone, le silicium, l'arsenic et les métaux électro-négatifs.

Par contre, les corps électro-positifs forment tous des sels avec la première classe, des bases avec la seconde et des *alliages* avec la troisième classe des corps électro-négatifs, et sous ce point de vue peuvent être réunis dans une même catégorie.

Plusieurs chimistes reconnaissent encore des sels formés d'un hydracide et d'une base à oxygène, tels que les hydro-chlorates et les hydriodates ; mais cette conception embarrasse la science.

D'après les idées que j'ai mises en avant, les sels se divisent en deux classes : ceux qui résultent de la combinaison d'un halogène avec un métal électro-positif et ceux qui sont formés par l'union d'un acide avec une base ; j'appellerai les premiers *sels haloïdes* et les seconds *sels am-*

*phides*. Ceux-ci se divisent en *oxi-sels* (sels à oxygène), *sulfo-sels* (sels à soufre), *sélénisels* (sels à sélénium) et *tellure-sels* (sels à tellure).

Pour dénommer commodément les sels haloïdes, je n'ai rien trouvé de mieux que de suivre autant que possible la nomenclature des oxides : ainsi, je dis *chlorure de fer* (muriate d'oxidule de fer) et *chloride de fer* (muriate d'oxide de fer). Pour désigner les degrés de saturation supérieurs ou inférieurs, j'ai recours aux préfixes *sur* et *sous*.

Mais si l'analogie est complète entre les haloïdes et les amphides, il faut que les premiers puissent, ainsi que les derniers, former des sels *basiques* (sous-sels) et des sels acides. Les haloïdes basiques résultaient de la combinaison de l'oxide d'un métal électro-positif avec son sel haloïde, mais toujours de telle sorte que l'oxidule se combine avec le chlorure et l'oxide avec le chloride. L'épithète de *basique* exprime bien la combinaison du sel avec une base, et pour désigner les diverses proportions dans lesquelles une combinaison peut avoir lieu, je me sers des mots *bi-basique*, *tri-basique*, etc., suivant que l'oxide contient une, deux, et trois fois autant de métal que le sel haloïde. Jusqu'à présent, nous ne connaissons que des combinaisons d'oxides avec les sels haloïdes ; mais il n'est pas impossible que l'on découvre par la suite des corps formés par l'union de ces sels avec des métaux sulfurés. D'après le même principe, je dis, par exemple, *chloride acide d'or*, *fluorite acide de potassium*, alors qu'un sel haloïde se trouve combiné chimiquement avec l'hydracide de l'halogène.

J'ai conservé pour les oxi-sels le système de

dénominations généralement reçu, parce que je pense que tout changement de nom est un mal qui ne peut trouver d'excuse, que dans la nécessité la plus pressante; l'expérience ayant montré l'analogie la plus complète entre les sulfosels et les oxy-sels, il est aisé de calquer la nomenclature des premiers sur celle des seconds. Prenons pour point de départ l'acide arsénique: si l'on y remplace les atomes d'oxygène par un nombre égal d'atomes de soufre, on aura un composé que l'analogie conduit à nommer *sulfide arsénique*. Si la même substitution a lieu dans l'acide arsénieux, je nommerai le résultat *sulfide arsénieux*; et enfin j'appellerai *sulfide hypo-arsénieux* le dernier degré de sulfuration susceptible de se combiner avec les sulfures d'un métal électro-positif. Quant à l'idée générale d'un métal électro-négatif combiné avec le soufre, je me sers, pour l'exprimer, du mot *sulfide*, qui correspond à celui d'oxide; je dirai de même *sélénide*, etc.

Les combinaisons des métaux électro-positifs avec le soufre conserveront le nom de *sulfures métalliques*: on dira *sulfure ferreux* pour  $\text{FeS}^2$  et *sulfure ferrique* pour  $\text{FeS}^3$ .

En ce qui concerne la nomenclature des sels, je pose pour règle fondamentale que le nom du sel doit commencer par celui du basigène qu'il renferme. Pour énoncer les sels connus sous les noms d'*arséniate d'oxide de fer* et *arséniate d'oxidule de fer*, il faudra dire *oxi-arséniate ferrique*, *oxi-arséniate ferreux*; mais, pour la commodité de l'usage, on supprimera les syllabes préfixes indicatives du basigène dans la nomenclature des oxy-sels, vu qu'ils se présentent sans

cesse, et l'on dira *arséniates*, *sulfo-arséniates* ou *sulfo-arsénites*: de cette manière, la syllabe initiale du substantif fera connaître la nature du basigène que le sel contient, et la syllabe finale de l'adjectif le nombre de ses atomes. Les particules numérales servant à indiquer les sels acides ou basiques restent les mêmes que dans la nomenclature des oxy-sels: on dira *bi-sulfo-arséniate potassique*, *sulfo-arséniate sélénipotassique*.

2. *Note sur la NOMENCLATURE et la CLASSIFICATION chimique*; par M. Guibourt. (An. de Ch., t. 33, p. 75.)

Dans un mémoire sur les *sulfo-sels*, inséré dans les derniers cahiers des *Ann. de Ch.*, M. Berzelius donne un aperçu d'une nouvelle nomenclature chimique (1) qui a beaucoup de rapports avec une nomenclature que je composai il y a quelques années et qui n'a pas été publiée, à l'exception de la partie qui traite des corps binaires, donnée par extrait dans le *Journal de Pharmacie*, tome 10, p. 325. Dans cet extrait, je nomme l'acide hydro-sulfurique *sulfide hydrique*, comme M. Berzelius; je dis *chlorure* et *chloride stannique*, comme lui *chlorure* et *chloride ferrique*; les noms de *sulfure ferreux* et de *sulfure ferrique*, ceux de *sulfide arsénieux* et de *sulfide arsénique* sont fondés sur les mêmes principes et s'en déduisent immédiatement: dans la nomenclature des corps ternaires et quaternaires, j'emploie aussi le mot *sulfidrates* pour remplacer *hydrosulfates*; enfin, comme il est évident que la même conformité se retrouvera dans le reste de la nomenclature, il me sera

(1) Voyez l'article précédent.

permis sans doute de donner un aperçu de la mienne, ne serait-ce que pour ne pas me laisser perdre entièrement le fruit de mon travail.

Je divise les corps pondérables en six classes, fondées sur le nombre de leurs élémens, et je les nomme *corps simples* ou *élémentaires*, *corps binaires*, *ternaires*, *quaternaires*, *quinaires* et *sex-taires*. Quoique rien ne paraisse devoir limiter ces classes, cependant jusqu'à présent aucun composé chimique défini ne possède un plus grand nombre d'élémens; et même l'existence des corps sextaires, qui ne comprennent que les hydro-cyanates doubles, les sulfo-hydro-cyanates et les sélénio-hydro-cyanates d'oxide, sera-t-elle contestée par un certain nombre de chimistes qui n'admettent pas que les cyanures doubles et les sulfo-cyanures décomposent l'eau en s'y dissolvant, et ajoutent un nouvel élément (l'oxigène) à ceux qui les composaient déjà.

Je range les corps simples suivant la méthode de M. Ampère, publiée dans les deux premiers volumes des *Ann. de Ch.*, sauf deux légères modifications, que j'ai motivées dans l'extrait précité. Cette méthode, adoptée également par M. Beudant (*voir* le cahier de mars 1826), me paraît être la meilleure à suivre aujourd'hui, et je suis d'autant plus étonné qu'elle n'ait pas obtenu l'assentiment de M. Berzelius, qu'elle ne diffère presque de celle donnée par ce célèbre chimiste dans l'*Essai sur la Théorie des proportions chimiques*, page 156, qu'en ce que M. Ampère a divisé en deux séries de genres la série unique de M. Berzelius; ce qui lui a permis de mieux conserver les rapports naturels qui doivent les lier entre eux: car les genres de M. Ampère se trou-

vent avoir été en partie formés par M. Berzelius, par exemple, les *titanides*, les *chrysidés*, les *cérides*, les *zirconides*, etc.

Je divise les corps binaires en *ordres* fondés sur l'élément le plus électro-négatif; en *genres* tirés de l'élément positif, et en *espèces* déterminées par les proportions diverses des deux élémens.

Le premier ordre est composé des *oxiques* (oxigène négatif); le premier genre comprend les *oxi-carbiques* (carbone positif); les espèces sont, dans la nomenclature actuelle, l'oxide de carbone et l'acide carbonique; dans la mienne, l'*oxure carbonique* et l'*oxide carbonique*.

Après les *oxiques* viennent les *phloriques* (phlore négatif), les *chloriques*, les *iodiques*, les *sulfuriques*, les *séléniques*, etc.

La nomenclature des corps binaires est uniforme pour tous: leur nom n'est composé que de deux mots, le premier pour l'élément négatif, le second pour l'élément positif. Le premier mot prend la terminaison *ide* ou *ure*, suivant que le composé est ou n'est pas acide, et de même que dans la nomenclature de Lavoisier le second mot prend la terminaison *eux* ou *ique* pour indiquer, dans chaque section de corps acides ou non acides, une proportion inférieure ou supérieure de l'élément négatif. Quelques cas particuliers nécessitent, comme dans la nomenclature actuelle, l'adjonction de la particule *per* ou *hypo* au nom de l'élément négatif.

Ces principes sont si simples, que je suis étonné qu'on ne les ait pas proposés plus tôt; de plus, étant dégagés de toute théorie et se réduisant à l'expression des faits, ils permettraient d'espérer

une longue stabilité dans le langage de la chimie : c'est en les suivant que je nomme

<i>Oxure hydrique,</i>	l'eau ;
<i>Oxide hydrique,</i>	l'eau oxigénée ;
<i>Oxide sulfureux,</i>	l'acide sulfureux ;
<i>Hypoxide sulfurique,</i>	l'acide hypo-sulfurique ;
<i>Oxide sulfurique,</i>	l'acide sulfurique ;
<i>Oxure potassique,</i>	le protoxide de potassium ;
<i>Peroxure potassique,</i>	le peroxide de potassium ;
<i>Chlorure stannique,</i>	le protochlorure d'étain ;
<i>Chloride stannique,</i>	le deuto-chlorure d'étain ;
<i>Sulfide hydrique,</i>	l'acide hydrosulfurique ;
<i>Azotide carbonique,</i>	le cyanogène.

Voir, au reste, l'article précité.

Les corps ternaires sont divisés en six ordres, comme il suit :

*Premier ordre* : Un corps simple négatif combiné avec un corps binaire positif ; tel est l'acide chloro-cyanique.

Dans ces sortes de composés, le corps binaire jouant le rôle d'un corps simple, leur nomenclature est la même que celle des corps binaires, et je nomme, par exemple, l'acide chloro-cyanique *chloride azocarbique*, la terminaison *ide* du premier mot indiquant l'énergie acide du composé, et le second étant formé par la contraction du nom de cyanogène, *azotide carbonique*.

Dans le même genre se trouvent :

Le <i>chlorure oxucarbique,</i>	phosgène ou gaz chloro-oxycarbonique ;
Le <i>chlorure carbydrique,</i>	huile du gaz oléfiant ;
Le <i>chlorure bi-carbydrique,</i>	1 vol. de chlore, 2 vol. d'hydrogène percarboné.

Je doute que l'on puisse trouver une manière plus simple et plus exacte d'exprimer la compo-

sition et les rapports réciproques de ces sortes de corps, dont le nombre s'accroît tous les jours et dont la nomenclature actuelle est un véritable chaos.

*Deuxième ordre* : Un composé binaire négatif et un corps élémentaire positif ; *ex.*, les cyanures métalliques.

La nomenclature de ces corps est encore soumise aux mêmes principes, et je nomme

<i>Azocarbique hydrique,</i>	l'acide hydrocyanique ;
<i>Azocarbure plombique,</i>	le cyanure de plomb ;
<i>Oxycarbure plombique,</i>	le carbonique de plomb, etc.

Les deux derniers noms sont encore un exemple de la fidélité avec laquelle la nomenclature que je propose exprime les rapports naturels entre les composés chimiques analogues.

*Troisième ordre* des composés ternaires comprend ceux formés par deux composés binaires qui ont un élément commun ; par exemple, tous les sels qui résultent de la combinaison d'un acide et d'une base oxigénée.

Le nom de ces composés est toujours formé de deux mots : le premier, résultant de la contraction du nom du corps binaire négatif ou de l'acide, prend la terminaison *ite* ou *ate* dans les mêmes cas que dans la nomenclature de Lavoisier ; le second, dérivé du nom de la base, en garde la terminaison en *eux* ou en *ique*. En voici quelques exemples :

<i>Oxisulfite oxupotassique,</i>	sulfite de protoxide de potassium ;
<i>Oxisulfate oxuferreux,</i>	sulfate de protoxide de fer ;
<i>Oxisulfate oxuferrique,</i>	sulfate de peroxide de fer.

Les noms les plus compliqués de ce genre sont, comme celui-ci,

*Oxazotite quadri-oxuplombique* ou *oxazotite 4 oxuplombique*, lequel répond à *sub-quadri-pernitrite de protoxide de plomb*.

Les noms que je propose sont presque toujours plus courts que ceux qui leur répondent dans la nomenclature actuelle, et on peut encore les abréger en remplaçant, la seconde fois, le nom du principe négatif commun par un trait (—) qui indique que la répétition en est sous-entendue; alors les noms précédens deviennent :

*Oxisulfate* - potassique,  
*Oxisulfate* - ferreux,  
*Oxisulfate* - ferrique,  
*Oxazotique 4-plombique* ;

mais les premiers ont le mérite d'une plus grande exactitude.

Le troisième ordre des composés ternaires ne comprend pas seulement ceux dans lesquels l'oxygène est le principe négatif commun de deux corps binaires (je les nomme *oxiques doubles*); il renferme aussi des composés analogues formés par la combinaison de deux chloriques, de deux iodiques, de deux sulfuriques, etc. Ce sont précisément ces derniers composés (les *sulfuriques doubles*) auxquels M. Berzelius vient de donner le nom de *sulfo-sels*. Dans ma classification, j'assimile entièrement tous ces composés à ceux formés par l'oxygène, et je divise le troisième ordre des composés ternaires en familles, de la manière suivante :

- 1<sup>re</sup>. famille : les *oxiques doubles*.
- 2<sup>e</sup>. famille : les *phloriques doubles*.
- 3<sup>e</sup>. famille : les *chloriques doubles*.
- 4<sup>e</sup>. famille : les *iodiques doubles*.
- 5<sup>e</sup>. famille : les *sulfuriques doubles*, etc.

Ces corps suivent le même mode de nomenclature que les oxiques doubles, et je dis :

*Chloridrate-chlorocupreux* } hydrochlorate de protochlorure de cuivre.  
*Chlorhydrate—cupreux* }  
*Sulfidrate sulfupotassique* } hydrosulfate de sulfure de potassium.  
*Sulfidrate—potassique* }

Quelquefois les composés ternaires du 3<sup>e</sup>. ordre se prêtent à un mode de nomenclature qui se tire plus directement du nom de leurs deux composans; c'est lorsque ces deux composans, au lieu d'être d'une énergie chimique contraire, en ont une semblable, soit négative, soit positive; car alors le corps ternaire, au lieu d'être considéré comme un *sel* résultant de l'union d'un acide avec une base, peut être regardé comme un *acide* ou comme une *base double*. Par exemple, il existe un composé d'acide nitrique (*oxide azotique*) et d'acide iodique (*oxide iodique*), qui pourrait se nommer *oxiazotate oxiodique* ou *oxazotate-iodique*; mais il vaut mieux l'appeler *oxide anti-izodique*. On forme de la même manière les noms

*Oxure alumini-calcique*, composé d'alumine et de chaux;  
*Chloride sulfi-stannique*, corps formé de chlorure sulfurique et de chlorure stannique;  
*Sulfure stanni-potassique*, sulfure double d'étain et de potassium, etc., etc.

Le quatrième ordre des composés ternaires comprend ceux qui sont formés de deux corps binaires qui ont l'élément le plus positif commun. Je n'en citerai qu'un exemple, dont M. Berzelius soupçonne seulement l'existence, mais que j'ai formé et décrit il y a long-temps: c'est le *chloro-sulfure hydrargyrique*, corps formé de

deuto-chlorure et de deuto-sulfure de mercure.

Le cinquième ordre des composés ternaires comprend ceux qui sont de nature organique, et c'est par un exposé de la méthode que je propose pour eux que je terminerai cet extrait fort aride et déjà trop long; ce que j'ai dit jusqu'ici suffira, je pense, pour faire concevoir la manière dont je procède à la classification et à la nomenclature des corps quaternaires et quinaires,

*Composés ternaires organiques.*

1 <sup>re</sup> famille.	Acides.	Nomenclature actuelle.
2 <sup>e</sup> .	Glucides.	Exemp. Olivile, glycyrrhile; oléile.
3 <sup>e</sup> .	Saccharides.	Saccharite, avite, mannite.
4 <sup>e</sup> .	Gommides.	Gomme, adraganthite, bassorite.
5 <sup>e</sup> .	Amylides.	Inulite, amidonite.
6 <sup>e</sup> .	Lignides.	Hordéite, subérite, lignite.
7 <sup>e</sup> .	Colorides.	Ulmin, gallin, gentianin, hématin.
8 <sup>e</sup> .	Résinides.	Guajacime, pinime, courbarime, succinime.
9 <sup>e</sup> .	Oléides.	Elaiïme, stéarime, cholestérimine.
10 <sup>e</sup> .	Odorides.	Anisime, camphorime, coumarime.
11 <sup>e</sup> .	Alcoolides.	Pyracétime, alcoolime, éthérimine.

*Appendice général.* Produits végétaux glucidés, saccharidés, gommidés, coloridés, résinidés, oléidés, odoridés, alcoolidés.

3. *Note sur la CRISTALLISATION des minéraux; par M. Vincent, professeur de mathématiques au Collège royal de Reims.* (An. de Ch., t. 31, p. 104.)

Il y a quelques années, l'Académie de Berlin

proposa pour sujet de concours la recherche d'une relation entre la forme cristalline et la composition chimique des minéraux. Le prix fut décerné à un mémoire, dans lequel l'auteur, M. A.-F. Kupffer, déduit de l'examen et de la comparaison d'un assez grand nombre de minéraux pris dans les divers systèmes de cristallisation l'existence de la formule suivante :

$$\frac{p s}{y} = \frac{p' s'}{y'} (1);$$

formule dans laquelle  $y, y'$  représentent les volumes des formes primitives de deux substances prises dans le même système, les axes étant supposés égaux,  $s, s'$  étant les poids spécifiques des deux substances, et  $p, p'$  les poids respectifs de leurs atomes.

Bien que le travail de M. Kupffer ait été couronné par l'Académie de Berlin, et qu'un extrait de son mémoire ait été accueilli dans les *Annales de Chimie et de Physique* (avril 1824), quelques personnes pourront penser que la loi énoncée n'a pas été vérifiée sur un assez grand nombre de minéraux pour mériter une pleine confiance; d'autres objections pourront se présenter encore; peut-être même ces objections ne sont-elles pas sans quelque fondement, c'est une question sur laquelle je ne veux rien préjuger; mais on déduit de la loi de M. Kupffer des conséquences qui me paraissent assez remarquables pour que j'aie cru devoir ne pas tarder à les faire connaître, dans le but seulement d'engager les personnes placées dans une position plus favorable que moi à soumettre cette loi à de nouvelles épreuves, soit

pour la confirmer si elle est vraie, soit pour la détruire si elle est fausse.

Cela posé, je remarque d'abord que les dimensions absolues d'une forme primitive sont tout-à-fait arbitraires, et que leur rapport seul est déterminé pour chaque substance : d'où il résulte qu'au lieu de supposer des axes égaux aux deux substances que l'on compare, on peut leur supposer des axes respectivement équivalens à  $a$  et  $a'$  : si  $v$  et  $v'$  sont les volumes des formes primitives correspondantes, on aura :

$$v = \frac{v}{a^3}, \quad v' = \frac{v'}{a'^3};$$

et la formule de M. Kupfferse changera en celle-ci,

$$\frac{p s a^3}{v} = \frac{p' s' a'^3}{v'} \quad (1).$$

Prenons actuellement, puisque cela est arbitraire, des formes primitives qui contiennent le même nombre  $n$  d'atomes : soient  $P$  et  $P'$  les poids absolus de ces formes primitives, on aura  $P = np$ ,  $P' = np'$  ; mais on a aussi  $P = sv$ ,  $P' = s'v'$ , donc,  $np = sv$ ,  $np' = s'v'$ , ce qui change la formule (2) en celle-ci (3)  $s^2 a^3 = s'^2 a'^3$  (3) ; c'est-à-dire que si, dans deux substances appartenant au même système de cristallisation, on prend des formes primitives contenant le même nombre d'atomes, les cubes des axes sont en raison inverse des carrés des poids spécifiques. Cette loi est toujours celle de M. Kupffer, la forme seule a changé.

Maintenant plaçons-nous dans des circonstances plus restreintes ; supposons que les formes primitives soient semblables dans le sens

géométrique ; soient, par exemple, deux cubes : nous aurons  $v : v' :: a^3 : a'^3$ , et l'équation (2) se réduira à  $ps = p' s'$  (4) ; c'est-à-dire que, dans les substances cristallisées de même forme primitive, les poids spécifiques sont en raison inverse des poids des atomes, résultat qu'on peut aussi déduire immédiatement de (1) en faisant  $v = v'$ .

Si l'on élimine les  $s$  entre (3) et (4), on trouve  $p^2 : p'^2 :: a^3 : a'^3$  (5) : les carrés des poids des atomes sont proportionnels aux cubes des axes des formes primitives.

Enfin, les axes des deux formes primitives étant, dans notre hypothèse, proportionnels aux distances respectives des atomes dans les deux substances, on voit encore que les cubes des distances respectives des atomes, dans deux substances de même forme primitive, sont proportionnels aux carrés des poids de ces atomes, ou en raison inverse des carrés des poids spécifiques ; ce qui fournit un moyen fort simple de calculer les rapports des distances moléculaires de deux substances lorsqu'on sait qu'elles ont même forme primitive. Ainsi, par exemple, le cuivre et l'argent, cristallisant tous deux en cube, leurs distances moléculaires seraient entre elles :: 136 : 121 ou :: 9 : 8 environ.

Je crois ce qui précède bien suffisant pour montrer combien il serait important de savoir à quel point s'en tenir sur la loi de M. Kupffer, et par conséquent de la soumettre à un examen plus approfondi.

Je terminerai en disant quelques mots d'une objection qui se présente assez naturellement aux propositions précédentes, et qui paraît d'abord devoir les empêcher d'être admises. « Il est ab-

» surde, dira-t-on, de supposer les pesanteurs  
 » spécifiques plus grandes lorsque les poids des  
 » atomes sont plus petits. » On va sentir que la  
 force de cette objection n'est qu'apparente. En  
 effet, les atomes sont maintenus à des distances  
 fixes, pour la même température, par l'équilibre  
 d'une force attractive et d'une force répulsive,  
 lesquelles sont probablement des fonctions du  
 poids des atomes. Si ces deux fonctions crois-  
 saient avec la même rapidité, les distances mo-  
 léculaires seraient les mêmes dans toutes les sub-  
 stances, et les poids spécifiques proportionnels  
 aux poids des atomes. Mais si l'on admet que la  
 force répulsive croisse avec le poids des atomes  
 plus rapidement que la force attractive, hypo-  
 thèse qui n'a rien d'in vraisemblable, alors on  
 concevra de suite que les distances moléculaires  
 doivent augmenter avec les poids des atomes,  
 et le paradoxe se trouvera expliqué.

De plus, l'objection dont il s'agit s'applique-  
 rait tout aussi bien à des faits que l'on ne peut  
 d'ailleurs révoquer en doute. Par exemple, le  
 poids de l'atome d'éther n'est-il pas plus pesant  
 que le poids de l'atome d'eau, et ce dernier li-  
 quide spécifiquement plus pesant que le pre-  
 mier? Le mercure en vapeur n'est-il pas plus lé-  
 ger que l'eau en vapeur, etc., etc.?

Enfin, ne perdons pas de vue que la formule (4)  
 est relative aux seuls corps cristallisés de même  
 forme primitive : ce serait donc abusivement  
 qu'on voudrait l'appliquer à des substances quel-  
 conques.

4. *Observations sur le DIMORPHISME des corps*; par  
 MM. Mitscherlich et Haidinger. (Edimb. J. of  
 Sc., 1826, p. 301.)

On sait que lorsqu'on laisse refroidir des solu-  
 tions saturées de sulfate de zinc et de sulfate de  
 magnésie, ces deux sels cristallisent très-facile-  
 ment et prennent exactement la même forme.  
 M. Haidinger a observé qu'en évaporant les so-  
 lutions à une température un peu élevée, on  
 obtient des cristaux de chacun de ces sels iso-  
 morphes entre eux, mais tous différens des pre-  
 miers. Ces cristaux appartiennent au système  
 héli-prismatique : ils ont peu de transparence et  
 ressemblent assez aux cristaux de borax.

M. Mitscherlich, ayant chauffé des cristaux trans-  
 parens de sulfate de zinc et de sulfate de magné-  
 sie dans de l'huile, a remarqué qu'ils devenaient  
 tout-à-coup opaques à la température de 42° R.,  
 et en les brisant il a reconnu que leur structure  
 était entièrement changée; il s'est assuré d'ail-  
 leurs que les sels ne perdaient pas la plus petite  
 trace d'eau de cristallisation : de là M. Mitscher-  
 lich conclut qu'il peut se produire dans les mo-  
 lécules d'un corps solide un mouvement en vertu  
 duquel elles s'arrangent symétriquement d'une  
 autre manière, et donnent ainsi naissance à une  
 nouvelle espèce. Des changemens analogues ont  
 été observés dans plusieurs corps isomorphes.  
 Selon M. Mitscherlich, le soufre obtenu par la fu-  
 sion en cristaux héli-prismatiques est tout-à-  
 fait transparent; mais après un jour ou deux il  
 devient opaque. On sait aussi que l'aragonite,  
 quand on l'expose à une certaine température, se  
 résout tout à coup en poussière; tandis que dans

les mêmes circonstances le spath calcaire n'éprouve aucune altération et conserve sa transparence. Il est probable que dans le premier cas, il y a formation de soufre prismatique, et dans le second cas formation de calcaire rhomboïdal.

5. *Tubes pour la CONSERVATION DE CERTAINS LIQUIDES*; par M. Faraday. (Tech. Rép. 1825, p. 281.)

Pour conserver certains liquides dont on n'a qu'une petite quantité, et qu'il importe de mettre à l'abri de tous corps étrangers, je me sers de tubes que je dispose de la manière suivante:

Je ferme un tube ordinaire à la lampe, je tire ensuite le bout opposé en l'évasant en entonnoir; je verse dans l'entonnoir le liquide à conserver, puis je chauffe le bout fermé: l'air s'échappe du tube pour la plus grande partie, et par le refroidissement le liquide s'y introduit de lui-même. Je casse alors la partie effilée, et dirigeant sur le bout la pointe de la flamme du chalumeau, je le ferme. Lorsque je veux prendre très-peu de liqueur ou la totalité, je casse le petit bout du tube effilé, et je chauffe plus ou moins le liquide.

6. *INSTRUMENT propre à mesurer la DENSITÉ des corps en poudre*; par M. Leslie. (Bull. de Ferrussac, sept. 1826, p. 227.)

Cet instrument consiste en un tube de verre formé par la réunion de deux tubes de différens diamètres et soudés bout à bout. Soient AB et BC les deux portions de tubes placées verticalement, la partie supérieure AB est d'un diamètre

deux ou trois fois plus grand que la partie inférieure BC; les tubes sont ouverts en A et C, et communiquent entre eux par un très-petit orifice B. La partie BC est graduée, et l'on connaît la capacité de chaque division, ainsi que la capacité entière de AB; cela fait, on remplit AB d'un poids déterminé d'une poudre dont on cherche la densité. On plonge BC dans un bain de mercure (contenu dans un tube plus large que BC), de sorte que le niveau du liquide, tant extérieur qu'intérieur, soit en B. Dans cette position, on ferme hermétiquement l'orifice A, au moyen d'une plaque de verre qui s'y applique parfaitement, et qui suffit pour empêcher la communication de l'air extérieur avec l'air contenu dans le tube AB, si on a eu soin de la frotter avec une substance grasse. Ainsi AB contient une poudre et de l'air à la pression actuelle de l'atmosphère. Si l'on retire graduellement le tube hors du bain de mercure, jusqu'à ce que la hauteur du liquide dans la partie BC ne soit plus que la moitié de la hauteur barométrique actuelle, l'air contenu en AB se répandra, par le trou B, dans la partie supérieure de BC; sa pression sera moitié de ce qu'elle était d'abord, son volume total sera par conséquent doublé; et comme son volume en AB n'aura pas changé, son volume en BC lui sera décidément égal: donc, le volume de l'air qui viendra en BC, et que l'on pourra mesurer, sera précisément égal au volume de l'air, qui, à la pression atmosphérique, remplit avec la poudre le volume AB. Retranchant de ce dernier le volume de l'air, on aura celui de la poudre, et par suite la densité de cette poudre, puisqu'on en connaît le volume et le poids.

T. I, 1<sup>re</sup> livr. 1827.

conservai dans cette position, enfoncés de toute la hauteur du bouchon dans le mercure pendant 15 mois : au bout de ce temps, j'examinai les gaz : l'un des flacons ne contenait que de l'air atmosphérique sans trace d'hydrogène; le second et le troisième contenaient environ moitié de leur volume d'air atmosphérique, et moitié du mélange d'oxygène et d'hydrogène.

Il suit de là que les gaz ont dû passer du flacon dans l'atmosphère, et de l'atmosphère dans le flacon, en glissant autour du bouchon, et en traversant le mercure.

Il y a lieu de croire que, si les bouchons eussent été enduits d'un corps gras, les flacons auraient été exactement fermés et que les gaz s'y seraient conservés.

10. *Nouvelle forme qu'affecte le CARBONE*; par M. Colquhoun. (An. of Phil., juillet, 1826, p. 1.)

M. Mac' Intosh possède à Crossbucket une manufacture d'acier, dans laquelle on suit le nouveau procédé, qui consiste à faire passer un courant d'hydrogène carboné sur du fer contenu dans des vases de terre, et porté à une chaleur voisine du rouge blanc. Le fer incandescent se recouvre d'un dépôt de carbone, qui se présente en poudre tenue, quelquefois en grains, d'autres fois en masses, et enfin assez souvent en faisceaux capillaires. Les filamens ont jusqu'à 8 pouces de longueur; il y en a qui sont aussi fins que les fils d'araignée les plus déliés; ils sont noirs, brillans, et ils ont l'éclat métallique; ils sont fragiles, et semblent avoir éprouvé la fusion au mo-

ment où ils se sont formés; ils ne contiennent ni fer ni hydrogène.

11. *Sur une nouvelle méthode pour la préparation de l'OXIDE DE CARBONE*; par M. Dumas. (Bul. phyl., 1826, p. 74.)

Bien que l'oxide de carbone se forme dans une foule de circonstances, les procédés qui peuvent fournir ce gaz à l'état de pureté parfaite sont coûteux ou d'une extrême difficulté. La nouvelle méthode que je propose consiste à mêler le sel d'oseille avec cinq ou six fois son poids d'acide sulfurique concentré, et à porter le mélange à l'ébullition; il se dégage une quantité considérable de gaz, composé de parties égales d'acide carbonique et d'oxide de carbone. Après avoir absorbé l'acide carbonique par la potasse, on a de l'oxide de carbone très-pur. Ce résultat se conçoit très-bien, en supposant que l'acide sulfurique s'empare de la potasse et de l'eau, et que l'acide oxalique sec ne pouvant exister dans ces circonstances, passe à l'état d'acide carbonique et d'oxide de carbone. On peut appliquer avec succès cette méthode à l'examen du sel d'oseille du commerce. En effet, le tartrate acide de potasse, traité de la même manière, donnera de l'oxide de carbone, de l'acide sulfureux, de l'acide carbonique, et la liqueur deviendra noire par suite d'un dépôt de carbone; le sel d'oseille pur, au contraire, ne fournit jamais d'acide sulfureux, et l'acide sulfurique employé reste parfaitement limpide et incolore.

12. SOUFRE FLUIDE à la température ordinaire, observé par M. Faraday. (J. of Sc., t. 42.)

Ayant placé le soir un flacon contenant du soufre sur un bain de sable chaud, j'ai trouvé le lendemain le flacon brisé, et la presque totalité du soufre s'était écoulée. Le bain était froid.

En examinant attentivement les fragmens du vase, je vis qu'ils étaient couverts d'une espèce de rosée de soufre, composée de gouttelettes, les unes solides et opaques, et les autres fluides: celles-ci devinrent si subitement solides et cristallines en les touchant avec un corps quelconqué, qu'il était presque impossible de les déformer.

J'assimile ce phénomène à celui que l'eau présente quand, refroidie peu à peu et sans secousses au-dessous de zéro, elle ne se gèle pas. Le soufre, dans l'expérience citée, est resté liquide à  $72^{\circ}$  C. au-dessous du degré ordinaire de sa solidification.

13. Sur la combinaison du SOUFRE avec l'eau; par M. Bischof. (J. fur Ch., t. 13, p. 385.)

Le soufre que l'on précipite par les acides des solutions de persulfures alcalins est pur, et ne renferme pas d'eau combinée, comme on le suppose généralement.

14. Des SULFO-HYDRATES, par M. J. Berzelius. (Ann. de Ch., t. 32, p. 70.)

Les sulfures  $BS^2$  des alcalis et des terres alcalines sont les seuls qui puissent former des sels avec l'hydrogène sulfuré. Les sels de cette espèce sont décomposés par toutes les bases oxigénées, y compris l'oxide de leur propre base.

Le *sulfure de potassium*  $KS^2$  est incristallisable et se dissout dans une grande quantité d'alcool. Sulfure de potassium.

Le *sulfure de sodium*  $NS^2$  cristallise en prismes droits à quatre pans, qui, exposés à l'air, s'humectent sans se liquéfier et se changent peu à peu en sulfate. Il est insoluble dans l'alcool; il attaque le verre. Sulfure de sodium.

On obtient le *sulfo-hydrate lithique* en faisant agir le sulfide hydrique sur le sulfure de lithine provenant de la décomposition du sulfate de lithine par le charbon: on l'obtient encore en faisant passer un courant de sulfide hydrique sur du carbonate de lithine chauffé au rouge: il s'humecte à l'air et se dissout bien dans l'alcool; évaporé en vases découverts, il dépose de longs cristaux prismatiques jaunes de  $LS^4$ . Sulfo-hydrate lithique.

Quand on fait passer un courant de sulfide hydrique dans une dissolution de baryte, il se dépose des cristaux d'hydrate de baryte et des cristaux jaunes de  $BS^4$ , et la liqueur contient du *sulfo-hydrate*. Ce sel cristallise très-difficilement: les cristaux s'effleurissent à l'air; à la chaleur rouge, ils se changent en sulfure  $BS^2$  avec dégagement de sulfide hydrique. Sulfo-hydrate de baryum.

Le *sulfo-hydrate de strontiane* cristallise facilement; il est analogue au sel de baryum. Sulfo-hydrate de strontiane.

La chaux et le sulfure de calcium, délayés dans l'eau, absorbent du sulfide hydrique jusqu'à ce que l'eau soit saturée de *sulfo-hydrate*. Par l'évaporation dans le vide, la liqueur laisse dégager du sulfide hydrique et dépose du sulfure de calcium en prismes soyeux: quand on l'évapore à l'air, elle donne des cristaux jaunes de sulfure  $CS^4$ . Sulfo-hydrate de calcium.

L'*hydrate de magnésie* délayé dans un peu d'eau absorbe le gaz sulfide hydrique et se dis- Sulfo-hydrate de magnésium.

sont légèrement. La dissolution se comporte dans le vide comme celle du sulfo-hydrate de calcium. Par l'ébullition, elle se décompose complètement, et il se reforme de l'hydrate de magnésie et du sulfide hydrique.

15. Des SULFO-CARBONATES; par M. J. Berzelius. (An. de Ch., t. 32, p. 78.)

Le sulfide carbonique (sulfure de carbone) peut se combiner avec les sulfures et donner lieu à des *sulfo-carbonates*. Le seul moyen de préparer ces composés consiste à remplir un flacon avec un sulfure assez énergique, mêlé d'eau et de sulfide carbonique, à bien boucher ce flacon et à le maintenir à une température de 30°; alors la combinaison s'opère peu à peu : elle n'a pas lieu avec les sur-sulfures.

Les *sulfo-carbonates* se décomposent par la chaleur, et il y en a même plusieurs qui se décomposent par la dessiccation. Les sulfo-carbonates des radicaux alcalins présentent, en dissolution concentrée, une couleur rouge foncée. Leur saveur est hépatique, un peu caustique et analogue à celle du poivre. En les mêlant à sec avec un acide tel que l'acide muriatique, on obtient la liqueur rouge huileuse découverte par M. Zeise, et qui est une combinaison de sulfide hydrique et de sulfide carbonique.

Les dissolutions de sulfo-carbonates, lorsqu'elles sont étendues, se décomposent rapidement à l'air; mais les dissolutions concentrées peuvent être évaporées à une chaleur douce, sans altération sensible.

16. Remède aux dangers de l'inspiration du CHLORE. (Arch. fur die natur. 1824.)

M. Kastner a conseillé l'ammoniaque liquide sur le sucre. Le moyen suivant est d'une efficacité constante; il consiste à respirer la vapeur de l'esprit de vin ou bien à avaler des morceaux de sucre trempés dans l'alcool.

17. Mémoire sur une SUBSTANCE PARTICULIÈRE contenue dans l'eau de la mer; par M. Balard, pharmacien et préparateur de chimie de la Faculté des sciences de Montpellier. (An. de Ch., t. 32, p. 337.)

J'ai découvert cette substance dans l'eau-mère des marais salans; elle a la plus grande analogie avec le chlore et avec l'iode. Je lui ai donné le nom de *brôme*, à cause de sa mauvaise odeur.

Le brôme se présente sous la forme d'un liquide rouge noirâtre quand on le regarde en masse, et d'un rouge hyacinthe quand il est en couches minces.

Son odeur, très-désagréable, rappelle, quoiqu'à un degré plus intense, celle des oxides de chlore; sa saveur est des plus fortes.

Il attaque les matières organiques et colore la peau en jaune; il agit comme poison violent sur les animaux.

Sa pesanteur spécifique est de 2,966. Il n'est pas conducteur de l'électricité voltaïque; il résiste sans se coaguler à un froid de 18°c.; il bout à 47°; il répand dans l'air des vapeurs d'un rouge foncé, semblables à l'acide nitreux.

Le brôme se combine facilement avec le soufre, l'iode, le chlore et le phosphore; il ne s'unit direc-

Propriétés  
physiques.

Propriétés  
chimiques.

tement, ni avec l'oxigène, ni avec le carbone; il n'agit pas sur le gaz hydrogène à la température ordinaire; mais si l'on plonge dans le mélange une tige de fer chauffée au rouge, il y a combinaison au contact du métal. Il se combine avec l'hydrogène carboné. L'eau, l'alcool, et sur-tout l'éther, le dissolvent; l'acide sulfurique n'en dissout qu'en très-petite quantité; il décolore rapidement le tournesol sans le faire passer au rouge, et il décolore aussi la solution sulfurique d'indigo; il décompose lentement l'eau à l'aide de la lumière solaire.

Le potassium, l'antimoine et l'étain brûlent au contact du brôme: le mercure est attaqué sans émission de lumière; le brôme dissout l'or, mais il n'attaque pas le platine.

Si l'on fait passer du brôme en vapeurs sur de la potasse, de la soude, de la baryte ou de la chaux portées au rouge, il se manifeste une vive incandescence, et il se dégage du gaz oxigène. Jen'ai pas pu parvenir à décomposer de la même manière la magnésie et la zirconie, non plus que l'oxide de zinc; le brôme décompose l'ammoniaque, avec dégagement d'azote et formation d'hydrobromate.

Le brôme se combine à froid avec les alcalis et les terres alcalines, et forme, avec ces bases, des bromures d'oxides. Il décompose les iodures avec dégagement d'iode.

Le poids de l'atome de brôme est de 93.26 à 94.29. La pes. spéc. de sa vapeur est de 5,1354.

Poids de  
l'atome.  
Préparation.

On peut suivre plusieurs procédés pour préparer le brôme: 1°. on fait passer du chlore dans l'eau-mère des marais salins; on distille, et l'on condense par un mélange réfrigérant les vapeurs rutilantes qui se dégagent au moment de

l'ébullition; mais, par ce moyen, on n'obtient que peu de brôme, et il est impur.

2°. Après avoir fait passer un courant de chlore à travers l'eau des salins, on verse à la surface du liquide une certaine quantité d'éther; on agite fortement, puis on laisse reposer. L'éther vient nager à la surface, tenant tout le brôme en dissolution; on décante la liqueur éthérée, et on la fait digérer sur de la potasse caustique, qui lui enlève tout le brôme; enfin, pour isoler celui-ci, on pulvérise le bromure avec du peroxide de manganèse; l'on verse sur le mélange, placé dans un petit appareil distillatoire, de l'acide sulfurique étendu de la moitié de son poids d'eau, et l'on réunit les vapeurs au fond d'un petit récipient rempli d'eau froide; enfin, après avoir séparé la plus grande partie de l'eau par décantation, on distille le résidu sur du chlorure de calcium.

Le brôme dissout le soufre, avec lequel il forme un composé huileux, d'une teinte rougeâtre foncée, répandant des vapeurs blanches, et dont l'odeur rappelle celle du chlorure de soufre.

Bromure de  
soufre.

Le bromure de soufre décompose l'eau avec faible détonation à la température de l'ébullition: il se produit de l'acide hydrobromique, de l'acide sulfurique et de l'hydrogène sulfuré; il est décomposé par le chlore avec dégagement de brôme et production de chlorure de soufre.

On peut obtenir le chlorure de brôme en faisant passer du chlore au travers du brôme, et condensant, au moyen d'un mélange réfrigérant, les vapeurs qui se dégagent: c'est un liquide fauve rougeâtre, d'une odeur pénétrante, d'une saveur excessivement désagréable, très-volatil;

Bromure de  
chlore.

ses vapeurs sont d'un jaune foncé; il brûle les métaux; il est soluble dans l'eau sans décomposition: la solution donne, avec les alcalis, un mélange d'hydrochlorate et de bromate.

Bromure  
d'iode.

Le brôme forme avec l'iode deux composés; l'un solide au minimum de brôme, l'autre liquide; celui-ci est miscible à l'eau; il produit, avec les alcalis, des hydrobromates et des iodates.

Bromure de  
phosphore.

Le brôme et le phosphore mis en contact dans un flacon plein d'acide carbonique se combinent rapidement avec chaleur et lumière; il se forme en même temps du protobromure liquide et du deuto-bromure solide, qui se sublime, et cristallise dans la partie supérieure du vase sous forme d'aiguilles.

Le protobromure est encore liquide à  $-12^{\circ}$  cent. Il répand des vapeurs dans l'air; il peut dissoudre un excès de phosphore; il réagit sur l'eau avec beaucoup d'énergie, et produit, avec un grand dégagement de chaleur, de l'acide hydrobromique.

Le deuto-bromure est jaune; il se résout en un liquide rouge à une température un peu élevée: il produit avec l'eau de l'acide hydrochlorique et de l'acide phosphorique.

Le chlore décompose les bromures de phosphore avec dégagement de brôme; au contraire, le brôme dégage l'iode de l'iodure de phosphore.

Hydrocar-  
bure de  
brôme.

Le brôme absorbe le gaz oléfiant, et se convertit en un liquide oléagineux, incolore, et d'une odeur éthérée plus suave que celle de l'hydrocarbure de chlore; ce liquide est très-volatil: il se décompose, en passant à travers un tube de verre rougi, en charbon et en gaz acide hy-

drobromique; il brûle au contact d'un corps embrasé.

On peut obtenir une combinaison identique en distillant l'eau-mère des salines jaunies par le chlore, ce qui provient de ce que cette eau contient toujours une certaine quantité de matière organique.

L'acide hydrobromique est gazeux et incolore: sa saveur est acide; son odeur est très-piquante, et il provoque fortement la toux; il répand des vapeurs blanches et épaisses dans l'air; la chaleur ne l'altère pas; il n'est pas décomposé par l'oxygène; le chlore lui enlève son hydrogène. Plusieurs métaux, tels que le potassium et l'étain, s'emparent au contraire du brôme qu'il contient et mettent l'hydrogène à nu; il n'attaque pas le mercure.

Acide hy-  
drobromi-  
que.

Le gaz hydrobromique est très-soluble dans l'eau. La solution est incolore, très-dense et fume à l'air; elle peut dissoudre du brôme, et elle prend alors une couleur rutilante très-foncée.

Le chlore décompose sur-le-champ l'acide hydrobromique liquide, et lui communique une teinte rouge, due au brôme mis à nu. L'acide nitrique le décompose également à l'aide d'une faible chaleur: le mélange des deux acides dissout l'or et le platine comme l'eau régale.

Dans plusieurs circonstances, l'acide sulfurique décompose l'acide hydrobromique avec dégagement d'acide sulfureux.

L'acide hydrobromique liquide dissout le fer, le zinc et l'étain avec dégagement de gaz hydrogène: il dissout les alcalis, les terres, les oxides de fer, le deutoxide de cuivre, de mercure, etc.; il forme avec les oxides de plomb et d'argent des

composés insolubles ; le deutocide et le tritoxide de plomb , le peroxide de manganèse et l'acide antimonique donnent avec cet acide du brôme et des bromures métalliques.

L'acide hydrobromique est composé de volumes égaux d'hydrogène et de vapeur de brôme. La pesanteur spécifique de sa vapeur doit être de 2,6021.

On voit que les propriétés de l'acide hydrobromique tiennent en quelque sorte le milieu entre celles des acides hydrochlorique et hydriodique.

On peut obtenir cet acide, 1°. en décomposant les gaz hydriodique, hydrosulfurique et hydrogène sulfuré par le brôme ; 2°. en chauffant le bromure de potassium avec de l'acide sulfurique ; mais, par ce second moyen, il est ordinairement mêlé d'acide sulfurique et d'acide hydrochlorique ; 3°. en humectant un mélange de brôme et de phosphore.

Acide  
bromique.

En versant de l'acide sulfurique étendu d'eau dans une solution aqueuse de bromate de baryte, de manière à précipiter toute la base, on obtient une solution étendue d'acide bromique. On peut concentrer cette liqueur jusqu'à consistance sirupeuse ; mais si on l'évapore, soit par la chaleur, soit en la plaçant dans le vide, l'acide se décompose ; cet acide ne peut donc pas exister sans eau.

L'acide bromique rougit fortement le tournesol et le décolore ensuite.

Il est décomposé par les acides sulfureux, hydrosulfurique, hydrobromique, hydrochlorique et hydriodique, et par les sels que forment ces acides.

D'après l'analyse que j'ai faite du bromate de

potasse, j'ai trouvé que l'acide bromique est analogue aux acides chlorique, iodique et nitrique, et qu'il doit contenir :

Brôme. . . 0,651 — 1 at.

Oxigène. . . 0,349 — 5 at.

Les bromures solides sont décomposés par le chlore avec dégagement de brôme. Lorsqu'ils sont en dissolution ils jaunissent, et laissent dégager du brôme quand on y ajoute du chlore, de l'acide chlorique, de l'acide nitrique, ou d'autres substances qui attirent fortement l'hydrogène.

Hydro-bromates ou bromures.

Le bromure de potassium cristallise en cubes ou en longs parallépipèdes rectangulaires : sa saveur est piquante ; il est plus soluble à chaud qu'à froid ; il est un peu soluble dans l'alcool ; il est très-fusible. L'acide borique le décompose à la chaleur rouge, mais seulement lorsqu'on fait passer de la vapeur d'eau à travers le mélange : dans ce cas, il se dégage de l'acide hydrobromique.

Bromure de potassium.

En le décomposant par l'acide sulfurique, j'ai trouvé qu'il contient :

Potassium. . . . . 0,3444

Brôme. . . . . 0,6556

Si l'on suppose qu'il est formé d'un atome de brôme et d'un atome de potassium, le poids atomistique du premier corps serait de 95,26, le poids de l'atome d'oxigène étant 10.

L'hydrobromate d'ammoniaque est solide, blanc, volatil ; il jaunit à l'air, et devient acide. Il cristallise sous forme de longs prismes, sur lesquels d'autres prismes plus petits sont implantés à angle droit. Ce sel est composé de volumes égaux d'acide hydrobromique et d'ammoniaque.

Hydrobromate d'ammoniaque.

Hydrobromate de baryte.

L'hydrobromate de baryte cristallise en mamelons opaques : il est fusible, très-soluble dans l'eau et soluble aussi dans l'alcool.

Hydrobromate de magnésie.

L'hydrobromate de magnésie est incristallisable, déliquescent et décomposable par la chaleur.

Bromure de plomb.

Le bromure de plomb est blanc et cristallise comme le chlorure : lorsqu'on le chauffe fortement, il se fond en un liquide rouge qui n'exhale que des vapeurs blanches très-faibles, et il se prend, par le refroidissement, en une masse d'un beau jaune semblable au jaune minéral. Dans son état de désagrégation, il est décomposé par les acides nitrique et sulfurique ; quand il a été fondu, il ne peut être décomposé que par l'acide sulfurique bouillant.

Bromure d'argent.

Le bromure d'argent est caillebotté, d'un jaune serin ; il noircit à la lumière. Il est insoluble dans l'eau et dans l'acide nitrique, même à la température de l'ébullition ; soluble dans l'ammoniaque. L'acide sulfurique bouillant en dégage quelques vapeurs de brôme.

Le bromure d'argent est fusible en un liquide rouge, qui se prend en masse cornée de couleur jaune.

L'hydrogène, à l'état naissant, le réduit. Analysé par ce moyen, il m'a donné :

Argent . . . 0,589

Brôme . . . 0,411 :

d'où il résulterait que l'atome du brôme peserait 94,29.

Bromures de mercure.

Quand on mêle un hydrobromate alcalin avec du protonitrate de mercure, il se fait un précipité blanc de protobromure.

Quand on fait agir du brôme sur le mercure, il se forme un deuto-bromure, qui est analogue

au sublimé corrosif : il est blanc, volatil, soluble dans l'eau, dans l'alcool, et sur-tout dans l'éther. Il donne des vapeurs rutilantes de brôme lorsqu'on le traite par l'acide nitrique et mieux encore par l'acide sulfurique.

L'étain, en se dissolvant dans l'acide hydrobromique, produit le proto-bromure, qui est soluble dans l'eau.

Proto-bromure d'étain.

Le deuto-bromure, que l'on obtient en traitant l'étain par le brôme, est solide, blanc, cristallin, très-fusible et très-volatil ; il ne répand dans l'air que des traces de vapeurs blanches ; il se dissout dans l'eau sans s'échauffer : l'acide nitrique en dégage du brôme, mais il n'est pas altéré par l'acide sulfurique.

Deuto-bromure d'étain.

Le bromure d'or est jaune et décomposable par la chaleur.

Bromure d'or.

Le bromure de platine est jaune, décomposable par la chaleur, et produit, dans les dissolutions alcalines concentrées, des sels de potasse et d'ammoniaque, des précipités jaunes peu solubles.

Bromure de platine.

Les bromures d'oxides ont, comme le brôme, la faculté de décolorer la teinture de tournesol et la solution sulfurique d'indigo : ils sont facilement transformés par la chaleur en un mélange de bromures métalliques et de bromates ; les acides les plus faibles, tels que l'acide acétique, les décomposent et en séparent le brôme.

Bromures d'oxides.

On peut préparer les bromates alcalins, soit en faisant cristalliser les dissolutions de bromures d'oxide, soit en saturant le chlorure de brôme par un alcali.

Bromates.

Le bromate de potasse est plus soluble à chaud qu'à froid ; il cristallise en aiguilles ou en lames

De potasse.

d'un aspect mat ; il est très-peu soluble dans l'alcool ; la chaleur le ramène aisément à l'état de brôme métallique ; il s'en dégage 0,30 d'oxygène ; il est décomposé par l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré, l'acide hydrobromique et l'acide hydrochlorique, avec dégagement de brôme.

De baryte. Le bromate de baryte est peu soluble dans l'eau froide, très-soluble dans l'eau bouillante : il cristallise en aiguilles par le refroidissement ; il fuse, avec flamme verte, sur les charbons ardents. En le décomposant par l'acide sulfurique étendu, on peut en séparer l'acide bromique sans décomposer cet acide.

De plomb. Le bromate de plomb est soluble.

D'argent. Le bromate d'argent est insoluble, blanc, pulvérulent, et il noircit à peine au contact de l'air.

Existence du brôme. Le brôme n'existe dans l'eau-mère des marais salans qu'en très-petite proportion ; il est probable qu'il s'y trouve à l'état d'hydrobromate de magnésie, car le résidu de l'évaporation de l'eau-mère perd la faculté de dégager du brôme en contact du chlore quand il a été fortement calciné.

Les végétaux et les animaux qui vivent dans la mer contiennent aussi du brôme ; enfin il m'a semblé que le produit de l'évaporation d'une eau minérale des Pyrénées orientales, qui était fortement saline, jaunissait au contact du chlore, ce qui indiquerait qu'elle renferme du brôme.

Classification. Si l'examen que les chimistes feront du brôme fait admettre cette substance comme corps élémentaire, c'est manifestement entre le chlore et l'iode qu'elle viendra s'interposer.

*Nota.* Le moyen qui m'a le mieux réussi pour extraire le brôme, lorsque les composés dont il fait partie sont associés à ceux qui contiennent

de l'iode, consiste à précipiter l'iode par un sel de cuivre, à filtrer, à évaporer le liquide, et à traiter le résidu par l'acide sulfurique et l'oxyde de manganèse.

18. *Sur le BRÔME*; par M. J. Liebig. (An. de Ch., t. 33, p. 330.)

Ayant appris la découverte que M. Balard vient de faire d'un corps particulier qu'il a appelé *brôme*, je me suis empressé de rechercher si ce corps n'existait pas dans quelques-unes de nos sources minérales, et j'ai été assez heureux pour le rencontrer en quantité assez considérable dans l'eau-mère des salines de Krentznach; 30 livres de cette eau-mère m'ont donné 20 gram. de brôme.

J'ai pu vérifier toutes les expériences faites sur ce corps par M. Balard, je les ai trouvées parfaitement exactes. J'ai observé en outre ce qui suit :

Le fer métallique, chauffé au rouge, devient incandescent dans la vapeur du brôme, et produit un protobromure très-fusible, d'un jaune clair, lamelleux, très-soluble dans l'eau : la dissolution est incolore, précipite en jaune clair par le nitrate d'argent, et laisse dégager du brôme par l'action du chlore.

Le fer se dissout, avec chaleur, à la température ordinaire dans un mélange d'eau et de brôme.

Le platine n'est pas attaqué par le brôme.

Le bromure d'argent est facilement soluble dans l'ammoniaque : il se dépose de cette solution, après quelque temps, des cristaux blancs, brillants, qui dégagent de l'ammoniaque en les chauffant, et laissent pour résidu du bromure d'argent.

On prépare aisément le bromure de potassium pur en versant de la potasse caustique dans une dissolution de brôme dans l'alcool : 100 de ce bromure donnent 160,21 de bromure d'argent ; ce qui suppose que l'atome de brôme pèse 94,11, le poids de l'atome d'oxygène étant 10.

19. *Sur l'ACIDE IODEUX de Sémentini*; par M. Wöhler. (An. der Phys., 1826, p. 95.)

Le prétendu acide iodeux, préparé par M. Sémentini (1), n'est autre chose que du chlorure d'iode, tenant de l'iode en dissolution; lorsqu'on le sature de carbonate de soude, l'iode dissous se précipite : en évaporant la dissolution à siccité, et chauffant fortement le résidu, il se fond, et l'on reconnaît facilement qu'il est composé de chlorure et d'iodure de sodium en le dissolvant dans l'eau, précipitant par le nitrate d'argent, et traitant le précipité humide par l'ammoniaque, qui dissout le chlorure et laisse l'iodure pur. Dans l'expérience de Sémentini, qui consiste à distiller un mélange de chlorate de potasse et d'iode, au moment où les dernières parties du chlorure d'iode passent à la distillation, le résidu se compose de chlorure de potassium, de chlorate et d'iodate de potasse, et il ne contient pas d'iodure de potassium. C'est évidemment la formation de l'iodate de potasse qui détermine la production du chlorure d'iode; car l'iode est absolument sans action sur le chlorure de potassium.

(1) *Annales des Mines*, t. XII, p. 153.

20. *Mémoire sur les combinaisons du PHOSPHORE, et particulièrement sur celles de ce corps avec l'hydrogène*; par M. J. Dumas. (An. de Ch., t. 31, p. 103.)

En décomposant l'hydrogène protophosphoré par le soufre, comme l'ont fait MM. Thomson, Vauquelin et Dalton, j'ai trouvé que 3 volumes de ce gaz produisent 4 volumes d'hydrogène sulfuré; mais je me suis bientôt aperçu que l'excès du soufre que l'on emploie absorbe une partie du gaz hydrogène sulfuré, et en ayant égard à cette absorption, le rapport 3 à 4 se change en celui plus simple de 2 à 3.

J'ai cherché un procédé d'analyse plus exact et je me suis arrêté au suivant : j'introduis le gaz dans une cloche courbe, je porte dans celle-ci un fragment de bi-chlorure de mercure, et j'échauffe ce corps avec la lampe à alcool, jusqu'au point de le réduire en vapeur : alors une vive action se manifeste, et il se produit de l'acide hydrochlorique et du phosphure de mercure. La moyenne d'un grand nombre d'expériences a été de 3 volumes d'acide hydrochlorique pour 1 volume d'hydrogène protophosphoré : d'où il suit que ce dernier gaz renferme  $1\frac{1}{2}$  volume d'hydrogène.

Le mélange de l'hydrogène protophosphoré, avec trois à quatre fois son volume d'oxygène, détone avec la plus grande facilité par l'effet d'une très-légère diminution de pression : le produit est de l'eau et de l'acide phosphorique; le volume de l'oxygène absorbé est le double du volume de l'hydrogène protophosphoré; et comme l'hydrogène que contient ce gaz doit absorber  $\frac{3}{4}$  de

volume d'oxygène, il en reste  $\frac{5}{4}$  qui produisent de l'acide phosphorique avec le phosphore; ce qui nous amène à conclure que l'hydrogène protophosphoré est composé de 6 atomes d'hydrogène et 1 atome de phosphore, qui prennent l'un 1 atome d'oxygène pour faire de l'eau, et l'autre 5 atomes pour produire de l'acide phosphorique.

Si l'on n'ajoute que  $1 \frac{1}{2}$  volume d'oxygène à l'hydrogène protophosphoré, au lieu de 3 à 4, la détonation est faible; elle a lieu avec une lumière blanche et pâle, et le résidu contient de l'hydrogène et de l'oxygène, qui se combinent par une seconde détonation, et l'absorption totale est de  $1 \frac{1}{2}$  volume d'oxygène. Il est donc évident, ainsi que l'avait observé M. Thomson, que le gaz hydrogène protophosphoré se combine tantôt avec 2 volumes, et tantôt avec 1 volume  $\frac{1}{2}$  d'oxygène. Dans le premier cas, il se forme de l'acide phosphorique, et dans le second, il doit se produire de l'acide phosphoreux; et comme le volume et demi d'hydrogène contenu dans le gaz phosphoré exige toujours  $\frac{3}{4}$  de volume d'oxygène, il en reste  $\frac{1}{4}$  dans le premier cas, et  $\frac{3}{4}$  dans le second pour le phosphore.

Les quantités d'oxygène contenues dans l'acide phosphoreux et dans l'acide phosphorique sont donc entre elles dans le rapport de 3 à 5.

J'ai déterminé par des expériences minutieuses la pesanteur spécifique de l'hydrogène protophosphoré; elle est de 1,214, comparée à celle de l'air. 1 litre de ce gaz pèse 15,5777.

On peut préparer l'hydrogène protophosphoré par l'acide phosphoreux, par l'acide phosphatique, par l'acide hypophosphoreux, ou bien

par le mélange d'un phosphure métallique avec l'acide hydrochlorique concentré. Ce gaz est toujours parfaitement pur et identique.

L'acide phosphoreux se transforme, à l'aide de la chaleur, en hydrogène protophosphoré et en acide phosphorique: d'où il paraît résulter que 4 atomes d'acide phosphoreux décomposent  $\frac{3}{2}$  atomes d'eau, en fournissant 3 atomes d'acide phosphorique et 1 atome de gaz  $4 \ddot{\text{P}} + 3 \text{H}^2 = 3 \ddot{\text{P}} + \text{H}^6 \text{P}$ .

L'acide phosphatique paraît agir dans les mêmes circonstances comme un mélange d'acide phosphorique et d'acide phosphoreux.

Il est probable que l'acide hypophosphoreux doit être considéré, ainsi que l'a pensé M. Dulong, comme un composé d'acide phosphoreux et d'hydrogène perphosphoré: il donne, avec l'eau, de l'acide phosphorique de l'hydrogène protophosphoré et du phosphore; cette transformation est vraisemblablement exprimée par la formule  $4 \ddot{\text{P}} + 3 \text{H}^2 = 3 \ddot{\text{P}} + \text{H}^6 \text{P} + 4 \text{P}$ .

Lorsque l'on introduit du phosphure de chaux bien sec dans de l'acide hydrochlorique fumant, il se dégage du gaz hydrogène protophosphoré pur, et il se dépose du phosphore; quand l'acide est un peu étendu d'eau, l'hydrogène protophosphoré est mêlé de gaz hydrogène; on peut aisément déterminer la proportion de celui-ci, en absorbant le gaz phosphoré par une solution de sulfate de cuivre. Enfin, si l'on traite le phosphure de chaux par l'eau pure ou par l'eau acidulée, il ne se dépose plus de phosphore, et le gaz qui

se dégage est un mélange d'hydrogène perphosphoré et d'hydrogène pur.

Hydrogène  
perphospho-  
ré.

Le gaz hydrogène perphosphoré n'est jamais pur; on ne l'obtient que mêlé d'hydrogène libre; mais l'on peut facilement analyser le mélange par le sulfate de cuivre.

De tous les moyens que l'on peut employer pour préparer l'hydrogène perphosphoré, j'ai préféré celui qui consiste à soumettre le phosphore à l'action d'une solution de potasse caustique bouillante, parce que le gaz qui se dégage est un mélange en proportions constantes d'hydrogène phosphoré et d'hydrogène libre; il se compose de 0,375 du premier gaz, et de 0,625 du second en volume. C'est ce mélange que j'ai employé pour déterminer la composition du gaz hydrogène perphosphoré.

J'en ai fait l'analyse 1<sup>o</sup>. par le perchlorure de mercure, qui n'agit nullement sur l'hydrogène libre, et j'ai obtenu un peu plus de 3 volumes d'acide hydrochlorique pour 1 volume de gaz phosphoré; 2<sup>o</sup>. par le fil de fer ou par le fil de cuivre, à l'aide de la chaleur d'une lampe à alcool à double courant, le gaz phosphoré a produit une fois et demie son volume de gaz hydrogène pur; 3<sup>o</sup>. enfin par le moyen du gaz oxygène: ce procédé exige de grandes précautions pour éviter les accidens, et pour obtenir la combustion complète du phosphore: j'ai réussi de la manière suivante: je mélangeais volumes égaux d'acide carbonique et d'oxygène, l'un et l'autre très-purs; je chauffais ce mélange à 100 ou 120<sup>o</sup> C., et j'y introduisais, bulle à bulle, un mélange de gaz phosphoré, obtenu par la potasse, et d'acide carbonique; la détonation avait lieu tranquillement,

et avec une lumière faible et jaunâtre. Après la détonation, j'absorbais l'acide carbonique par la potasse, je mesurais le résidu, et je m'assurais de la perte de l'oxygène. Le résultat moyen de mes expériences a été une absorption d'un volume de 14,6 d'oxygène pour un volume de 8 de gaz hydrogène perphosphoré pur; mais

$$\begin{array}{rcl} 8 \text{ hydr. perph. pur} & = & 12 \text{ hydro.} + x \text{ phosph.} \\ 14,6 \text{ oxygène} & = & 6 \text{ oxygène.} + 8,6, \end{array}$$

il est évident que l'hydrogène prend 2 volumes d'oxygène, et le phosphore 3; ce qui nous conduit à admettre que 8 volumes d'hydrogène perphosphoré se composent de 12 volumes d'hydrogène et de 3 atomes de phosphore, qui, en brûlant, absorbent respectivement 6 atomes et 9 atomes d'oxygène, pour former 6 atomes d'eau et 3 atomes d'acide phosphoreux.

On sait depuis long-temps que le gaz hydrogène perphosphoré, abandonné à lui-même pendant quelques jours, laisse déposer du phosphore, et perd la faculté de s'enflammer spontanément. J'ai voulu analyser ce phénomène, et j'ai reconnu que le gaz se transforme en hydrogène protophosphoré sans changer de volume. J'ai remarqué, de plus, qu'après sa transformation il absorbait dans l'eudiomètre 16 volumes d'oxygène pour 8 volumes, tandis qu'avant d'avoir déposé du phosphore, il n'en absorbait que 15 volumes. Cette remarque prouve évidemment qu'avec le gaz protophosphoré il se forme de l'acide phosphorique, tandis qu'avec l'hydrogène perphosphoré il ne se forme que de l'acide phosphoreux.

J'ai encore analysé ce dernier gaz, en le faisant détoner avec le protoxide d'azote. Le résultat a

été que 8 volumes de gaz phosphoré ont décomposé 42 volumes de protoxide, et ont par conséquent absorbé 21 volumes d'oxigène. L'hydrogène contenu dans ces 8 volumes exige 6 volumes d'oxigène : il en reste donc 15 volumes pour le phosphore. La même quantité de ce corps prend donc tantôt 9, tantôt 15 volumes d'oxigène. Nous retrouvons ici le rapport de 3 à 5, que nous avons déjà signalé.

Pour obtenir la densité du gaz hydrogène perphosphoré, j'avais à vaincre des difficultés de plus d'un genre. J'ai lieu de croire toutefois que je l'ai établie d'une manière qui laisse peu à désirer. Je l'ai trouvée de 1,761, rapportée à celle de l'air. Un litre de ce gaz pèse 25,288.

On conçoit qu'il est facile d'arriver au poids de l'atome de phosphore, en se servant de la densité du gaz dont il fait partie. On a

1,761 poids d'un volume d'hydrogène perphosphoré ;  
0,103 poids d'un volume et demi d'hydrogène ;  
1,658 poids du phosphore.

Supposant ces corps combinés dans le rapport de 4 atomes à 1, nous avons

0,103 : 1,658 :: 4H = 24,87 : x = 400,33 ;  
0,214 poids d'un volume d'hydrogène protophosphoré ;  
0,103 poids d'un volume et demi d'hydrogène ;  
1,111 poids du phosphore.

Supposant ces corps combinés dans le rapport de 6 atomes à 1, nous avons

0,103 : 1,111H :: 611 = 36,402 : x = 402,30.

Il suit de là que le poids de l'atome du phosphore s'approche beaucoup de 400. M. Berzelius a admis, d'après ses expériences, le nombre 392,50.

21. Des SULFO-SELS D'ARSENIC ; par M. J. Berzelius.  
(An. de Ch., t. 32, p. 166-265.)

Le sulfide arsénique  $AS^5$  se forme en décomposant par le gaz hydrogène sulfuré une dissolution assez concentrée d'acide arsénique, ou en mêlant un sulfo-hydrate avec un arséniate, et ajoutant ensuite de l'acide muriatique au mélange. Il est presque semblable, pour la couleur, à l'orpiment : la fusion lui donne une couleur rouge plus foncée ; il se sublime sans altération. Il est absolument insoluble dans l'eau pure : il se décompose en partie par l'alcool bouillant, et il se forme quelques cristaux de soufre. Il ne rougit le papier de tournesol qu'en présence de vapeurs d'eau bouillante ; à chaud, il rougit aussi l'infusion de tournesol. Il se dissout très-bien dans les hydrates alcalins et de terres alcalines et dans l'ammoniaque caustique concentrée ; mais il est décomposé, avec résidu de soufre, par l'ammoniaque étendue d'eau : à l'état sec, il absorbe le gaz ammoniac ; il chasse le sulfide hydrique des sulfo-hydrates à froid, et l'acide carbonique des carbonates alcalins et terreux, mais seulement à chaud.

Il y a huit manières de préparer les *sulfo-arséniates* : 1°. en faisant digérer une base sulfurée avec du sulfide arsénique ; 2°. en traitant un sulfo-hydrate par le sulfide arsénique ; 3°. en décomposant un arséniate par l'hydrogène sulfuré ; 4°. en dissolvant le sulfide arsénique dans un hydrate alcalin ou terreux, mais alors le sulfo-sel est mêlé avec un oxi-arséniate ; 5°. en faisant bouillir le sulfide arsénique avec des carbonates ; 6°. par la voie sèche, en faisant fondre le sulfide

Sulfide arsénique.

Sulfo-arséniates.

arsénique avec un hydrate ou un carbonate en excès; 7°. en faisant digérer le sulfide arsénieux avec une dissolution de deuto-sulfure alcalin; 8°. en mêlant un arséniate avec du sulfo-hydrate d'ammoniaque.

Les sulfo-arséniates de métaux alcaligènes sont d'un jaune citron à l'état anhydre, et peu ou point colorés à l'état d'hydrate. Les sels métalliques sont diversement colorés; leur saveur est très-amère: la plupart sont insolubles; ils ont beaucoup de tendance à former des sels basiques, dans lesquels la base est une fois et demie celle du sel neutre. Les sels basiques cristallisent très-bien, tandis que les sels neutres ne cristallisent pas en général.

Une température élevée décompose les sulfo-arséniates neutres et les bisulfo-arséniates, en donnant un sublimé de soufre et un résidu de sulfo-arséniate. La plupart des sels métalliques donnent du soufre, puis du sulfide arsénieux, et pour résidu un sulfure. L'argent et le mercure retiennent le sulfide arsénique. Par le grillage à la chaleur rouge, ils donnent de l'acide sulfureux, de l'acide arsénieux, et pour résidu un sulfate sans mélange d'arséniate.

L'alcool décompose les dissolutions concentrées de sulfo-arséniates alcalins en un sel basique qui se précipite, et un bisulfo-arséniate. Si l'on fait bouillir la dissolution dans une cornue, elle dépose une poudre d'une belle couleur rouge ou orangée, qui est le sulfide  $As^{18}$ .

Les acides décomposent les sulfo-arséniates avec dégagement de sulfide hydrique; le gaz acide carbonique lui-même en précipite du sulfide hydrique. Les bases oxigénées et les oxi-sels

précipitent et décomposent les sulfo-arséniates: ainsi l'hydrate de potasse précipite le sulfo-arséniate de magnésie en hydrate de magnésie. Les sulfo-arséniates ont beaucoup de tendance à former entre eux des sels doubles.

Il y a quatre espèces de *sulfarséniates potassiques*, savoir:

Un sulfarséniate potassique neutre.  $KS + AsS_5$ .

Un sulfarséniate sesqui-potassique.  $3KS + 2AsS_5$ .

Un bi-sulfarséniate potassique. . . .  $KS + 2AsS_5$ .

Un persulfarséniate potassique. . . .  $KS + 24AsS_5$ .

Il existe un *sulfarséniate sodique* neutre, un sel basique, dont la composition est  $3NaS + 2As^5 + 5O_{Aq}$ , un bi-sulfarséniate et un sel sursaturé de la base sodique; il y a des sels analogues à base lithique et à base ammoniacque.

Le *barium* produit un sel neutre, un sel basique, un sel acide. Les *sulfarséniates de strontium*, de *calcium* et de *magnésium*, sont aussi variés dans leur composition.

Le *sulfide arsénieux*  $AsS^3$  n'est autre chose que l'orpiment. Il se dissout aisément dans la potasse, la soude et l'ammoniaque caustique à froid, et dans le carbonate d'ammoniaque bouillant: les dissolutions sont incolores; lorsqu'on les fait bouillir, elles brunissent et déposent une poudre brune, qui, par la distillation, se transforme en sulfure d'arsenic et en arsenic métallique.

Les sulfo-arsénites se préparent comme les sulfo-arséniates; leur couleur est à-peu-près la même que celle de leur base; par l'évaporation, ils se décomposent en sulfo-arséniates solubles et hypersulfo-arsénites bruns, insolubles dans l'eau, mais solubles dans la dissolution de sulfo-arséniate: l'alcool leur fait éprouver la même

décomposition. En dissolution, ils subissent à l'air la même décomposition que les sulfo-arséniates ; mais ils ne déposent pas de soufre : leur réaction est en général la même que celle des sulfo-arséniates ; ils ne dissolvent pas l'arsenic métallique.

Les *sulfarsénites potassique, sodique, lithique*, ne s'obtiennent qu'en dissolution étendue, ou sous forme solide par la voie sèche.

Sulfo-arsé-  
nite ammo-  
niac.  
Sulfo-arsé-  
nites alca-  
lino-terreux.  
Sulfo-arsé-  
nites terreux  
et métalli-  
ques.

Le *sulfarsénite ammoniac* se décompose par l'évaporation spontanée, et laisse une poudre brune consistant en un mélange de sulfide arsénieux avec un sulfure d'un degré inférieur. En ajoutant de l'alcool à sa dissolution, il s'en précipite un sel blanc cristallin, qui est le sel basique  $3Am^2S + AsS^3$ .

Les *sulfo-arsénites de baryum, de strontium, de calcium* et de *magnésium* sont solubles dans l'eau ; on les obtient en faisant digérer le sulfide arsénieux avec la terre alcaline délayée dans l'eau (et alors il se forme en même temps un arsénite), ou avec son sulfo-hydrate. On a obtenu les autres sulfo-arsénites en précipitant les dissolutions salines par le sulfo-arsénite  $NaS^2 + 2AsS^3$ . La plupart sont un peu solubles dans l'eau et plus solubles dans les sulfo-arsénites alcalins. Les sulfo-arsénites de *glucium, d'yttrium, d'aluminium, de zirconium, de cadmium, d'étain* au maximum, d'*urane* et de *chrome*, sont d'un jaune plus ou moins foncé : ceux de *manganèse, de cérium, de mercure* et d'*antimoine*, sont jaune orange ; ceux de *plomb, d'étain* au minimum, de *bismuth*, sont d'un brun rougeâtre ; ceux de *fer* au minimum, de *cobalt, de cuivre, de platine, d'or* et de *molybdène* sont d'un brun

foncé ; celui d'*argent* est d'un brun clair ; celui de *fer* au maximum est vert olive, et enfin celui de *nickel* est noir.

J'appelle *sulfide hypo-arsénieux* le réalgar  $AsS^2$ . Ce sulfide ne forme des sels que difficilement : lorsqu'on le fait digérer avec le sulfure de potassium ou avec la potasse caustique, il se décompose, et donne la poudre brune noirâtre dont il a déjà été question. En faisant fondre de l'arsenic avec du sulfarsénite potassique, on obtient l'*hypo-sulfarsénite* potassique, qui se décompose quand on veut en chasser l'excès d'arsenic par la chaleur. En faisant bouillir du sulfide arsénieux avec du carbonate de potasse ou de soude, et en filtrant à chaud, on obtient une liqueur qui, par le refroidissement, dépose de l'hyposulfite arséniate semblable pour l'aspect à du kermès. En traitant successivement cette substance par de petites quantités d'eau, elle se change en bi-hypo-sulfarsénite, et la liqueur, d'un rouge brun, renferme un sel basique. Les autres hypo-sulfarsénites n'existent pas ou ne s'obtiennent que très-difficilement.

La matière brune qui est produite quand on traite  $AsS^5$  ou  $AsS^2$  par un alcali caustique paraît être composée de

Arsenic. . . . . 0,9653 — 1 at.  
Soufre. . . . . 0,0347 — 6 at. ;

mais il est difficile de l'obtenir parfaitement pure. Lorsqu'on chauffe du réalgar avec un grand excès d'arsenic métallique, il se sublime un sulfure de couleur foncée, qui est voisin de  $AsS$  ; mais il est impossible de l'avoir exempt de mélange d'arsenic métallique.

Sulfide hypo-arsénieux.

Hypo-sulfarsénites.

Sulfure d'arsenic.

22. *Sur le* FLUORURE D'ARSENIC; par M. Unverdorben. (An. der Phys. 1826, p. 316.)

Lorsqu'on distille un mélange d'une partie de spath-fluor, une partie d'acide arsénique et 3 parties d'acide sulfurique anhydre, il se forme promptement du fluorure d'arsenic, qui se volatilise. Ce composé se condense en un liquide visqueux, incolore, pesant : sa densité est de 2,73; il bout à 63° cent.; son odeur est la même que celle du chlorure d'arsenic; il se dissout en toute proportion dans l'eau presque sans production de chaleur, et il se dissout aussi dans l'alcool et dans l'éther : il ne rougit pas le tournesol, et il est sans action sur le carbonate de chaux et sur l'oxide de plomb; il attaque promptement le verre, sur-tout à la faveur de l'eau. Il est composé de :

Arsenic. 0,5727 } ou acide arsénique. 0,7554 } As<sup>3</sup> F<sup>3</sup>  
Fluor. . . 0,4273 } A F<sup>3</sup> acide fluorique. . . 0,2446 }

Le fluorure d'arsenic absorbe le gaz ammoniac sec et décompose le carbonate d'ammoniaque. Le produit est soluble dans l'eau et sublimable sans altération; il contient

Fluorure d'arsenic. . . 0,7183 } AF<sup>3</sup> + 3NH<sup>3</sup>.  
Ammoniaque . . . . 0,2817 }

23. *Note sur quelques* FLUORURES; par M. Dumas. (Bul. phil., 1826, p. 71.)

J'ai préparé différens fluorures, soit en traitant le fluorure de mercure ou de plomb par des corps plus positifs que ces métaux, soit en mettant en contact l'acide fluorique naissant avec les oxides des corps que je voulais combiner au radical fluorique.

Le fluorure de phosphore est un liquide blanc,

très-fumant, qui s'obtient très-aisément et en abondance, en traitant le fluorure de plomb par le phosphore; sa composition correspond à celle du protochlorure de phosphore : on obtient de même le fluorure de soufre.

Le fluorure d'arsenic est liquide, et ressemble tout-à-fait à la liqueur fumante de Libavius : il fume à l'air; il est très-volatil, plus pesant que l'eau, se transforme, en agissant sur ce liquide, en acide fluorique et en acide arsénieux, attaque à peine le verre, et peut se conserver long-temps dans un flacon de cette matière; mais il exerce sur la peau une action qui ne peut se comparer qu'à celle de l'acide fluorique lui-même : la densité de sa vapeur est au moins quatre fois plus grande que celle de l'air.

Le fluorure d'antimoine est solide à la température ordinaire; il est d'un blanc de neige, plus volatil que l'acide sulfurique, mais moins que l'eau; sa composition correspond à celle du protoxide d'antimoine et du beurre d'antimoine.

24. *Mémoire sur quelques points de la théorie atomistique*; par M. J. Dumas. (An. de Ch., t. 33, p. 337.)

Je me suis déterminé à faire une série d'expériences pour arriver au poids de l'atome d'un grand nombre de corps, au moyen de leur densité à l'état de gaz ou de vapeur. Il ne reste, dans ce cas, qu'une seule hypothèse à faire, et qui consiste à supposer que, dans tous les fluides élastiques sous les mêmes conditions, les molécules se trouvent placées à égale distance, c'est-à-dire qu'elles sont en même nombre. Cette ma-

nière d'envisager la question conduit à ce résultat immédiat, que l'on doit, ainsi que le fait M. Gay-Lussac, considérer les molécules des gaz simples comme étant susceptibles d'une division ultérieure, division qui se produit au moment de la combinaison, et qui varie selon la nature du composé.

J'ai pris la densité des gaz par les procédés connus; quant aux vapeurs, je me suis servi tantôt de l'appareil de M. Gay-Lussac, tantôt d'un moyen plus simple, que je crois susceptible d'une très-grande précision; il consiste en général à remplir de la vapeur que l'on veut étudier un ballon d'une capacité connue, sous la pression de l'atmosphère et à une température déterminée, nécessairement supérieure au point d'ébullition du corps et à en prendre le poids. On parvient à réaliser ces conditions en plaçant dans un ballon à col effilé un excès de la matière et élevant la température à un degré convenable; lorsqu'on veut mettre fin à l'expérience, on ferme le bec du ballon au moyen du chalumeau. On observe la température du ballon et la pression atmosphérique; puis on détermine le poids de la matière restant dans le vase et le poids de ce dernier. Ces données suffisent pour arriver au résultat. On chauffe le ballon dans un bain d'eau bouillante, d'acide sulfurique plus ou moins concentré, ou bien enfin dans un bain d'alliage fusible de d'Arcet.

Voici le tableau des densités que j'ai observées directement; j'ai cru pouvoir y joindre celles que j'en ai déduites pour quelques corps simples, mais sans y attacher d'importance.

Table de la densité des vapeurs et des gaz examinés dans ce mémoire, et poids du litre à 0° et à 0<sup>m</sup>.76.

NOM DU CORPS.	Densité observée.	Densité calculée.	Poids du litre observé.
Vapeur d'iode.....	8,716	8,6118	11,3230
Vapeur de mercure.....	6,976	6,9783	9,0625
Protochlorure de phosphore...	4,875	4,8076	6,3532
Hydrogène arséniqué.....	2,695	2,6950	3,5023
Protochlorure d'arsenic.....	6,3006	6,2969	8,1852
Chlorure de silicium.....	5,9390	5,9599	7,7154
Acide fluorique silicé.....	3,600	3,5973	.....
Chlorure de bore.....	3,942	4,0793	5,1212
Acide fluo-borique.....	2,3124	2,3075	.....
Perchlorure d'étain.....	9,1997	8,1993	11,9514
Perchlorure de titane.....	6,836	7,047	8,881
Vapeur de phosphore.....	.....	2,2052	.....
— d'arsenic.....	.....	5,1839	.....
— de silicium.....	.....	1,0197	.....
— de bore.....	.....	0,7487	.....
— d'étain.....	.....	4,053	.....
— de titane.....	.....	2,107	.....

J'ai pris la densité de la vapeur du mercure directement.

J'ai déduit celle de la vapeur du phosphore, de la densité du gaz hydrogène protophosphoré, en considérant ce gaz comme composé de 3 vol. hydrog. et 1 vol. vapeur de phosphore condensés en deux, et de la densité du protochlorure, qui est formé de 3 volumes de chlore et de 1 volume de vapeur de phosphore condensés en deux.

La chaux et la baryte caustiques chauffées au rouge absorbent facilement le phosphore en va<sup>2</sup> peu.

Le phosphore de chaux est couleur d'héma-

Mercure.

Hydrogène  
proto-phos-  
phoré.  
Protochlorure de  
phosphore.  
Phosphore.

Phosphore  
de chaux.

tite claire, sans éclat métallique; il est composé de :

Phosphore... 0,3635—3695—1 at.—0,5542  
 Chaux..... 0,6365—6305—1 at.—0,6458

Phosphure  
de baryte.

Le phosphure de baryte est d'un noir bleuâtre, ayant un éclat métallique très-prononcé. Il contient :

Phosphore... 0,2596—12 at.  
 Baryte..... 0,7404— 7 at.

La complication de cette formule porte à croire que ces phosphures ne sont pas à bases d'oxide, mais à bases métalliques et mélangés de phosphates : dans ce cas, on a

Pour le phosphure de chaux.  $\left\{ \begin{matrix} 7\ddot{\text{Ca}} \\ \text{P} \end{matrix} \right\} = 2\ddot{\text{Ca}} \ddot{\text{P}} + 5\text{CaP}$ .

Pour le phosphure de baryte.  $\left\{ \begin{matrix} 7\ddot{\text{Ba}} \\ 12\text{P} \end{matrix} \right\} = 2\ddot{\text{Ba}} \ddot{\text{P}} + 5\text{BaP}_2$ ,

et en effet lorsqu'on fait passer du chlore sur ces phosphures suffisamment échauffés, ils se décomposent avec formation de chlorure de phosphore, et le résidu renferme du chlorure métallique et du phosphate d'oxide dans les rapports que le calcul indique.

Hydrogène  
arséniqué.

J'ai préparé le gaz hydrogène arséniqué par le procédé ordinaire, c'est-à-dire au moyen de l'arséniure d'étain et de l'oxide hydrochlorique : ce gaz est toujours mélangé d'une grande quantité d'hydrogène pur, mais dont on détermine facilement la proportion à l'aide d'une solution de sulfate de cuivre, qui ne tarde pas à absorber le gaz arséniqué. On ne peut pas analyser ce gaz par les chlorures de mercure, parce qu'il se forme toujours de l'hydrate d'arsenic; mais on réussit

très-bien avec l'étain fondu : il contient 1 volume et demi d'hydrogène. Lorsqu'on le fait détoner avec l'oxigène, il en absorbe 1 volume et demi, et le produit de la combustion est de l'eau et de l'acide arsénieux. D'après ces résultats et la densité du gaz arséniqué, si l'on admet que sa formule soit  $\text{AsH}^6$ , le poids de l'atome d'arsenic serait de 940,24; mais alors il faut regarder le gaz comme formé de 1 vol. arsenic et 6 volumes hydrog. condensés en 4 : il paraît plus simple de prendre pour formule  $\text{AsH}^3$  : alors le poids de l'atome d'arsenic est 470,12, et le gaz est composé, comme l'hydrogène protophosphoré, de 1 volume arsenic et 3 volumes hydrogène condensés en 2.

Lorsqu'on fait passer du chlore sec sur de l'arsenic réduit en poudre, on obtient aisément, sur-tout à l'aide d'une légère chaleur, le chlorure liquide, qui correspond à l'acide arsénieux; mais il paraît que quand il y a excès de chlore il se forme un peu de perchlorure : on détruit ce dernier en distillant le protochlorure avec de l'arsenic.

Chlorure  
d'arsenic.

On prépare encore plus commodément le protochlorure en décomposant l'acide arsénieux par l'acide hydrochlorique. On place dans une cornue tubulée 30 à 40 grammes d'acide arsénieux avec 300 ou 400 grammes d'acide sulfurique concentré; on chauffe à  $100^\circ$ , puis on projette peu à peu, par la tubulure, des fragmens de sel marin fondu. Vers la fin, il passe souvent de l'hydrate de protochlorure, qui nage sur le chlorure anhydre : on purifie celui-ci en le distillant sur de l'acide sulfurique concentré en quantité convenable.

Le protochlorure est liquide, blanc, transparent, légèrement fumant à l'air; il bout à 132° cent. L'eau le décompose en acide hydrochlorique et acide arsénieux; il est décomposé à froid par le mercure; il paraît être formé de 3 volumes chlore et 1 volume vapeur d'arsenic condensés en 2.

Chlorure de silicium.

J'ai préparé le chlorure de silicium par le procédé de M. OErstedt, et j'en ai enlevé l'excès de chlore qu'il pouvait contenir, en l'agitant avec du mercure. Il a la transparence et la fluidité de l'éther sulfurique; il bout bien au-dessous de 100° cent. En le supposant composé de 2 vol. chlore et 1 volume silicium, unis sans condensation, on trouve que la densité de la valeur de silicium est de 1,0197, et que le poids de l'atome de ce corps est de 92,5, le tiers du nombre adopté par M. Berzelius: alors on ne devrait admettre qu'un atome d'oxygène dans la silice.

Fluorure de silicium.

Lorsqu'on fait passer sur de la baryte chauffée du gaz acide fluorique silicé sec, il y a une absorption vive accompagnée d'une ignition, qui suffit pour fritter la masse, et sans dégagement d'aucun gaz. D'après l'augmentation de poids, on trouve que le composé doit contenir :

Baryte. . . . .	0,8544—	1 at.
Acide fluorique silicé. . . . .	0,1456—	1 at. silice.
		2 at. fluor.

Il suit de là que le gaz fluorique silicé est formé de 2 volumes fluor et 1 volume silicium unis sans condensation, et que la densité du gaz est 3,5975; ce que confirme l'expérience directe, qui m'a donné 3,600.

Le fluaté de chaux, en le considérant comme fluorure de calcium, doit contenir, d'après les expériences de MM. Davy et Berzelius,

Calcium. . . . .	0,5227	— 1 at.
Fluor. . . . .	0,4773	— 4 at.

Il s'ensuit que le poids de l'atome du fluor est 118,89 et la densité de sa vapeur 1,2888.

Dans cette manière de voir, l'acide fluo-silicique aqueux est un hydro-fluaté de fluorure de silicium, dont la formule est  $Fl\ H + Si\ Fl^2$  et les fluates doubles de silice sont des fluorures doubles, dans lesquels le fluorure de silicium contient deux fois plus de fluor que l'autre fluorure.

En faisant passer du chlore sec dans un mélange incandescent de charbon et d'acide borique, on obtient du chlorure de bore (1); mais il est très-difficile de l'avoir pur, parce que les lutes et les bouchons en décomposent une partie, qui se transforme en acide borique et en acide hydro-chlorique. Il se produit toujours 2 volum. d'oxide de carbone pour 3 vol. de chlorure de bore; la densité du chlorure pur est de 3,942. D'après la proportion d'oxide de carbone qui se dégage dans la préparation du chlorure de bore, on trouve que ce chlorure, en se décomposant par l'eau, doit fournir trois fois son volume d'acide hydro-chlorique: d'où il suit qu'il est formé de 3 volumes chlore et 1 volume bore condensés en 2, et que l'acide borique est formé de 2 volumes bore et 3 volumes oxygène.

Chlorure de bore.

(1) M. Despretz avait déjà préparé ce composé, il y a trois ans, soit par ce procédé, soit en faisant passer du chlore sur du borure de fer. M. Berzelius l'a obtenu en soumettant le bore à l'action du gaz sec.

Acide fluo-  
borique.

D'après la densité de l'acide fluo-borique et le fait connu que l'acide borique et l'acide hydrofluorique se transforment en eau et en acide fluo-borique, on est conduit à admettre que cet acide est formé, comme le chlorure, de 3 volumes fluor et 1 volume bore condensés en 2.

Perchlorure  
d'étain.

Le perchlorure d'étain (liqueur de Libavius) bout à  $120^{\circ}$  c. Il est ramené à l'état de perchlorure par le mercure; mais sa décomposition est très-lente. D'après la densité de sa vapeur, et en la supposant formée de 2 volumes chlore et 1 volume vapeur d'étain, unis sans condensation, on est conduit à admettre que le peroxide d'étain est composé de 1 atome de métal et 1 atome d'oxigène.

Chlorure de  
titane.

En faisant passer du chlore sec sur de l'oxide de titane natif pulvérisé et mêlé d'un quart à un tiers de charbon sec, et chauffant au rouge, on obtient du chlorure de titane et du chlorure de fer; mais ce dernier se condense à l'état solide, et peut sans difficulté être séparé du chlorure de titane qui est liquide: celui-ci est ordinairement jaune, parce qu'il tient du chlore en dissolution; on le purifie aisément en l'agitant avec du mercure et en le distillant deux ou trois fois sur une petite quantité de ce métal: il est alors parfaitement blanc, et il ne blanchit pas le papier de tournesol. Il bout à  $135^{\circ}$  c.; il est plus pesant que l'eau. En lui supposant une composition analogue à celle de la liqueur de Libavius, il serait formé de 2 volumes chlore et 1 volume de titane unis sans condensation; le poids de l'atome de titane serait de 189,60, et l'acide titanique contiendrait 1 atome de titane et 1 atome d'oxigène. M. Rose a trouvé pour le poids de l'atome de ti-

tane 778,2, dont le quart est 1,945, et diffère notablement de celui auquel je suis arrivé.

25. *Recherches chimiques sur l'AMIDON*; par M. J.-B. Caventou. (An. de Ch., t. 31, p. 337.)

L'amidon est insoluble dans l'eau froide; elle forme, avec l'eau bouillante, ce qu'on appelle l'empois. Je distingue deux espèces d'empois: 1<sup>o</sup>. celui au minimum d'amidon, qui est tout-à-fait transparent, et entièrement soluble dans l'eau froide; 2<sup>o</sup>. et celui au maximum d'amidon, qui est presque opaque, parce qu'il contient de l'amidon en suspension. L'amidon, rendu soluble dans l'eau froide, est modifié dans ses propriétés; c'est l'*amidine* de M. de Saussure: il a pour caractères sa solubilité dans l'eau froide, et la propriété d'acquérir une couleur bleue par l'iode.

Si l'on fait bouillir long-temps une dissolution d'amidon, elle prend avec l'iode une couleur purpurine. On peut amener immédiatement l'amidon au même état, soit par une torréfaction assez forte, soit en la faisant chauffer avec de l'acide sulfurique étendu de douze fois son poids d'eau.

Si l'on abandonne de l'empois à lui-même, pendant quelques semaines, dans les chaleurs de l'été, il devient aigre; si ensuite on l'étend d'eau, et qu'on filtre, on remarque que la liqueur se colore en pourpre par l'iode, et qu'au contraire la partie insoluble prend la couleur bleue.

26. *Analyse d'un composé cristallin d'acide hypo-nitreux et d'acide sulfurique*; par M. W. Henry. (An. of Phil., 1826, p. 368.)

Dans une fabrique d'acide sulfurique de Manchester, pendant un temps froid, un tuyau qui sert à renouveler l'air dans les chambres s'est trouvé engorgé par une substance blanche cristalline tout-à-fait semblable au borax : conservée dans un lieu chaud, cette substance se ramollit et se résout en liqueur. Sa saveur est très-acide; lorsqu'on l'arrose d'eau, il se produit beaucoup de chaleur, et il se dégage du deutoxide d'azote pur : elle est composée de

Acide sulfurique réel.	0,68000	} 1,00000,
Gaz nitreux . . . . .	0,05273	
Acide nitreux . . . . .	0,07800	
Eau . . . . .	0,18927	

ou Acide sulfurique réel. . 0,7067 — 5 atomes,  
Acide pernitreux. . . . . 0,1342 — 1 atome,  
Eau . . . . . 0,1591 — 5 atomes.

Cette substance est probablement identique avec celle que MM. Clément et Désormes ont obtenue en mêlant, dans un ballon, de l'acide sulfureux, du gaz nitreux, de l'air et de la vapeur d'eau, et à celle que M. Gay-Lussac a formée en combinant de l'acide sulfurique avec le produit de la distillation du nitrate de plomb, c'est-à-dire avec de l'acide hypo-nitreux.

27. *Sur l'action mutuelle de l'acide sulfurique et de la NAPHTALINE*; par M. Faraday. (Trans. phil., 1826, p. 1.)

Lorsque l'acide sulfurique concentré et la naphthaline sont mis en contact à une température ordinaire ou médiocrement élevée, il se produit un

composé particulier de l'acide avec les éléments de la naphthaline, composé qui possède lui-même les qualités acides. Ce nouvel acide, que j'appellerai *sulfo-naphtalique*, a une saveur amère, accompagnée d'un arrière-goût métallique; il est facilement soluble dans l'eau : en évaporant ses solutions à une douce chaleur, ou dans le vide au contact de l'acide sulfurique, il se prend en une masse solide, blanche, cassante et douce au toucher, déliquescente, qui est un hydrate; il dissout le fer et le zinc avec dégagement d'hydrogène. Lorsqu'on chauffe cet hydrate à une douce chaleur, il se fond; chauffé plus fortement, il perd son eau et devient légèrement rouge; enfin, au rouge naissant, il se décompose avec dégagement de naphthaline et d'acide sulfureux, et il reste du charbon.

L'acide sulfo-naphtalique se dissout dans la naphthaline, l'huile de térébenthine et l'huile d'olive : il forme avec les bases des sels neutres, tous solubles dans l'eau et la plupart solubles dans l'alcool, tous combustibles et déposant dans la combustion des sulfates ou des sulfures, selon les circonstances.

Pour obtenir le nouvel acide à l'état de pureté, on sursature de l'acide sulfurique concentré avec de la naphthaline, on verse le mélange dans un tube, et on le laisse en repos à une température capable de le tenir en fusion; il se partage en deux liquides : l'un supérieur, rouge et transparent, qui est une solution d'une petite quantité du nouvel acide dans la naphthaline; l'autre inférieur, d'un rouge beaucoup plus foncé et presque opaque, qui est un mélange du nouvel acide, de naphthaline et d'acide sulfurique. On ajoute à cet

acide impur une assez grande quantité d'eau chaude, qui en sépare la naphthaline, puis on l'agite avec du carbonate de baryte en poudre jusqu'à saturation complète; le sulfo-naphthalate de baryte reste en solution, et le résidu contient du carbonate et du sulfate de baryte avec une petite quantité d'un autre sulfo-naphthalate de baryte, qui est peu soluble; enfin, on décompose le sulfo-naphthalate de baryte par l'acide sulfurique.

J'ai analysé le sel de baryte de la manière suivante: 1°. j'ai dosé la baryte en grillant le sel dans un creuset de platine, et traitant le résidu par l'acide sulfurique; 2°. j'ai dosé l'acide sulfurique en décomposant par le deutocide de cuivre une portion du sel mêlée avec du carbonate de baryte; 3°. enfin, pour avoir le carbone et l'hydrogène, j'ai traité une autre portion du sel par le deutocide de cuivre, à la manière des substances végétales. J'ai eu pour résultat:

Baryte.....	0,2757—	78,	—	1 at.—	78
Acide sulfurique . .	0,3017—	85,35—	2 at.—	80	
Carbone.....	0,4130—	118,55—	20 at.—	120	
Hydrogène . . . . .	0,0277—	8,13—	8 at.—	8	

Il résulte de là que l'acide sulfo-naphthalique est composé de 2 atomes d'acide sulfurique, 20 de carbone et 8 d'hydrogène, et que, dans les sulfo-naphthalates, la moitié de l'acide sulfurique présent est neutralisée par la naphthaline.

La naphthaline ne se combine ni avec l'acide phosphorique ni avec l'acide muriatique.

28. *Moyen de découvrir la présence de l'ACIDE BORIQUE dans les minéraux, à l'aide du chalumeau; par M. Ed. Turner. (J. d'Édimb.)*

Un grand nombre d'expériences que j'ai faites pour trouver un moyen de découvrir la présence de l'acide borique dans les minéraux par un essai au chalumeau m'a fait découvrir le procédé suivant, dont j'ai constaté l'efficacité en en faisant l'épreuve avec toutes les pierres dans lesquelles l'analyse chimique a constaté la présence de cet acide.

On fait un flux avec une partie de fluat de chaux et  $4\frac{1}{2}$  parties de bi-sulfate de potasse. On en mêle une certaine quantité avec le minéral pulvérisé (une à deux fois le poids du minéral); on humecte le mélange sur la paume de la main, et on en place une petite portion sur le fil de platine, puis on chauffe, au dard du chalumeau, dans la partie de la flamme située entre l'extrémité de la mèche et la pointe du cône bleu. Lorsque le minéral renferme de l'acide borique, la flamme se colore en un beau vert autour de la matière d'essai, quelques instans avant que la fusion s'opère; il est essentiel de remarquer que le colorateur disparaît aussitôt que la fusion a lieu, et qu'elle ne se reproduit plus.

Le fluat de chaux, le bi-sulfate de potasse, le bi-fluat de potasse, isolément; le fluat de chaux et le sulfate d'ammoniaque; l'acide sulfurique, ne présentent pas le même phénomène avec les minéraux qui renferment l'acide borique. Il est probable qu'avec le mélange de fluat de chaux et de bi-sulfate de potasse il se forme de l'acide fluoborique.

J'ai essayé, par le procédé que je viens d'indiquer, un grand nombre de minéraux, et j'ai reconnu que toutes les tourmalines, l'axinite et la colophonite de Norwège contiennent de l'acide borique.

29. *Sur la cause qui tient la SILICE en dissolution dans les eaux minérales.* (Arc. mét.)

Lorsqu'on neutralise exactement par un acide quelconque la *liqueur des cailloux*, quelque-tendue qu'elle soit, toute la silice s'en sépare à l'état gélatineux; mais si l'on ajoute un excès d'acide, la liqueur reste limpide, pourvu qu'elle contienne au moins trente fois autant d'eau que de silice. Ce résultat prouve évidemment que ce n'est pas l'eau, mais l'acide, qui tient la silice en dissolution. Quand la liqueur est chaude et que l'acide que l'on ajoute forme avec l'alcali un sel plus soluble à chaud qu'à froid, le sel cristallise à mesure que la liqueur se refroidit, sans entraîner la moindre trace de silice.

Comme des acides très-faibles, tels que l'acide acétique, peuvent dissoudre la silice, il était à présumer que l'acide carbonique jouirait également de cette propriété. Effectivement j'ai reconnu que si après avoir sursaturé la liqueur des cailloux par l'acide muriatique, on la neutralisait par le carbonate d'ammoniaque, il ne se formait aucun précipité; mais qu'en laissant la dissolution exposée à l'air, la silice se déposait à mesure que l'acide carbonique se dégagait.

Ces considérations prouvent que c'est à la faveur de l'acide carbonique que la silice est tenue en dissolution dans les eaux minérales, et particulièrement dans les eaux thermales.

30. *Théorie nouvelle de la NITRIFICATION*; par M. Longchamp. (Brochure, 1826.)

Depuis Glauber, on paraît croire généralement que le salpêtre ne se forme que par la décomposition des matières animales et végétales. On lit dans l'*Instruction sur la fabrication du salpêtre*, publiée en 1820 par le comité consultatif des poudres, « que des matériaux propres à la nitrification ne se salpêtrent jamais à l'air sans le concours d'une matière animale, et que tout l'azote nécessaire à la formation de l'acide nitrique est fourni par les substances animales. »

Cette opinion me semble erronée, et je pense au contraire, d'après mes propres observations et d'après les faits consignés dans les mémoires qui ont été soumis en 1775 à l'Académie des Sciences, à l'occasion du concours ouvert sur la question de savoir comment on peut opérer la formation de l'acide nitrique dans les nitrières artificielles:

1<sup>o</sup>. Que les nitrates se trouvent et se forment dans des matériaux ou dans des lieux qui ne contiennent ni matières végétales ni matières animales, et qui n'ont jamais été soumis aux émanations des animaux;

2<sup>o</sup>. Que l'acide nitrique se forme en plein air dans des matériaux qui ne contiennent aucun vestige de matières animales ou végétales;

Et 3<sup>o</sup>. Que l'acide nitrique est formé exclusivement par les élémens de l'atmosphère.

Tout le monde est d'accord qu'il ne se forme d'acide nitrique dans les lieux abrités que lorsqu'il y règne une certaine humidité et que l'air circule dans toutes les parties. Cette formation n'a lieu, dans les circonstances mentionnées, que lorsqu'il y a présence de pierres poreuses ou de

terres légères, les unes et les autres contenant de la craie.

Voici, d'après ces données, comment je conçois le phénomène de la nitrification :

Le tufeau, la craie, les matériaux nitrifiables, agissent dans la nitrification comme absorbans de l'eau et de l'air, et comme présentant une base qui sollicite la formation de l'acide nitrique, et l'eau agit comme absorbant de l'oxigène et de l'azote et commençant la combinaison de ces gaz. En effet, on sait que l'eau contient toujours de l'air, et que l'air dissous dans l'eau renferme plus d'oxigène que l'air atmosphérique; les deux gaz ainsi condensés sont probablement dans un état de combinaison plus intime que dans l'atmosphère, et l'on conçoit que si une force quelconque vient se joindre à celle de l'eau, il peut en résulter formation d'acide nitrique: or, cette force se trouve dans l'action de la chaux. Les courans d'air, que l'on sait être nécessaires à la nitrification, agissent de deux manières: d'abord en renouvelant l'air, qui, dans son appauvrissement d'oxigène, ne peut plus servir à la nitrification; et, en second lieu, en desséchant, dans les temps secs, les matériaux nitrifiables, et en leur portant une humidité fortement chargée d'oxigène lorsque l'atmosphère est humide (1).

Seguin avait déjà avancé en 1792 que « les gaz

(1) Si l'on regarde comme constant que la présence des matières animales n'est point nécessaire à la formation de l'acide nitrique, ne paraîtrait-il pas naturel d'attribuer la production de cet acide à la faculté qu'ont les corps poreux de condenser les substances gazeuses, et par conséquent l'oxigène et l'azote, entre leurs molécules, faculté qui est indépendante de la présence de l'eau, et qu'on sait aujourd'hui être assez puissante pour déterminer la combinaison des gaz entre eux.

azote et oxigène mêlés ensemble dans des proportions convenables sur de la potasse caustique, s'y combinent au bout de bien du temps, et forment du nitrate de potasse sans le concours de l'étincelle électrique. »

Proust partageait ma manière de voir relativement à la nitrification; car, en 1823, il m'écrivait: « Que n'alliez-vous en Espagne avec nos armées, vous eussiez vu la confirmation de vos idées à Madrid, à Sarragosse, etc., et par toutes les provinces où l'on fait du salpêtre. L'atmosphère fait sous ce ciel tous les frais de l'acide et de la base. »

Enfin l'on doit se rappeler que M. John Davy a dit, à l'occasion des nitrières de Ceylan: « Le carbonate de chaux, en exerçant sur l'oxigène et l'azote de l'atmosphère une action particulière dont jusqu'ici on n'a pas du tout compris la nature, donne naissance à l'acide nitrique. »

Si l'on adopte ma théorie de la nitrification, on jugera sans doute indispensable de modifier la disposition des nitrières artificielles. Voici de quelle manière il conviendrait de les établir.

On choisirait au milieu d'une forêt un emplacement vague, assez grand pour y trouver un carré de 2 à 300 mètres de côté, un sol sec, un peu élevé, pour être parfaitement à l'abri de l'écoulement des eaux. Au milieu du carré, on éta-

d'hui être assez puissante pour déterminer la combinaison des gaz entre eux.

Tout en admettant que des matières animales ne sont pas indispensables à la putréfaction, n'est-il pas possible que la présence de ces matières accélère et augmente la formation de l'acide nitrique? P. B.

blirait un bâtiment de graduation, et à côté de ce bâtiment on construirait celui dans lequel seraient placées les chaudières pour l'évaporation des eaux; les quatre côtés des murs seraient flanqués de hangars nitriens : le lessivage se ferait sur place, et toutes les eaux seraient amenées par des conduites au bâtiment de graduation.

Les hangars auraient 40<sup>m</sup>. de long sur 8 à 10 de large; ils seraient fermés, sur les quatre côtés, par un mur en pisé, et recouverts de chaux; à chacun des deux bouts, il y aurait une porte-charretière, et, sur les deux côtés, il y aurait, de 8<sup>m</sup>. en 8<sup>m</sup>., un châssis de croisée.

La terre nitrière serait un mélange de terre des champs, de sable et de  $\frac{1}{10}$  de craie pulvérisée. Dans les temps humides, on laisserait les fenêtres ouvertes nuit et jour, et, dans les temps secs, on les ouvrirait seulement le matin pendant quelques heures.

On commencerait le lessivage des terres au bout de trois ou quatre ans. Avant d'y procéder, on arroserait convenablement si le sol n'était pas bien humide, et on laisserait toutes les fenêtres du hangar ouvertes, afin que le hâle desséchât le sol et amenât tous les sels nitriques à la surface. On enlèverait alors toute la partie de cette surface que le salpêtrier jugerait bonne, probablement 6 pouces à 1 pied.

31. *Sur la manière d'agir des CHLORURES ALCA-  
LINS comme corps désinfectans*; par M. Gaultier de Claubry. (An. de Ch., t. 33, p. 271.)

Le chlorure de chaux et le chlorure de soude en dissolution sont complètement décomposés

par un courant de gaz acide carbonique : tout le chlore se dégage, et il ne se forme pas du tout d'hydrochlorate.

L'air atmosphérique ne décompose les chlorures que parce qu'il renferme de l'acide carbonique.

Quand on emploie les chlorures comme désinfectans, l'acide carbonique contenu dans l'air décompose le chlorure, et le chlore, devenu libre, réagit comme s'il eût été employé directement.

De l'air a été insufflé dans du sang en putréfaction; on l'a fait passer ensuite à travers une dissolution de chlorure de chaux, et il en est sorti sans odeur et complètement purifié.

La même opération a été recommencée en faisant passer l'air dans une dissolution saturée de potasse, avant de lui faire traverser le chlorure, et il en est sorti avec une odeur très-fétide.

52. CARBO-PHOSPHATE DE SOUDE; par M. Thomson. (An. of Phil., 1825, p. 331.)

Dans une fabrique de bleu de Prusse à Glasgow, on obtient souvent, dans les lessives de prussiate de potasse, un sel blanc aiguillé, que le docteur Thomson a reconnu être un sel double composé de :

Acide phosphorique.	0,1413	} 1,0000 ;
Acide carbonique . . .	0,0256	
Soude . . . . .	0,2035	
Eau . . . . .	0,6296	

ce qui suppose 4 atomes de phosphate de soude, 1 atome de carbonate de soude et 55 d'eau.

Ce sel cristallise en prismes hexaèdres réguliers : sa saveur est fraîche et alcaline; il ne s'al-

tère pas à l'air. On parvient à le décomposer et à en séparer les deux sels élémentaires par des dissolutions et des cristallisations répétées.

33. *Moyen de découvrir l'existence de la LITHINE dans les minéraux, à l'aide du chalumeau; par M. Ed. Turner. (J. phil. d'Édimbourg.)*

Il y a des substances qui peuvent colorer la flamme sans perdre l'état solide (le carbonate de cuivre, le carbonate de strontiane, etc.); mais généralement la coloration est beaucoup plus intense lorsqu'il y a fusion. La fusion n'est pas la seule condition nécessaire pour que la coloration acquière le maximum d'intensité; il faut encore que la substance soit amenée à un état particulier par l'addition de certains flux.

Des essais multipliés m'ont appris que les minéraux qui renferment de la lithine colorent la flamme en rouge: lorsqu'on les fond au chalumeau, sur le fil de platine, après les avoir mêlés avec du fluaté de chaux, du bi-fluaté de potasse, ou avec un mélange d'une partie de fluaté de chaux et de  $4\frac{1}{2}$  parties de bi-sulfate de potasse, ce dernier flux donne une couleur beaucoup plus vive que les deux premiers.

La potasse communiquée à la flamme une légère couleur lilas, qui ne peut pas être confondue avec la couleur rouge due à la lithine; cependant, si l'on craignait d'être induit en erreur, on pourrait employer un flux composé de parties égales de fluaté de chaux et de sulfate d'ammoniac, flux qui produit le même effet que le mélange de fluaté de chaux et de bi-sulfate de potasse, et qui, par lui-même, ne donne à la

flamme qu'une teinte bleu-vert pâle, comme tous les sels d'ammoniac.

Les sels de strontiane et de chaux colorent la flamme en rouge, comme la lithine; mais la manière dont ils se comportent au chalumeau les distingue suffisamment. D'abord la flamme jaunît, puis le sel devient phosphorescent, et ce n'est que quelque temps après que la couleur rouge se manifeste. D'ailleurs, les silicates qui contiennent de la chaux ne produisent pas cette couleur, et il est très-probable qu'il en serait de même de ceux qui contiendraient de la strontiane.

Il serait à désirer que l'on eût un bon moyen de reconnaître la présence de la soude par un essai au chalumeau. On sait que cet alcali élargit la flamme et la colore en jaune; mais malheureusement cette même couleur est produite par d'autres substances, telles que le fluaté de chaux et la chaux elle-même dans certaines circonstances.

Toutes les expériences sur la coloration de la flamme se font mieux au feu d'une chandelle qu'à la lampe.

34. *Procédé pour reconnaître de très-petites quantités de PHOSPHATE DE CHAUX; par MM. Vauquelin et Thénard. (J. de Ch. méd., 1825, p. 17.)*

On prend un tube de verre de 3 à 4 millimètres de diamètre, long de 4 centimètres, et fermé par un bout; on y introduit 1 centimètre de potassium, qu'on étale bien, et par-dessus une très-petite quantité de la matière à essayer; puis on y introduit un peu d'eau acidulée. Si la matière contient du phosphate de chaux, il se dégage de l'hydrogène phosphoré. La présence

d'un  $\frac{1}{2}$  milligramme de phosphate de chaux est rendue très-sensible par ce moyen.

35. *Préparation de l'ALUMINIUM*; par M. Oerstedt, 1825. (Bul. des Sc. phys. de M. de Férussac, t. 5, p. 275.)

Si l'on fait passer du chlore sec sur un mélange d'alumine pure et de charbon, placé dans un tube de porcelaine chauffé à l'incandescence, il se dégage de l'acide carbonique, du chlore en excès et du chlorure d'aluminium, et si l'on refroidit convenablement le récipient, le chlorure se condense à l'état liquide.

Le chlorure d'aluminium est volatil à une chaleur qui ne surpasse pas beaucoup celle de l'eau bouillante : il cristallise, il absorbe l'eau avec une grande avidité et s'y dissout en produisant beaucoup de chaleur. En le chauffant rapidement avec un amalgame de potassium, il y a double décomposition, et l'on obtient, par la distillation, sans le contact de l'air, une masse métallique qui a l'aspect de l'étain, et qui probablement est de l'aluminium.

On peut obtenir du chlorure de silicium par le même procédé : ce dernier est encore plus volatil que le chlorure d'aluminium ; il bout à 50° cent. ; il est liquide, incolore ; sa densité est de 1,5.

On produit en même temps les deux chlorures lorsqu'on fait passer un courant de chlore sur un mélange incandescent d'argile pure et de charbon.

36. *Sur les ALUMINATES*; par M. Unverdorben. (An. der Phys., 1826, p. 323.)

Lorsqu'on fait bouillir de la potasse caustique avec de l'alumine, elle s'en sature à-peu-près. S'il reste un peu de potasse libre, on l'enlève en l'évaporant à sec, et traitant le résidu par l'alcool.

L'aluminate de potasse ainsi préparé contient :

Potasse... 0,4787  
Alumine... 0,5213;

c'est le sel neutre  $\text{K} \ddot{\text{A}}\text{l}^{\text{p}}$ .

On obtient des sels analogues de baryte et de chaux, mais qui sont insolubles dans l'eau, en précipitant les sels de ces bases par l'aluminate de potasse ; ils contiennent :

L'aluminate de baryte,

Baryte... 0,5983  
Alumine... 0,4017;

L'aluminate de chaux :

Chaux... 0,3566  
Alumine... 0,6434.

Si, pour précipiter les sels de baryte et de chaux, on ajoute de la potasse caustique à l'aluminate neutre, il se forme des sous-aluminates de ces terres, qui renferment deux fois autant de base que les aluminates neutres.

37. *Sur le FLUORURE DE CHRÔME*; par M. Unverdorben. (An. der Phys., 1826, p. 316.)

En distillant dans une cornue de plomb un mélange d'une partie de spath-fluor, une partie de chromate de plomb et 3 parties d'acide sulfurique fumant, on obtient un gaz composé de fluor et de chrôme, et que l'on peut recueillir sur

le mercure, dans des vases de platine. Ce gaz ne se liquéfie pas à 0°; l'eau le décompose en acide fluorique et en acide chromique, et quand le liquide n'est employé qu'en petite quantité, l'acide chromique se sépare à l'état anhydre et sous forme de petits cristaux. Le gaz forme, avec l'ammoniaque sèche, un composé jaune, pulvérulent et volatil.

Pour analyser le fluorure de chrome, je l'ai recueilli dans de l'eau tenant de la silice en suspension; j'ai évaporé à sec, et j'ai reçu le gaz fluo-silicique qui s'est dégagé dans une dissolution de muriate de chaux mêlée d'ammoniaque; enfin j'ai dosé le chrome en le transformant en protoxide: d'après le résultat que j'ai obtenu, le composé doit contenir:

Chrome 0,334	} Ch F <sup>6</sup>	Acide chromique. 0,6187	} Ch F <sup>3</sup> .
Fluor. . 0,666			

L'acide chromique anhydre, chauffé à une température ménagée, se fond en un liquide rouge brun: une chaleur plus élevée le transforme en protoxide avec dégagement d'oxygène. Cet acide absorbe le gaz ammoniac avec production d'une vive lumière, et presque aussitôt il se décompose avec formation d'eau et d'azote.

Les acides tungstique et molybdique et les oxides d'antimoine, d'étain et de titane ne donnent pas de fluorure avec le spath-fluor et l'acide sulfurique. Avec l'oxide de titane, lorsqu'on opère dans une cornue de verre, il se dégage une vapeur, qui paraît être un composé de fluorure de silicium et de fluorure de titane.

38. *Sur le FLUORURE et le CHLORURE DE CHROME;*  
par M. Berzelius. (Compte rendu, 1826.)

On peut obtenir le fluorure de chrome avec l'acide sulfurique ordinaire concentré. Le gaz n'attaque pas le mercure; je l'ai recueilli dans des vases de verre enduits de résine; on peut l'y conserver pendant plusieurs heures.

En substituant le chlorure de sodium au spath-fluor, on obtient un gaz rouge semblable au fluorure de chrome, et qui peut être recueilli sur le mercure. Il est soluble dans l'eau; mais quand on évapore la dissolution, même à une température très-faible, il se dégage du chlore, et il se forme un chlorure vert. Quand on emploie l'acide sulfurique hydreux, le gaz est toujours mêlé d'acide muriatique.

Lorsqu'on fait passer du chlore sur du chlorure de chrome ordinaire ou sur du chrome métallique, il se dégage du chlorure de chrome gazeux et mêlé de chlore, et il reste une masse rouge peu ou point volatile.

39. *Sur le CHLORURE DE CHROME;* par M. Dumas.  
(Bull. phil., 1826, p. 72.)

Le chlorure de chrome, tel qu'on l'obtient par le procédé de M. Unverdorben, est un liquide d'une magnifique couleur rouge de sang, plus pesant que l'eau, très-volatil, fumant à l'air, d'une couleur analogue à celle de l'acide nitreux lorsqu'il est en vapeurs. Il attaque vivement le mercure; il agit sur le soufre avec énergie, en produisant un sifflement et en donnant naissance à du chlorure de soufre; avec le phosphore, il détonne, et l'action est accompagnée de chaleur et

de lumière. Il paraît être sans action sur le charbon, mais il dissout l'iode; il absorbe aussi le chlore, et devient alors pâteux et presque solide. Cette nouvelle matière est brune: elle perd son excès de chlore en se dissolvant dans l'eau, et l'action s'opère avec décrépitation; elle répand dans l'air d'épaisses fumées rutilantes, dont l'odeur a quelque chose de particulier, qui se rapproche beaucoup de l'odeur de l'iode. Dans l'expérience de M. Unverdorben, il se dégage à-la-fois la nouvelle matière rouge en vapeurs, du chlore et de l'acide hydrochlorique; en faisant passer les produits au travers d'un tube refroidi, le chlorure de chrome se condense tout entier.

40. *Sur les SULFO-SELS DE MOLYBDÈNE*; par M. J. Berzelius. (An. de Ch., t. 32, p. 393.)

Il y a trois combinaisons du soufre avec le molybdène: 1°. le *sulfure natif*; 2°. le *sulfide molybdique* et 3°. l'*hyposulfide molybdique*.

Lorsqu'on décompose une dissolution acide d'oxide molybdique par l'hydrogène sulfuré, la liqueur devient d'abord bleue, et ensuite il se dépose un mélange de soufre et de sulfure  $\text{MoS}^2$ ; mais si l'on fait passer de l'hydrogène sulfuré à travers une dissolution concentrée d'un molybdate alcalin, il se forme un sulfo-molybdate, dont les acides précipitent le *sulfide molybdique*  $\text{MoS}^3$ : pour l'avoir pur, il faut le faire digérer dans un excès d'acide. Desséché, il est pulvérulent, brun noirâtre; il ne se dissout bien dans les alcalis caustiques qu'à l'aide de l'ébullition. Les bases à soufre sont les substances qui le dissolvent le mieux; mais il ne se dissout pas dans les

Sulfide molybdique.

combinaisons des métaux alcalins avec quatre atomes de soufre.

Les *sulfo-molybdates*, préparés comme il vient d'être dit, sont d'un beau rouge lorsqu'ils sont purs; un excès de sulfide molybdique leur donne une teinte plus sombre. Ceux qui ont une base forte se décomposent en tout ou en partie par la calcination en sulfure gris de molybdène et en une combinaison du radical avec 4 atomes de soufre. Ceux qui ont une base faible laissent dégager du soufre et se transforment en un composé du sulfure qui formait la base du sel et du sulfure de molybdène  $\text{MoS}^2$ : exposés à l'air, ils se conservent assez bien en dissolution, s'ils contiennent 2 ou plusieurs atomes de sulfide molybdique pour chaque atome de base sulfurée; mais ils s'oxydent au contraire fort promptement quand ils contiennent un excès de base; il se forme à-la-fois un molybdate, un hyposulfite, et un sulfite avec un résidu consistant en sulfo-molybdate neutre. Les oxides aisés à réduire les décomposent de la même manière que les sulfarséniates.

*Sulfo-molybdate potassique.* Le meilleur procédé pour le préparer est le suivant: on mêle du carbonate de potasse avec un peu plus de soufre qu'il n'en faut pour le transformer en  $\text{KS}^2$ , et avec une certaine quantité de charbon en poudre pour empêcher la formation du sulfate; après quoi, on mélange cette masse saline avec un grand excès de molybdène sulfuré natif réduit en poudre. On introduit le tout dans un creuset de terre, que l'on chauffe en ménageant le feu dans le commencement. Lorsqu'on ne voit plus de soufre en combustion au bord du couvercle, on pousse le

Sulfo-molybdates.

Sel potassique.

feu jusqu'au rouge d'abord et ensuite jusqu'au blanc, et l'on soutient cette température tant que l'on ressent l'odeur de l'acide sulfureux. L'excès de soufre produit du sulfide molybdique, qui chasse de la combinaison alcaline 6 atomes de soufre. On lave la substance refroidie, elle est noire et poreuse, et l'on fait rapprocher la dissolution dans un vase étroit à la chaleur de 40°. Cette dissolution donne naissance à des cristaux de sulfo-molybdate d'un rouge foncé, ayant un éclat métallique d'un très-beau vert : c'est le plus beau sel que l'on connaisse ; il est anhydre ; sa dissolution dans l'eau est d'un beau rouge ; il est composé de

Sulfure de potassium . . . 0,3657 — 1 at.  
Sulfide molybdique . . . 0,6343 — 2 at.

Par la calcination, il s'en décompose plus de la moitié ; tandis que, quand il est mêlé avec un grand excès de sulfure de molybdène, il ne s'en décompose pas du tout.

**Sel sodique.** Le *sulfo-molybdate sodique* est plus soluble dans l'eau et dans l'alcool que le précédent ; on ne l'obtient que difficilement cristallisé sous des formes régulières. Il se décompose presque en totalité par la calcination ; aussi ne peut-on pas le préparer en chauffant ensemble du carbonate de soude, du soufre et du sulfure de molybdène.

**Sel lithique.** Le *sulfo-molybdate lithique* est très-soluble.

**Sel ammoniacal.** On obtient le *sulfo-molybdate ammoniacal*, soit en faisant passer de l'hydrogène sulfuré dans du molybdate d'ammoniaque, soit en dissolvant de l'acide molybdique dans le sulfo-hydrate d'ammoniaque, soit encore en versant du sulfo-hy-

drate d'ammoniaque sur du sulfide-molybdique récemment précipité ; l'alcool le sépare de sa dissolution aqueuse.

Le *sulfo-molybdate de barium* est en petits cristaux orangés : sa formule de composition est  $BS^2 + 6 MoS^3$ . **Sel de barium.**

Le *sulfo-molybdate calcique* a une composition analogue à celle du sel de baryte ; il cristallise en aiguilles transparentes d'un rouge cinabre. **Sel de chaux.**

Le *sulfo-molybdate magnésique* s'obtient en faisant bouillir du sulfide molybdique avec du sulphydrate magnésique : il se dépose par refroidissement sous forme d'une poudre brun foncé. **Sel de magnésie.**

Sont solubles dans l'eau les *sulfo-molybdates yttrique, glucinique, cérique, manganeseux, ferreux et aurique* ; sont insolubles les *sulfo-molybdates céreux, chromeux, ferrique, niccolique, cobaltique, de zinc, cadmique, plumbique, stanneux, stannique, cuprique, uranique, bismuthique, hydrargérique, hydrargérique, argentique et platinique*. **Autres sels.** Les sels de zircon et d'alumine donnent, avec les sulfo-molybdates alcalins, des précipités qui ont toute l'apparence du sulfide-molybdique mêlé avec la terre.

On obtient l'*hypersulfide molybdique* en saturant une dissolution d'hypersulfo-molybdate par l'acide muriatique. Le précipité est floconneux, translucide et d'un beau rouge foncé : desséché, il est d'un gris foncé métallique ; la poussière de ses grains est rouille foncée ; il retient opiniâtrément l'humidité ; la chaleur en dégage du soufre et le transforme en sulfure gris. **Hypersulfide molybdique.**

Je l'ai analysé en le dissolvant dans l'eau régale, précipitant l'acide sulfurique par le muriate de baryte, le molybdate de baryte par l'ammo-

niacque (j'ai reconnu que ce molybdate était le sel  $\text{Ba Mo}^3$ ), et enfin un reste de molybdène par le sulf-hydrate d'ammoniaque : j'ai eu 0,56 de baryte et 0,38 de molybdène; total, 0,94. Or, comme la proportion de l'eau ne peut pas être de 0,06, il en résulte qu'il y a eu une certaine quantité de molybdène perdue, ainsi que cela arrive dans l'analyse de toutes les substances qui renferment ce métal. Quoi qu'il en soit, il est évident que l'hypersulfide molybdique doit être composé de

Molybdène. . . 0,4258 — 1 at.  
Soufre. . . . . 0,5742 — 4 at.

Je me suis assuré que ce sulfide n'a pas d'oxide correspondant.

Hypersulfo-  
molybdate.

En décomposant du bi-molybdate de potasse par l'hydrogène sulfuré, on obtient une liqueur trouble, qui consiste en une dissolution de sulfosel neutre mêlée d'un précipité de sel sursaturé. Si l'on fait bouillir ce mélange en vase clos pendant quelques heures, il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et le précipité augmente. Si on décante la liqueur, et si on lave le précipité jusqu'à ce que l'eau de lavage donne un dépôt floconneux avec l'acide muriatique, ce précipité ne sera plus composé que de sulfure gris de molybdène et de l'hypersulfo-molybdate de potasse, substances que l'on peut séparer complètement l'une de l'autre par le moyen de l'eau.

Lorsqu'on fait digérer du molybdène sulfuré avec un sur-sulfure alcalin, on obtient bien une certaine quantité de sulfomolybdate, mais point d'hypersulfo-sel. Au contraire, si l'on fait bouillir un excès de sulfide molybdique avec une dissolution suffisamment concentrée d'hydrate

de potasse, on obtient une dissolution qui n'est que légèrement colorée, et le résidu est un mélange d'hypersulfo-sel et de sulfure gris.

Les *hypersulfo-molybdates* se distinguent par la difficulté avec laquelle ils se dissolvent dans l'eau, particulièrement lorsque celle-ci contient une base libre ou d'autres sels en dissolution; leur couleur est rouge ou orange; tous se décomposent par la distillation jusqu'au sel de potassium, qui finit par donner du sulfure gris et du sulfure  $\text{KS}^6$  exempt de molybdène.

Les hypersulfo-molybdates *potassique, sodique et lithique* sont solubles.

On obtient le sel *ammoniacal* en versant du sulf-hydrate d'ammoniaque sur l'hypersulfide encore humide; il est soluble dans l'eau bouillante.

L'hypersulfo-molybdate *calcique* est rouge cinnabre et un peu soluble.

Tous les autres sels sont insolubles; ils ne s'altèrent pas dans la dessiccation; leur couleur varie du rouge clair au rouge brun.

41. *Sur les moyens de séparer la ZIRCONÉ de l'ACIDE TITANIQUE*; par M. Berzelius. (An. der Ch., 1826, p. 231.)

Lorsque j'ai analysé le polymignite, j'ai fait sur la séparation de la zircone et de l'acide titanique des recherches qui, quoique infructueuses, méritent cependant d'être connues.

L'acide titanique pur n'est pas soluble dans les carbonates alcalins; mais il se dissout dans ces réactifs, lorsqu'il se trouve avec de la zircone.

Les dissolutions de titane ne sont pas précipitées par le sulfate de potasse; mais ce sel en

précipite du titane quand elles contiennent de la zircone.

La zircone et l'acide titanique calcinés sont solubles à chaud dans l'acide sulfurique concentré, quand ils ont été bien porphyrisés; on peut évaporer les dissolutions à sec, et les dessécher jusqu'à un certain degré de chaleur sans les décomposer. Le sulfate de zircone pur ne se trouble pas par l'ébullition, tandis que le sulfate de titane se décompose entièrement lorsqu'on le fait bouillir après qu'il a été étendu d'une suffisante quantité d'eau; lorsque ces deux sels sont mêlés ensemble, il s'y forme bien par l'ébullition un précipité de titane; mais la plus grande partie de cette substance reste dans la liqueur avec la zircone.

Le prussiate de potasse précipite les sels de titane, et ne précipite pas les sels à base de zircone; mais quand les deux substances se trouvent ensemble, le prussiate de potasse ne trouble pas leur dissolution à froid; et si on fait bouillir, il se forme un dépôt jaune qui contient tout l'acide titanique et toute la zircone: c'est du moins ce qui a lieu quand on opère sur les sulfates.

42. *Du SULFURE DE CÉRIUM*; par M. Mosander.  
(An. der Phys.)

On peut préparer le sulfure de cérium : 1°. en faisant passer à une chaleur rouge de la vapeur de sulfure de carbone sur le carbonate de cérium, on obtient ainsi un sulfure rouge, poreux et léger; 2°. en chauffant de l'oxide de cérium avec de l'hépar en grand excès à une chaleur blanche, et en lavant ensuite dans l'eau. Le sulfure de cérium reste en forme d'écaillés brillantes, qui sont

semblables à de l'or musif en poudre, et paraissent transparentes et de couleur jaune sous le microscope.

Le sulfure de cérium se dissout dans les acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Il est composé de

Cérium. . . . .	0,74	} 1,00.
Soufre. . . . .	0,26	

43. *Sur l'ACIDE MANGANÉSIQUE*; par M. Unverdorben. (An. der Phys., 1826, p. 322.)

Quand on distille du manganésiate de potasse avec un peu d'acide sulfurique anhydre, il se dégage de l'acide manganésique sous la forme d'un gaz rouge et transparent: ce gaz se dissout dans l'eau, qu'il colore en rouge; il se décompose souvent spontanément dans la cornue, avec explosion, en oxide de manganèse et en oxigène.

J'ai analysé le manganésiate de potasse en le distillant avec un excès d'acide sulfurique, recueillant le gaz oxigène qui s'est dégagé, et dosant les sels de potasse et de protoxide de manganèse qui sont restés dans la cornue, et cela m'a donné en même temps la composition de l'acide manganésique. D'après mes expériences, cet acide contient :

Manganèse . . . . .	0,5874	— 100	::
Oxigène . . . . .	0,4126	— 70,24	M
et		le sel cristallisé.	le sel calciné.
Potasse . . . . .	0,2563	— 0,3275	
Acide manganésique. . .	0,5244	— 0,6725	
Eau . . . . .	0,2193	—	
		1,0000	1,0000

La formule du sel cristallisé est  $\ddot{K} \ddot{M}^a + 9Aq$

44. *Sur la propriété pyrophorique du FER réduit par l'hydrogène, et sur l'OXIDE DE FER; par M. Stromeyer.* (Arch. de Karsten, t. 7, p. 385.)

Tout le monde sait que l'oxide de fer peut être complètement réduit par le gaz hydrogène. La réduction a lieu à une température assez basse; mais alors elle est lente et incomplète: le fer métallique reste toujours mêlé d'une proportion plus ou moins grande de protoxide. Pour que la réduction soit complète, il faut que l'oxide soit chauffé à la chaleur rouge. Lorsqu'on fait passer du gaz hydrogène sur du peroxide de fer à une température inférieure à celle à laquelle la réduction en fer métallique commence à avoir lieu, le peroxide se transforme en protoxide pur, protoxide que l'on n'avait pas pu obtenir isolé jusqu'à présent. Ce protoxide est d'un bleu-noir foncé et colore les verres en bleu; c'est à lui que l'on doit attribuer la teinte bleue que l'on remarque dans beaucoup de laitiers des hauts-fourneaux. Lorsqu'après l'avoir laissé refroidir dans le gaz hydrogène, on l'expose à l'air, il s'y enflamme spontanément à la température ordinaire, et il passe immédiatement à l'état d'oxide rouge. Le fer métallique obtenu par le gaz hydrogène ne s'enflamme pas à l'air à la température ordinaire, quand il n'est pas mêlé d'oxide; mais il acquiert cette propriété lorsqu'on le chauffe jusqu'au degré de la fusion du cadmium: alors il brûle avec une lumière vive, et il se transforme en oxide noir identique avec celui qui résulte de la décomposition de l'eau par le fer.

Il paraît, d'après ces expériences, que M. Magnus a été induit en erreur lorsqu'il a attribué

la propriété pyrophorique au fer métallique (An. des mines, t. XII, p. 210); il est probable que le fer qu'il a obtenu était mêlé de protoxide, et que celui-ci, s'enflammant spontanément à l'air, a assez échauffé le fer pour que ce métal puisse brûler à son tour.

Le fer n'a que deux degrés distincts d'oxidation; mais les deux oxides peuvent se combiner entre eux en proportions diverses, et qui varient selon les circonstances. En général, la proportion de l'oxide rouge y est d'autant plus grande, que l'oxidation du fer par l'air a lieu à une température plus élevée, ou, quand l'oxidation est opérée par l'eau, que la vapeur de ce liquide a agi pendant un temps plus long sur le métal. C'est faute d'avoir eu égard à ces considérations que M. Berthier a admis un degré particulier d'oxidation dans les battitures.

45. *Détermination de la température la plus basse à laquelle l'OXIDE DE FER est complètement réduit par le GAZ HYDROGÈNE; par M. G. Magnus.* (An. der Phys. und Ch., juin 1826.)

Les objections que M. Stromeyer a faites contre mes anciennes observations, relativement à l'inflammabilité du fer, m'ont engagé à entreprendre quelques nouvelles expériences, et particulièrement à rechercher quelle est la température la plus basse à laquelle la réduction de l'oxide peut avoir lieu.

J'ai placé de l'oxide de fer dans une boule soufflée au milieu d'un tube de verre barométrique; j'ai fait passer du gaz hydrogène pur (1)

(1) J'ai purifié le gaz hydrogène en le faisant passer

à travers le tube, et j'ai placé la boule successivement dans l'eau bouillante, dans l'huile de navette bouillante, et dans un bain de plomb fondu. Pendant l'immersion dans l'eau et dans l'huile, il n'y eut point de réduction, puisqu'il ne se produisit pas d'eau; mais quand je plongeai la boule dans le plomb fondu, je vis l'eau ruisseler dans la partie antérieure du tube, et la réduction s'opérer complètement. Pour déterminer la température du plomb, j'enfonçai dans le bain deux tubes de verre contenant l'un du mercure et l'autre du zinc: le mercure entra en ébullition, et le zinc ne se fondit pas; il s'ensuit que la réduction de l'oxide de fer commence à avoir lieu à-peu-près à la température de l'ébullition du mercure.

Après avoir laissé refroidir le fer dans le gaz hydrogène, je l'ai fait sortir du tube, et il s'est enflammé aussitôt qu'il a eu le contact de l'air.

Il restait à reconnaître si le fer préparé par le gaz hydrogène à la température de l'ébullition du mercure contient du protoxide en mélange, ainsi que M. Stromeyer le prétend. Après avoir opéré la réduction, j'ai pesé le tube froid et encore plein d'hydrogène, puis j'ai chauffé la boule à la chaleur rouge, en maintenant le courant de gaz; je l'ai laissé refroidir, et je l'ai pesé une seconde fois: je n'ai pas trouvé la plus légère différence dans les deux pesées. Or, comme M. Stro-

d'abord dans une dissolution alcaline pour séparer l'hydrogène sulfuré; puis, dans une dissolution de sublimé corrosif, pour séparer les gaz hydrogène phosphoré et arsénié, et enfin sur du chlorure de calcium fondu, pour le dessécher.

meyer admet lui-même que la réduction est complète à la chaleur rouge, il s'ensuit qu'elle est complète aussi à la température de l'ébullition du mercure. Le fer ne doit donc pas sa propriété pyrophorique à un mélange de protoxide, mais bien à l'état de division dans lequel il se trouve. J'ai d'ailleurs constaté de nouveau qu'il ne s'enflamme plus spontanément quand ses molécules ont été rapprochées par l'exposition à la chaleur rouge.

J'observerai en terminant que je n'ai pas pu réussir à obtenir, par le moyen du gaz hydrogène, l'oxidule bleu noir dont parle M. Stromeyer.

46. *Préparation des SULFURES DE FER*  $\text{FeS}^3$  et  $\text{FeS}^4$ ; par M. J. Berzelius. (Compte rendu, 1826.)

On obtient le sulfure de fer  $\text{FeS}^3$ , en faisant passer du gaz hydrogène sulfuré sur de l'oxide de fer ou sur de l'hydrate, chauffé à une température qui ne dépasse pas  $100^\circ$ . Ce sulfure conserve la forme de l'oxide employé; il est d'un vert tirant un peu sur le jaune; il prend de l'éclat par le frottement: lorsqu'on le chauffe à une certaine température, il s'en dégage du soufre, et il se transforme en sulfure magnétique: les acides l'attaquent avec dégagement d'hydrogène sulfuré, mais ne le dissolvent pas en totalité; le résidu est du sulfure  $\text{FeS}^4$ .

J'ai réussi à préparer le sulfure  $\text{FeS}^4$ , en faisant passer du gaz hydrogène sulfuré sur de l'oxide ou sur de l'hydrate de fer, naturels ou artificiels, chauffés à une température intermédiaire entre  $100^\circ$  et la chaleur rouge: au commencement de

l'opération, l'action est vive; il se dégage de l'eau, de l'acide sulfureux et de l'hydrogène pur; à la fin il ne se dégage plus que de l'hydrogène sulfuré mêlé d'hydrogène: d'où il suit qu'il se forme d'abord du protosulfure de fer, qui enlève ensuite une nouvelle dose de soufre à l'hydrogène. Le sulfure obtenu conserve la forme et la structure de l'oxide employé: c'est donc une véritable épigénie. Si l'opération est arrêtée avant que la sulfuration soit complète, on a un mélange de sulfure  $\text{FeS}^1$  et de sulfures inférieurs: ce mélange, exposé à l'air, augmente considérablement de volume en très-peu de temps, et se convertit en sulfate de fer capillaire mêlé de sulfure  $\text{FeS}^1$ : il est très-vraisemblable que l'action électro-négative du persulfure sur les sulfures moins sulfurés est la cause de cette rapide altération.

47. *Sur un SULFURE SUPÉRIEUR DE COBALT; par M. J.-J. Sotterberg. (An. der Phys., t. 7, p. 40.)*

J'espérais qu'en faisant passer du gaz hydrogène sulfuré sec sur du peroxide de cobalt pur, chauffé à une température modérée, et en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter le contact de l'air, j'obtiendrais le sulfure  $\text{CoS}^3$ ; mais il n'en a pas été ainsi: le résidu était un mélange de sulfure  $\text{CoS}^2$ , soluble dans l'acide muriatique, et d'un autre sulfure plus avancé, insoluble dans cet acide.

Je suis parvenu à préparer un persulfure de cobalt en décomposant le peroxide par le soufre. Pour cela, je calcine modérément le carbonate de cobalt, puis je mêle l'oxide avec trois fois son poids de soufre, et je chauffe le mélange, en

vase clos, à une chaleur très-peu supérieure à celle à laquelle le soufre se volatilise. Le sulfure ainsi obtenu est noir, sans éclat métallique et inattaquable par l'acide muriatique: la chaleur en dégage du soufre et le ramène au minimum; il partage avec le sulfure de platine et le sulfure de cuivre la propriété de devenir acide au contact de l'air. Pour l'avoir parfaitement pur, je l'ai traité successivement par l'acide muriatique et par une dissolution de potasse caustique, afin d'en séparer le protosulfure et le soufre dont il pouvait être mélangé, et, après l'avoir bien lavé, je l'ai soumis, encore humide, à l'action de l'eau régale pour déterminer sa composition. J'y ai trouvé:

Cobalt. . . . .	0,479	—	100	—	1 at.	
Soufre . . . . .	0,521	—	109	—	4 at.	$\text{CoS}^4$ .

Ce n'est donc pas le sulfure correspondant au peroxide, mais un autre sulfure plus avancé.

48. *Sur la préparation du NICKEL; par M. P. Berthier. (An. de Ch., t. 33, p. 49.)*

C'est toujours avec le *speiss* que l'on prépare le nickel. On sait que cette matière est un arsénio-sulfure qui contient quelques centièmes de cobalt et une petite quantité de cuivre et de fer. J'ai indiqué un moyen d'en extraire du nickel pur (*An. des Mines*, t. X, page 145); mais je vais en faire connaître d'autres, qui sont beaucoup plus simples et plus économiques.

Si l'on chauffe du *speiss* avec quatre à cinq fois son poids de plomb dans un scorificatoire placé sous la moufle d'un fourneau de coupelle, il se fond et vient nager à la surface du plomb sans se

Scorification  
avec du  
plomb.

combinaison ni se mêler avec lui; puis il se grille, et les oxides qui se forment entrent en fusion à la faveur de la litharge qui se produit en même temps, et sont rejetés sur les bords du scorificateur. Peu à peu le speiss perd de sa fusibilité, et il arrive un moment où on ne peut plus le tenir liquide, même à la plus haute température du fourneau. Si l'on arrête l'opération à cette époque, et si l'on plonge le scorificateur dans l'eau aussitôt que le plomb s'est solidifié, on en détache aisément une plaque lenticulaire de speiss, dont il est facile de séparer mécaniquement la plus grande partie des scories qui y adhèrent, et que l'on peut achever de nettoyer en la faisant bouillir avec de l'acide muriatique du commerce. Le nouveau speiss est un arsénure sans soufre, et qui ne contient plus la moindre trace de cobalt: il est donc facile d'en extraire du nickel pur.

Fusion avec  
de la li-  
tharge.

Quand on veut opérer sur des quantités un peu grandes de speiss, la scorification est embarrassante et elle exige un temps très-long: il est préférable alors d'employer le procédé suivant, qui est très-expéditif et qui conduit absolument au même résultat. Ce procédé consiste à fondre le speiss avec de la litharge, et il est fondé sur ce que, en général, quand on chauffe jusqu'à fusion un arsénio-sulfure à plusieurs bases avec de l'oxide de plomb, le soufre se brûle, les métaux se scorifient dans leur ordre d'oxidabilité, et le résidu est un arsénure qui peut ne contenir qu'un seul métal (le moins oxidable) si l'on emploie une proportion de litharge suffisante.

On réduit le speiss (*A*) en poudre fine, et on le met avec deux fois son poids de litharge dans un creuset que l'on chauffe rapidement au four-

neau à vent à la température de 50 à 60° pyrométriques. Le mélange se fond facilement et devient très-fluide, et l'on obtient 1°. un culot de plomb; 2°. un nouveau speiss (*B*) qui ne diffère en rien du premier par l'aspect; 3°. une scorie (*b*) compacte, à cassure luisante, d'un gris noir, et dont la poussière a une légère teinte bleuâtre. Quelquefois le nouveau speiss ne contient plus du tout de cobalt, mais ordinairement il en retient une petite quantité. On lui enlève jusqu'aux dernières traces de ce métal en le fondant une seconde fois avec une ou deux parties de litharge, selon la proportion de cobalt qu'on suppose qu'il renferme, après l'avoir pilé et passé au tamis de soie très-serré. La scorie (*c*) qui provient de cette seconde opération est d'un gris beaucoup moins foncé que la première, et sa poussière a une légère teinte verte. Le speiss (*C*) est un arsénure de nickel qui ne renferme plus de substances étrangères, si ce n'est une trace de cuivre. Le déchet total dans les deux fusions est de 0,40 à 0,50.

Les scories (*b*) et (*c*) ne doivent pas être rejetées. Il y a deux manières de les traiter pour en retirer le cobalt et le nickel: 1°. on les porphyrise et on les fait digérer à chaud avec de l'acide nitrique; il se dégage du gaz nitreux, et l'acide dissout beaucoup de plomb et de cobalt et très-peu de nickel; on verse sur le résidu de l'acide muriatique concentré ou de l'eau régale, et on chauffe jusqu'à l'ébullition: il se dissout pour la plus grande partie en faisant gelée; cependant il reste toujours une substance bleuâtre qui résiste à l'action de l'acide, mais la quantité en est très-petite. On évapore les liqueurs acides à siccité et

on reprend par l'eau, ce qui sépare la plus grande partie de l'acide arsénique à l'état d'arséniate de plomb; on ajoute un peu de carbonate de soude à la dissolution pour achever de précipiter cet arséniate; puis on y verse de l'acide sulfurique pour précipiter le plomb, et enfin on y fait passer de l'hydrogène sulfuré, qui sépare les dernières traces de plomb et le peu de cuivre qu'elle pouvait contenir: après quoi elle ne renferme que du cobalt et du nickel. On précipite ces deux métaux par le carbonate de soude et on les sépare l'un de l'autre au moyen du chlore. Il faut observer que les oxides que l'on obtient ainsi peuvent se trouver mélangés d'une petite quantité d'alumine, qui provient de la portion du creuset que la litharge attaque. On doit donc les réserver pour préparer les métaux: en les fondant au creuset brasqué avec du verre à environ 160° p., la totalité de l'alumine se dissout dans la scorie.

2°. On chauffe la scorie, sans mélange, dans un creuset brasqué, ou dans un creuset nu, après l'avoir mélangée avec 0,05 à 0,06 de charbon en poudre; on obtient un culot de plomb, un speiss et une scorie. La scorie (*b*) donne un speiss qui contient beaucoup de cobalt et qui doit être traité comme le speiss (*A*), et une scorie (*d*) compacte, vitreuse, éclatante, opaque, d'un très-beau noir, et dont la poussière est d'un gris bleuâtre; elle est très-riche en cobalt. La scorie (*c*) donne un speiss de même nature que le speiss (*B*) et une scorie (*e*) compacte, noire, qui paraît opaque, mais qui dans les éclats minces est transparente et d'un très-beau bleu. Les scories (*d*) (*c*) font gelée avec les acides, et l'on peut facilement en extraire du nickel et du cobalt.

Le plomb qui résulte du traitement du speiss par la litharge ou de la réduction des scories est demi-ductile, grenu, à petits grains lamelleux noirs et ternes. On y a trouvé, par la voie humide:

Nickel... 0,027	} 0,048.
Arsenic... 0,016	
Soufre... 0,005	

Je pense que ces substances proviennent d'une certaine quantité de speiss que le plomb absorbe par imbibition, tout comme il absorbe la litharge, et qu'il retient par adhérence; mais qu'elles ne forment pas avec lui une véritable combinaison. Les arts métallurgiques offrent beaucoup d'exemples de phénomènes analogues; le cuivre rouge absorbe une petite quantité de la matière qui surnage, et devient noir et cassant: il s'imbibe de son protoxide et perd une partie de sa ductilité; le fer, au contraire, acquiert de la ténacité à froid quand il provient de fontes qui contiennent du cuivre, quoiqu'il soit incapable de se combiner avec ce métal, etc.

Le plomb mêlé de speiss ne passe pas à la coupellation; le bain reste couvert d'une croûte gris verdâtre jusqu'à la fin: la coupelle est d'un jaune assez pur, ce qui porte à croire que tout l'oxide de nickel reste dans la scorie. Mais si l'on soumet le plomb nikellifère à une scorification maintenue assez long-temps pour qu'il se trouve réduit à 0,60 de son poids, il devient parfaitement ductile, et on peut le couper ensuite comme du plomb pur. On pourrait donc, par ce moyen, extraire la plus grande partie de l'argent que contient le speiss (1).

(1) Pour déterminer la proportion d'argent que contient

Fusion avec  
le nitrate de  
plomb.

On peut remplacer avantageusement la litharge par le nitrate de plomb : au rouge nais-

le speiss, on est dans l'usage, en Saxe, de le scorifier avec 16 parties de plomb sous la moufle. Lorsque la scorification est aussi avancée que possible, on donne un coup de feu pour faire fondre, et on coule dans une lingotière; les scories sont d'un vert bouteille foncé presque noir; on les détache aisément du culot de plomb; on scorifie celui-ci de nouveau comme le speiss, et souvent même on fait une troisième scorification sur le plomb qui provient de la seconde opération, et ce n'est qu'alors qu'on peut le faire passer à la coupelle: l'opération est donc très-longue.

Quand on emploie de la litharge au lieu de plomb pour scorifier, l'essai va beaucoup plus vite, d'autant que l'on peut le faire dans un creuset au fourneau de calcination; cependant le plomb n'est jamais assez pur pour qu'on puisse le coupeller immédiatement, lors même qu'on emploie 20 parties de litharge. Après diverses tentatives, j'ai trouvé que le meilleur moyen d'essayer le speiss pour argent consiste à le chauffer dans un creuset avec 10 parties de litharge et 2 parties de nitre: il s'oxide en totalité, aux dépens du nitre, sans déflagration ni boursoufflement; en donnant à la fin un coup de feu un peu fort, la scorie, quoique beaucoup moins fusible que la litharge pure, devient bien liquide; on projette alors sur le bain 1 à 2 parties de plomb pauvre, on chauffe de nouveau pendant quelques instans et on laisse refroidir; en cassant le creuset, on trouve au fond un culot de plomb qui contient tout l'argent du speiss et qui se coupelle sans difficulté.

J'ai essayé de fondre le speiss avec un mélange de nitrate de plomb et de litharge, espérant obtenir du plomb pur et susceptible d'être coupellé immédiatement; mais j'ai reconnu que ce plomb est toujours aigre, et qu'il ne peut passer à la coupelle qu'après avoir été scorifié. Si l'on employait un excès de nitrate de plomb, 5 parties par exemple, avec la litharge, l'oxidation du speiss serait complète, et en projetant du plomb métallique sur la matière fondue, le résultat serait le même qu'avec le nitre.

sant, il y a dégagement de vapeurs nitreuses; puis, en chauffant plus fort, la matière commence à se fondre en bouillonnant, mais sans se boursouffler; elle finit par devenir très-liquide. Il ne se produit pas du tout de plomb métallique; on obtient seulement un nouveau speiss et une scorie; celle-ci est compacte, à cassure luisante et opaque, d'un noir foncé lorsqu'elle contient beaucoup de cobalt et d'un gris noirâtre, à raclure olivâtre quand elle n'en contient que très-peu. On sépare complètement le cobalt du speiss en le traitant deux fois de suite par son propre poids de nitrate de plomb; mais il faut remarquer que le déchet est variable, et d'autant plus grand qu'on opère sur de plus grandes quantités: ainsi, quand on emploie 200<sup>g</sup>. de speiss, la perte, dans le premier traitement, est de 0,45 et de 0,25 dans le second, et, au total de 0,50; tandis que lorsqu'on ne fait l'expérience qu'avec 50<sup>g</sup>. de speiss, le déchet est seulement de 0,18 dans le premier traitement, de 0,14 dans le second, et, au total, de 0,30.

Le sulfate de plomb peut servir aussi à la purification du speiss: la réaction de ces deux substances commence à avoir lieu à la chaleur rouge avec dégagement d'acide sulfureux; puis, en chauffant un peu plus fortement, la matière se fond et devient très-fluide; mais si l'on continue à la chauffer après qu'elle s'est fondue, elle se boursouffle considérablement et passe par-dessus les bords du creuset; il se dégage constamment du gaz sulfureux. Il ne se produit ni plomb métallique ni sulfure de plomb, et le speiss est très-pur. Avec 50<sup>g</sup>. de speiss et 50<sup>g</sup>. de sulfate de plomb, le déchet n'est que de 0,10: avec 20<sup>g</sup>.

Fusion avec  
le sulfate  
de  
plomb.

de speiss, 80 de sulfate de plomb et 80 de litharge, le déchet est de 0,35; mais ce déchet est d'autant plus grand que les quantités sur lesquelles on opère sont plus considérables et que l'on procède à la fusion avec plus de lenteur.

Fusion avec  
du nitre.

Le nitre produit sur les arsénio-sulfures à-peu près les mêmes effets que la litharge.

100g de speiss en poudre,  
40 de nitre,

chauffés ensemble, sont devenus incandescens à la chaleur sombre; la masse s'est un peu gonflée, et en donnant un coup de feu, elle est entrée en pleine fusion: on a eu un speiss (*F*) pesant 84 gr., surmonté de deux scories placées l'une au-dessus de l'autre: la scorie supérieure était cristalline, translucide et d'un beau bleu d'azur; elle se composait principalement de sulfate de potasse coloré par un peu d'oxide de cobalt; la seconde, compacte, d'un noir grisâtre, contenait de l'oxide de fer et de l'oxide de cobalt; mais ce dernier métal y était en trop petite quantité pour qu'elle méritât d'être traitée.

50 gr. du speiss (*F*),  
20 de nitre,

chauffés à une forte chaleur blanche, ont donné une scorie pâteuse d'un noir grisâtre à l'intérieur et d'un très-beau bleu à la surface; elle contenait un culot et une multitude de grenailles de speiss (*G*): on l'a laissée digérer dans l'eau pendant vingt-quatre heures, elle s'est parfaitement délayée, et l'on a pu aisément en séparer les grenailles; réunies au culot, elles ont pesé 35 gr. La matière boueuse, bien lavée, a été dissoute dans l'eau régale, et l'on a reconnu qu'elle se composait de

beaucoup d'oxide de cobalt mêlé d'une petite quantité d'oxide de nickel.

30 gr. du speiss (*G*),  
12 de nitre,

chauffés ensemble, se sont comportés comme le mélange précédent: la scorie était d'un vert grisâtre, tachée çà et là de gris bleuâtre; elle contenait beaucoup d'oxide de nickel et peu d'oxide de cobalt. Les grenailles du nouveau speiss (*H*) ont pesé 18 gr.: ce speiss s'est trouvé parfaitement pur. Le déchet total des trois opérations a été de 68 gr.; mais on pourrait le réduire à 0,50 en employant moins de nitre dans la troisième opération, qui n'a pour but que de séparer les dernières traces du cobalt.

En fondant le speiss avec du nitre et un silicate fusible, on peut en séparer le cobalt et obtenir des verres diversement colorés:

50g. speiss,  
10 nitre,  
50 feld-spath en poudre (petunzé de Sèvres),

chauffés à la température de 150°, ont donné un nouveau speiss pesant 31g,5 et un verre compacte qui paraissait noir et opaque; mais qui, vu par transparence, était d'un très-beau bleu: on pourrait probablement employer ce verre comme émail bleu foncé ou noir.

25g. du nouveau speiss,  
5 nitre,  
25 feld-spath,

ont produit un verre compacte et opaque, d'un gris bleuâtre marbré de gris verdâtre, et un troisième speiss pesant 18g,5, et qui ne renfermait plus de cobalt.

15<sup>g</sup>. de ce speiss purifié,  
10 nitre,  
100 feld-spath

se sont fondus en un verre boursoufflé, à peine translucide dans les éclats minces, d'un vert olive grisâtre foncé, marbré de rouge hyacinthe et de nuances diverses.

On obtient un vert tout semblable en fondant ensemble 10 d'oxide de nickel et 60 de verre blanc.

Traitement  
de l'arséniure  
de nickel  
pur.

Ainsi, à l'aide de la litharge, du nitrate ou du sulfate de plomb, ou du nitre, il est facile de changer le speiss du commerce en arséniure de nickel pur, avec une perte de moins de moitié. Voyons maintenant de quelle manière on peut extraire le nickel de cet arséniure :

Par le  
grillage.

1<sup>o</sup>. On le pulvérise; on le grille jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs arsénicales; on y mêle le dixième de son poids de fer métallique; on traite le mélange par l'acide nitrique du commerce, auquel on ajoute de temps à autre un peu d'acide muriatique; on rapproche jusqu'à siccité à une douce chaleur et on reprend par l'eau; la plus grande partie de l'arséniure de fer reste non dissoute; on précipite le peu que la dissolution en retient par le carbonate d'ammoniaque versé goutte à goutte et sans excès; ensuite on fait passer dans la liqueur un courant d'hydrogène sulfuré, ou bien l'on y verse successivement un peu d'acide nitrique et d'hydro-sulfate d'ammoniaque, afin de précipiter le cuivre, ainsi que le plomb qui pourrait s'être mêlé accidentellement avec le speiss; enfin on évapore la liqueur à siccité, et en calcinant le résidu à la chaleur blanche, on a du protoxide de

nickel parfaitement pur. Comme dans ce procédé on n'emploie point de matières fixes, on est dispensé des lavages, qui sont ordinairement si longs à effectuer, et l'on peut opérer sans difficulté sur quelque quantité que ce soit.

2<sup>o</sup>. Le grillage est la partie pénible et désagréable du moyen que je viens de décrire : il est possible de l'éviter en remplaçant l'action de l'air chaud par l'action de la litharge du nitrate de plomb ou du nitre, et en procédant d'ailleurs comme il a été dit plus haut relativement au speiss du commerce. Pour oxider la totalité de l'arséniure il faudrait employer huit à dix fois son poids de litharge : si l'on se servait de nitrate de plomb au lieu de litharge, il en faudrait moitié moins, la dissolution de la scorie serait plus prompte et exigerait moins d'acide. Le speiss du commerce n'est complètement scorifié que par deux parties de nitre, mais l'arséniure de nickel n'en consomme qu'une partie et demie : comme l'action est extrêmement vive, il faut la tempérer par l'addition de deux parties de carbonate de soude ou de potasse. Cette addition a encore l'avantage d'enlever à l'oxide de nickel la plus grande partie de l'acide arsénique qui se forme dans l'opération. Après qu'on a lavé la matière, on y ajoute du fer, on la dissout dans l'acide nitrique, etc., et enfin on précipite l'oxide de nickel par le carbonate de soude, et on lave. Si l'on avait l'intention de préparer du nickel métallique, ce lavage serait superflu; après avoir séparé tout l'arséniure de fer et le cuivre, on évaporerait à sec, on calcinerait à la chaleur blanche, on laverait grossièrement l'oxide et on le

Par la li-  
tharge, le ni-  
trate de  
plomb ou le  
nitre.

réduirait au creuset brasqué avec addition de verre.

Par le sulfure de sodium.

3°. En fondant l'arséniure de nickel avec du carbonate de soude et du soufre il se forme du sulfure de nickel, du sulfure d'arsenic et du sulfure de sodium. En délayant dans l'eau, les deux derniers sulfures, qui sont combinés ensemble, se dissolvent, et le sulfure de nickel, qui n'était que mélangé dans la matière fondue, reste pur. Pour séparer tout l'arsenic du nickel par un seul traitement, il faut employer une partie et demie de carbonate de soude et deux parties de fleur de soufre pour une partie d'arséniure; mais on enlève plus sûrement tout l'arsenic en faisant deux fois la même opération, et alors on peut n'employer chaque fois qu'une demi-partie de carbonate de soude et une partie de soufre. On fond dans un creuset nu. En ajoutant au carbonate de soude le cinquième de son poids de charbon en poudre, il ne se forme pas de sulfate, et le mélange est beaucoup plus sulfurant, mais cette addition n'est pas nécessaire (1). A la chaleur blanche, la matière devient liquide comme de l'eau; après la fusion, elle se compose d'un culot métallique lamelleux, éclatant, d'un jaune intermédiaire entre la couleur de la pyrite de fer et celle du cuivre pyriteux, et d'une scorie compacte, couleur chocolat, mate et opaque, et dans laquelle

(1) Les persulfures alcalins agissant à une température plus ou moins élevée sont des sulfurans très-énergiques. Outre que je l'emploie depuis plusieurs années pour séparer l'arsenic du nickel et du cobalt, je m'en suis servi avec succès pour préparer les sulfures de tungstène, de chrome, d'urane, de titane et de cérium. Je ferai connaître les détails de cette préparation.

on voit souvent de grandes lames cristallines de la matière métallique disséminées çà et là. Cette scorie se dissout bien dans l'eau; la liqueur est peu colorée, et lorsqu'on la neutralise par un acide, elle donne un précipité d'orpiment très-abondant et très-beau. Le culot métallique paraît homogène au premier coup-d'œil, mais ce n'est pas du sulfure de nickel pur; ce sulfure est imprégné de la combinaison de sulfure de sodium et de sulfure d'arsenic: aussi quand on le laisse digérer dans l'eau, il se délaie peu à peu et se résout en paillettes cristallines. Après avoir lavé ces paillettes à grande eau, il convient d'achever de les purifier, en les traitant à froid par de l'acide sulfurique étendu, qui ne les attaque pas. Enfin, comme après cela le sulfure pourrait encore être mélangé de matières argileuses, etc., il faut le chauffer dans un creuset brasqué avec un peu de borax; il se fond à la chaleur blanche, et les matières étrangères forment avec le borax une scorie, que l'on détache aisément du culot.

Le sulfure de nickel fondu ressemble absolument à de la pyrite de fer. Sa densité est de 5,76; il est inattaquable par les acides sulfurique et muriatique, l'acide nitrique le dissout à l'aide de la chaleur. C'est le sulfure *NS*<sup>2</sup> identique avec celui qu'on trouve dans la nature.

L'oxide et le sulfure de nickel n'agissent aucunement l'un sur l'autre, même à la chaleur blanche; mais le sulfure et le sulfate se décomposent réciproquement avec une très-grande facilité.

15,14 de sulfate pur . . . . . 1 at.

6,80 de sulfate pur récemment calciné . . . 1 at.

ayant été chauffés au blanc dans un creuset de

Sulfure de nickel.

platine, ont laissé un résidu pesant 3<sup>g</sup>,83, et qui avait l'aspect de l'oxide; si la décomposition des deux substances eût été complète, ce résidu n'aurait dû peser que 3<sup>g</sup>,67; traité par l'acide muriatique, il s'est dissous en totalité; il ne contenait donc pas de sulfure, mais la dissolution a donné 0<sup>g</sup>,25 de sulfate de baryte équivalent à 0<sup>g</sup>,085 d'acide sulfurique: d'où il suit qu'une portion du sulfure avait été grillée par l'air des vaisseaux, et que l'excès de sulfate avait résisté à l'action décomposante de la chaleur blanche.

Traitement  
du sulfure  
de nickel  
par le grillage.

D'après cela, si l'on grillait le sulfure de nickel après l'avoir réduit en poudre très-fine et jusqu'à ce qu'il ne se dégagât plus de vapeurs sulfureuses, en calcinant ensuite le résidu, sur lequel on verserait auparavant une petite quantité d'acide sulfurique, on décomposerait la totalité du soufre; mais pour séparer jusqu'aux dernières traces d'acide sulfurique, afin d'avoir de l'oxide pur, il faudrait probablement projeter sur la matière encoré rouge quelques morceaux de carbonate d'ammoniaque.

Un moyen plus sûr de décomposer le sulfure de nickel serait de le broyer; de le dissoudre dans l'acide nitrique, auquel on ajouterait successivement de petites doses d'acide muriatique; d'évaporer à sec pour chasser l'excès d'acide; de reprendre par l'eau et de précipiter l'acide sulfurique que contiendrait la liqueur par le nitrate de plomb; puis de précipiter l'excès de plomb et le cuivre par l'hydrogène sulfuré; enfin d'évaporer la dissolution à sec, et de calciner les nitrates à la chaleur blanche.

Préparation  
du nickel  
métallique.

Quand on a l'oxide de nickel pur, on se procure le métal fondu en chauffant dans un creu-

set brasqué cet oxide, mêlé d'une petite quantité de verre, à la plus haute température d'un fourneau d'essai. Si l'on voulait obtenir des culots un peu gros, de plusieurs centaines de grammes par exemple, il faudrait ajouter à l'oxide 9 à 10 pour 100 de charbon en poudre, afin d'accélérer la réduction et par suite la fusion. Mais le nickel ainsi préparé renferme une petite quantité de carbone en combinaison. On ne peut l'obtenir absolument pur qu'en réduisant l'oxide par le gaz hydrogène; cependant le métal est encore suffisamment pur pour beaucoup d'usages lorsqu'on réduit l'oxide par le charbon à la température la plus basse possible. Si l'on tasse fortement une certaine quantité de cet oxide dans un creuset brasqué et si l'on chauffe à la chaleur blanche naissante, la réduction a lieu immédiatement à la surface de la masse et elle se propage très-rapidement de la surface au centre par voie de cémentation. Le nickel obtenu de cette manière est un peu poreux et d'un gris mat, mais il prend un très-grand éclat métallique sous le frottement du brunissoir; il s'aplatit un peu sous les coups du marteau en s'égrenant: on parviendrait sans aucun doute à le souder et à l'étirer en barres en le forgeant comme le fer à une chaude suante. Si l'on avait à en préparer de grandes masses, il faudrait mélanger intimement l'oxide bien broyé avec 0,08 à 0,10 de charbon en poudre, proportion tout au plus suffisante pour opérer la réduction, comprimer très-fortement le mélange, couche par couche, dans un creuset nu, et chauffer à la chaleur blanche pendant un temps suffisant; puis forger la matière à chaud après l'avoir saupoudrée de borax.

Traitement  
du speiss  
par le fer.

J'ai essayé de séparer l'arsenic du nickel par le moyen du fer métallique, mais cela n'a pas réussi.

30 gr. de speiss  
et 30 de petits clous de fer

ont été chauffés dans un creuset brasqué à la chaleur de 150° pyrométriques : le culot a pesé 60 gr. ; il était parfaitement homogène, compacte, très-dur, cassant, à cassure grenue, légèrement cristalline et d'un gris blanc comme de la fonte. Il semble que l'arsenic puisse se combiner en toute proportion avec ces métaux, du moins par la fusion ; il ne se sépare pas des arséniures en proportions définies comme il se sépare des sulfures.

Traitement  
des minerais  
de cobalt.

La plupart des moyens que je viens de décrire pour préparer le nickel sont applicables au traitement des minerais de cobalt (arsénio-sulfures), soit pour en séparer le fer ou l'arsenic, soit pour en extraire de l'oxide de cobalt ; mais ces moyens doivent, dans ce cas, éprouver quelques modifications que je ferai connaître dans un autre article.

49. *Moyen de séparer l'ARSENIC DU NICKEL ET DU COBALT*; par M. Wohler. (Arc. mét., t. 13, p. 186.)

On fait fondre dans un creuset de Hesse le minéral de nickel pulvérisé (kupfer nickel) avec trois fois son poids de carbonate de potasse et trois fois son poids de soufre, et l'on délaie dans l'eau la matière fondue : tout se dissout, à l'exception d'une poudre cristalline d'un jaune de laiton, qui est du sulfure de nickel. Il ne faut pas chauffer trop, de peur que ce sulfure ne se réunisse en culot, parce qu'alors le sulfure alcalin se dissout difficilement dans l'eau.

Pour se procurer du nickel très-pur, il faut refondre le sulfure avec de la potasse et du soufre.

Ce que je viens de dire du nickel s'applique exactement au cobalt : seulement, pour ce dernier métal, il est indispensable de faire deux fois la même opération si l'on veut séparer tout l'arsenic.

50. *CHLORO - SULFURE D'ANTIMOINE*; par M. Gmelin. (Ann. of Phil., 1826, p. 151.)

Lorsqu'on fait passer de l'hydrogène sulfuré dans une dissolution de protochlorure d'antimoine, il se fait un précipité d'un jaune vif, qui est une combinaison de protochlorure et de proto-sulfure d'antimoine. On peut détruire cette combinaison, soit en l'exposant pendant quelque temps, dans un vase clos, à la lumière solaire, soit par le moyen de la chaleur : dans ce dernier cas, le chlorure se volatilise et le sulfure reste pur.

51. *Sur deux nouveaux SELS TRIPLES D'ÉTAIN*; par M. Apjon. (Dublin., phil. J., 1825, p. 387.)

L'un de ces sels a été trouvé chez un teinturier. Sa forme est l'octaèdre régulier : il n'éprouve pas d'altération à l'air ; il est très-soluble dans l'eau froide ; la solution est acide et se trouble un peu à la chaleur de l'ébullition. Elle donne une belle teinture écarlatée avec l'infusion de cochenille ; elle ne précipite ni les sels d'or ni le perchlorure de mercure. Ce sel est composé de :

Peroxide d'étain . . .	9,250	— 1 atome.
Acide muriatique . . .	13,375	— 3
Ammoniaque . . . . .	2,125	— 1

25,250.

Le muriate double de protoxide d'étain et d'ammoniaque est composé de :

Protoxide d'étain. . .	8,250	—	1 atome.
Acide muriatique. . .	9,250	—	2
Ammoniaque. . . . .	2,125	—	1
Eau . . . . .	1,125	—	1

---

20,750.

52. *Sur les MURIATES AMMONIACO-MERCURIELS*; par M. Soubeiran. (Bull. phyl., 1826, p. 55.)

Il existe deux muriates ammoniaco-mercuriels, l'un soluble, l'autre insoluble.

Le premier cristallise en beaux prismes rhomboïdaux obtus, dont quelques-uns ont une troncature sur l'arête obtuse du prisme. L'analyse y a fait rencontrer

1	proportion	d'hydrochlorate	de mercure,
4	proportions	d'hydrochlorate	d'ammoniaque.

On l'obtient en faisant dissoudre dans l'eau du sel ammoniac et du sublimé corrosif.

Le muriate ammoniaco-mercuriel insoluble est le précipité formé par l'ammoniaque dans une dissolution de sublimé, et dont les propriétés ont été étudiées par Fourcroy. L'analyse y a fait trouver

Chlorure de mercure. . . . .	1 at.
Ammoniure de mercure. . . . .	3 at.

Cet ammoniure est un véritable mercurate d'ammoniaque. L'ammoniaque n'y est pas, par rapport à l'oxide de mercure, dans les proportions convenables pour former de l'eau par leur décomposition mutuelle; mais la quantité est telle, qu'en la supposant remplacée par une base oxidée, le rapport entre l'oxigène de l'oxide et

l'oxigène de l'acide (l'oxide de mercure) est de 1 à 2; c'est-à-dire que c'est un mercurate neutre, en supposant, avec M. Berzelius, que dans les sels neutres le nombre qui représente le multiple de l'oxigène de l'acide soit aussi celui qui représente le nombre d'atomes dans cet acide.

53. *Composé de CYANURE DE MERCURE et de CHROMATE DE POTASSE*; par MM. Caillot et Po-devin. (J. de Pharm., 1825, pag. 246.)

En concentrant une dissolution faite à parties égales de cyanure de mercure et de chromate de potasse, on obtient un composé jaune cristallisé en aiguilles lamelleuses et soluble dans l'eau.

54. *Sur quelques CYANATES*; par M. J. Liebig. (An. de Ch., t. 32, p. 316 et t. 33, p. 207.)

On peut obtenir l'acide cyanique pur en faisant passer du gaz hydrogène sulfuré dans de l'eau tenant en suspension du cyanate d'argent, et arrêtant l'opération avant que tout le sel soit décomposé. Cet acide rougit fortement le tournesol; il a une odeur particulière; sa saveur est acide: il sature complètement les bases; il se décompose en quelques heures, dans l'eau, en acide carbonique et en ammoniaque.

Le cyanate d'argent de M. Wohler, chauffé dans un tube de verre, se transforme en cyanure, et il s'en dégage de l'acide carbonique et de l'azote, dans le rapport de 68 à 32 en volume. Une nouvelle analyse de ce sel m'a donné 0,77429 d'oxide d'argent, proportion qui est la même que celle que nous avons trouvée, M. Gay-Lussac et moi, dans le fulminate, et que j'ai encore obtenue dans des expériences récentes.

Cette composition ne s'accorde pas avec l'idée émise par M. Berzelius, que l'acide fulminique pourrait bien être de l'acide cyaneux, contenant 1 atome d'oxygène pour 2 atomes de cyanogène; d'ailleurs, dans cette supposition, les fulminates décomposés par les acides devraient produire 3 atomes de carbonate d'ammoniaque et 1 atome d'acide hydro-cyanique: or, je me suis assuré qu'il ne se forme pas la plus petite trace d'acide carbonique; on sait, de plus, que lorsqu'on décompose le fulminate d'argent par les hydracides, il ne se produit jamais d'ammoniaque.

L'acide fulminique ne forme des sels détonnans qu'avec les oxides qui cèdent facilement leur oxygène.

Quand on fait bouillir du fulminate d'argent avec du zinc, la moitié de l'argent se sépare, et il se forme un fulminate d'argent et de zinc.

Quand on traite de la même manière du fulminate d'argent et de baryte, on obtient un fulminate de zinc et de baryte, qui est pulvérulent et jaune.

Le fulminate de cuivre ne renferme pas d'argent; il est très-soluble, et détone fortement par le choc: le carbonate de potasse en précipite la moitié de l'oxide de cuivre, et il se forme un fulminate double cristallisable et détonant.

Dans le fulminate de mercure préparé par l'acide nitrique et l'alcool, le mercure est à l'état de protoxide: lorsqu'on fait bouillir le fulminate avec de l'eau, il se sépare du mercure métallique, et la liqueur laisse déposer, en se refroidissant, des cristaux blancs de fulminate de deutoxide.

Lorsqu'on fait passer du gaz hydro-sulfurique à travers de l'eau tenant en suspension du fulminate

d'argent, on remarque une odeur extrêmement pénétrante, et l'ammoniaque placée dans le voisinage produit un nuage blanc: le liquide, séparé par le filtre du sulfure d'argent, a une saveur acerbe et rougit le tournesol; il laisse dégager de l'ammoniaque avec la chaux; il change la couleur des sels de peroxide de fer en un rouge foncé, etc. Il paraît résulter de là que l'acide cyanique, décomposé par l'acide hydro-sulfurique, s'est changé en cyanite d'ammoniaque et en un acide particulier contenant du soufre, et qui diffère de l'acide sulfo-cyanique.

J'ai ajouté peu à peu du sulfure de barium à du fulminate d'argent, tenu en suspension dans l'eau bouillante tant qu'il s'est formé du sulfure d'argent; le liquide était alors très-alcalin, et par l'évaporation il a donné un sel jaune, qui, chauffé à 100°, a brûlé sans lumière, et le résidu était un mélange de sulfo-cyanure de barium et de carbonate de baryte. Le sel de baryte, non calciné, donne avec le nitrate d'argent un précipité jaune volumineux, qui, bien lavé et chauffé avec de l'eau jusqu'à 100°, se change en sulfure d'argent avec production de carbonate d'ammoniaque. Il paraît résulter de là que l'acide qui est uni à la baryte doit contenir de l'oxygène outre du carbone, de l'hydrogène et de l'azote.

Il est probable que l'acide fulminique cède la moitié de son oxygène au sulfure de barium, et qu'il prend en échange une quantité correspondante de soufre, et qu'ainsi le nouvel acide est formé de 2 atomes de cyanogène, 1 atome de soufre et 1 d'oxygène, et que le sel d'argent, en se décomposant à la chaleur de l'ébullition avec 6 atomes d'eau, produit 1 atome de sulfure d'argent, 4 d'acide carbonique et 2 d'ammoniaque.

55. *Action du PLATINE sur les MÉLANGES DE GAZ, application à leur analyse;* par M. Henry. (Phil. mag., 1825.)

On sait que l'éponge de platine ne détermine pas la combinaison des différens gaz combustibles avec l'oxigène à la même température : voici, d'après les expériences que j'ai faites, quelle est cette température pour chacun d'eux.

NOMS DES GAZ.	TEMPÉRATURE à laquelle commence l'action.	TEMPÉRATURE à laquelle se termine l'action.	PRODUIT de la combustion.	PROPORTIONS des gaz mélangés.
Oxide de carbone..	150° centig.	170	Acid. carbon.	1 vol. d'acide indique 1 vol. oxide de carbon.
Gaz oléfiant. ....	250	270	Eau, acide carbonique.	2 vol. d'ac. indiquent 1 vol. de gaz oléfiant.
Hydrogène proto-carboné des marais..	Un peu au-dessus de 300. Chaleur nécessaire pour ramollir le verre.	....	Eau, acide carbonique.	1 vol. d'acide indique 1 vol. d'hydro-carb.
Cyanogène. ....		....	Azote, acide carbonique.	2 vol. d'ac. indiquent 1 vol. de cyanogène.
Acide hydrochloriq.	121	....	Eau, chlore.	1 vol. d'azote indique 2 vol. d'ammoniaque.
Ammoniaque. ....	193	....	Eau, azote.	

De là résulte le procédé suivant pour faire l'analyse d'un mélange de gaz combustibles : on soumet le mélange à une température graduellement croissante, après y avoir introduit du gaz oxigène, du platine en éponge, ou une boule de platine et d'argile récemment chauffée au chalumeau ; l'oxide de carbone brûle le premier, vient ensuite le gaz oléfiant, etc. On détermine la proportion de chaque gaz en absorbant, à chaque condensation, l'acide carbonique par une dissolution de potasse.

J'ai vérifié l'exactitude de ce procédé en l'ap-

pliquant à des mélanges factices. Je ferai remarquer cependant qu'il convient de commencer par absorber le gaz oléfiant par le chlore, parce qu'il y en a toujours une partie qui brûle en même temps que l'oxide de carbone.

Au lieu de chauffer les gaz, on peut, après y avoir ajouté de l'oxigène, y introduire une quantité convenable de gaz hydrogène : ce gaz brûle à la température de l'atmosphère en présence de l'éponge de platine ; mais de sa combustion il résulte une production de chaleur qui détermine la combustion d'un autre gaz, si cette chaleur est suffisamment élevée : or, on peut l'amener à un degré déterminé en employant une quantité convenable d'hydrogène ; mais ce moyen est moins commode que le premier.

56. *Réaction de L'ACIDE HYDRIODIQUE sur les SOLUTIONS MÉTALLIQUES;* par M. Pleischl. (Journ. Ch., t. 13, p. 385.)

L'acide hydriodique pur forme immédiatement un précipité rouge foncé dans les solutions de platine médiocrement concentrées : après quelques minutes, le précipité devient noir ; après 4 heures, la surface se couvre d'une belle pellicule métallique, et le liquide reste d'un rouge hyacinthe foncé. Quand les sels de platine sont extrêmement étendus, l'acide hydriodique y forme un précipité foncé au bout de quelques heures, et le liquide est d'un rouge vineux, mais il ne paraît pas de matière métallique.

Les sels de palladium donnent lieu aux mêmes phénomènes que ceux de platine.

L'acide hydriodique produit une coloration et un précipité d'or dans les sels de ce métal ; un précipité noir, sans éclat métallique, et sans colora-

tion du liquide dans les sels de bismuth; une coloration en jaune et un précipité rougeâtre dans le sulfate de cuivre; mais il n'agit d'aucune manière sur le chromate de potasse, le tungstate d'ammoniaque, et sur les nitrates de nickel, de cobalt et d'urane.

57. *Nouveau moyen d'extraire l'or du minerai de platine*; par M. Arkhipoff. (J. des Mines de Pétersbourg.)

Le platine des environs de Goroblagadatsk contient une assez grande quantité de paillettes d'or, qu'on ne peut pas en séparer par les moyens ordinaires; mais on l'enlève en totalité en procédant comme dans l'expérience suivante: on a mis dans un vase de verre 5 livres 22 zolotniks (1) de platine, 18 zolotniks de mercure et 4 zolotniks d'acide nitrique; on a agité le mélange avec une lame de cuivre; on y a ensuite ajouté de l'eau, de manière à ce qu'il en soit recouvert d'un pouce et demi; puis on y a plongé une lame de cuivre en la promenant dans tous les sens; il s'est attaché à cette lame de l'amalgame d'or, qu'on en a facilement enlevé en la frottant sur l'eau et en réitérant la même manœuvre jusqu'à ce qu'il ne s'attachât plus rien à la lame: tout l'or s'est trouvé séparé du platine.

L'amalgame distillé a laissé 53 zolotniks d'or: on a chauffé le platine sur une plaque de fer pour volatiliser le mercure; le résidu a pesé 4 liv. 63 zolotniks: la perte n'a été que de 2 zolotniks, et elle doit être attribuée au sable fin que contenait le minerai. Les manipulations ont été exécutées en 4 heures.

(1) Le zolotnik est la 96<sup>e</sup>. partie de la livre russe = 0,825 de la livre française.

SUR LE GISEMENT DE PLATINE EN AMÉRIQUE.

LETTRE de M. Boussingault à M. de Humboldt.  
(An. de Ch., t. 32, p. 209.)

» Santa-Rosa de Osos est situé à environ dix lieues au N.-E. de Medellin: c'est un grand village placé sur un plateau tellement élevé qu'il domine tout le pays environnant. J'ai trouvé, par une observation barométrique, son élévation au-dessus du niveau de la mer, de 2775 mètres (à midi, barom.—544<sup>mm</sup>, 23, th. cent. 15°, 5). C'est, je crois, un des endroits habités les plus élevés de la province d'Antioquia.

» Le terrain de Santa-Rosa est une *syénite* décomposée, qui se lie à la même roche non décomposée qui forme la belle et fertile vallée de Medellin. En se rendant de cette ville à Santa-Rosa, on commence à observer cette roche dans le voisinage de San-Pedro. Son altération est fort remarquable; le feldspath est changé en kaolin, et l'amphibole a subi une modification analogue; c'est un kaolin amphibolique, si je puis m'exprimer ainsi; il est rouge, quelquefois jaune. Malgré l'état de décomposition dans lequel se trouve la *syénite* du Valle de Osos, elle est toujours en place et même elle conserve souvent une stratification régulière. C'est dans cette roche que se trouvent toutes les mines d'or qu'on exploite près de Santa-Rosa. Quelques-unes ne sont que de simples lavages de sable; mais généralement l'or est extrait de *filons* aurifères. Ces filons existent en grand nombre dans la *syénite* altérée: ils renferment des oxides de fer hydraté (*pacos*), mélangés de quartz ou d'argile jaune appelée *azufre* par les mineurs du pays. La puissance des filons n'est ordinairement que de quelques pouces;

leur direction est très-variable ; le plus souvent ils sont verticaux. L'or se trouve disséminé dans les *pacos* et dans le quartz ou dans l'argile qui accompagnent ces substances. Dans toutes les mines de Santa-Rosa les travaux s'exécutent à ciel ouvert, et la méthode est la même que celle qui est suivie à Titiribi. Après avoir enlevé la terre végétale, et mis à découvert les *têtes* de filons, on fait arriver un courant d'eau très-abondant, et qui, par la pente qu'on a donnée à la surface à exploiter, traverse cette surface avec une rapidité extraordinaire. Des hommes armés de leviers en fer (*varas*) sont placés dans le courant et détachent des masses de roches, qui sont aussitôt emportées par la force de l'eau; d'autres ouvriers brisent à coups de levier les plus gros morceaux, de manière à les faire entraîner plus aisément par le courant. Les débris de la roche provenant de ce travail sont portés par les eaux dans un long et étroit canal, qui est pratiqué au bas du champ d'exploitation. Ce canal n'a que très-peu d'inclinaison; l'eau, à mesure qu'elle le parcourt, ralentit de plus en plus son cours, et laisse déposer la roche divisée et les grains d'or, entraînant seulement les parties pierreuses les plus déliées. Après qu'on a fait agir le fer et l'eau pendant plusieurs jours, et qu'on a formé un *dépôt d'alluvion aurifère* dans le canal même, on procède au lavage à la manière ordinaire, avec cette différence que le *laveur* a soin de mettre de côté les fragmens d'oxide de fer (*paco*) qu'il trouve dans son auge de bois (*batea*); ces *pacos* sont unis à ceux qu'on ramasse dans le canal ou qui proviennent directement des filons. Tous sont broyés sur la pierre et lavés; la quantité d'or qu'ils donnent est considérable.

C'est dans l'or en poudre provenant d'un de ces *filons* que j'ai reconnu des *grains de platine*. Ces grains étaient semblables, par leur forme et par leur aspect, à ceux qui viennent du Choco. Ce fait du gisement du platine dans un filon de fer oxidé me semble pouvoir jeter quelque jour sur l'origine du platine qui se rencontre dans les terrains d'alluvion, origine qui jusqu'à présent a été fort problématique.

La forme de lames arrondies que présentent les pépites de platine qui se trouvent dans les terrains de transport du Choco a fait présumer que ce métal avait été long-temps roulé. Il est par conséquent bien remarquable que le platine de Santa-Rosa, dégagé de sa gangue, pour ainsi dire sous mes yeux, ait cette même forme. Au reste, l'apparence *roulée* n'est pas uniquement particulière au platine; on l'observe très-souvent sur l'or sortant des *pacos*; c'est un fait que j'ai eu fréquemment occasion de constater pendant mon séjour prolongé dans la province d'Antioquia. Lorsque j'étais dans les mines d'or de Buritica, j'ai pu reconnaître que le terrain de *syénite* et de *grunstein porphyrique* de cette province continue jusqu'au Choco; car, en allant de Buritica à Cagnas Gordas, près la Cerro de Morroacho, on passe l'*Alto de Toyo*, que j'ai trouvé élevé de 2,696 mètres: ce plateau fait partie d'une petite Cordillère qui sépare les eaux qui vont au Cauca de celles qui se rendent à l'Atrato. A Cagnas Gordas, j'ai séjourné parmi les Indiens Chocoes. Le Cagnas Gordas est le même que celui de Buritica; c'est un *grunstein* compacte, qui, près d'Antioquia, alterne avec de la *syénite* à petits grains. Dans certaines localités, ses grains prennent plus de déve-

loppement ; les cristaux de feldspath deviennent visibles et la roche passe au *grunstein porphyrique*. Les environs de Buritica offrent aussi d'énormes masses de jaspes calcifères ; je les crois placés dans la partie supérieure du terrain. C'est dans un de ces jaspes qu'existe une mine d'or importante, celle du Soliman, où l'on exploite une multitude de petits filons d'or. Leur gangue est blanche, cristalline et assez dure ; c'est en grande partie du *carbonate de manganèse*. On le broie et on le lave pour en extraire l'or qu'il renferme disséminé.

*Sur les mines d'or et de platine de l'Oural ; par M. de Humboldt. (Globe, 20 juillet 1826.)*

M. de Humboldt a annoncé à l'Académie qu'on a récemment trouvé des mines de platine dans les monts Ourals (gouvernement de Perme). Ces mines sont si riches, qu'on assure qu'elles ont fait baisser le platine d'un tiers à Saint-Petersbourg. En 1824, le terrain aurifère et platinifère a produit 286 punds, ou 5,700 kilogr. pesant de métal, ayant une valeur de 19 millions 500 mille francs. Les mines réunies de tout le reste de l'Europe ne produisent par an que 1,300 kilog. : celles du Chili en fournissent seulement 3,000, et toute la Colombie n'en donne que 5,000.

L'Oural produit aujourd'hui autant d'or qu'en a jamais fourni le Brésil à l'époque où ses mines étaient les plus productives. Le maximum a été de 6,000 kilog. (en 1755) ; aujourd'hui l'extraction n'est que de 1,000 kilog.

REPERTORIE DELLE MINIERE, etc. —  *Répertoire des Mines, ou Recueil de lettres-patentes, réglemens, mémoires et notices sur les substances minérales des États de S. M. le Roi de Sardaigne. T. 1 et 2. Turin, 1826.*

Ce Recueil, dont le titre fait assez connaître l'objet, est publié par les soins de l'*Administration économique de l'intérieur* du royaume de Sardaigne, qui annonce devoir le continuer en publiant successivement de nouveaux volumes : tous les articles qu'il renferme sont imprimés à-la-fois en deux langues, en italien et en français en regard.

Le premier volume contient les lois, les réglemens, les actes de concessions de mines et usines et de privilèges, rendus jusqu'à la fin de 1824.

Le second volume renferme d'abord les actes divers relatifs aux mines et aux usines pendant l'année 1825, et on y a ajouté plusieurs notices sur l'ancienne législation des mines dans les États de Sardaigne, sur l'École des mines établie à Moutiers, sur la méthode adoptée dans cette École pour le classement des élèves dans les examens, et sur la vie et les ouvrages des anciens inspecteurs généraux des mines de Sardaigne, MM. de Robiland, Grassion, Bely, Napione, Arimonti et de Rosemberg.

Les nombreux articles dont se composent les deux premiers volumes de cet utile Recueil ne sont pas susceptibles d'extraits ; il nous suffira d'annoncer que les lettres-patentes du 18 octobre 1822, et celles du 10 septembre 1824, établissent toute la législation et fixent le mode d'administration des mines et des usines dans les États de Sardaigne, et que d'autres lettres-patentes, billets royaux et manifestes camiraux concernent l'École royale de minéralogie, des dispositions relatives à plusieurs fabrications, et des concessions de mines, usines, fabriques et privilèges divers accordés à différens particuliers.

La notice sur l'École royale de minéralogie de Moutiers doit exciter plus particulièrement l'intérêt des membres

du Corps des mines de France. Les services que plusieurs ingénieurs français ont rendus en Savoie et en Piémont pendant que ces pays étaient soumis à la France ne sont pas oubliés; le souvenir de l'École des mines, qui avait été fondée en 1802 dans la même ville de Moutiers et dans le même local, et celui du Directeur et des professeurs qui y ont été attachés pendant douze ans, sont mentionnés honorablement; l'Administration de l'intérieur a même voulu donner une preuve encore plus marquée de la reconnaissance publique pour l'ancien Directeur, M. Schreiber, aujourd'hui inspecteur général honoraire des mines de France, en faisant placer son portrait dans la salle des exercices de l'École.

Parmi les personnes attachées à cet utile établissement d'instruction, l'École des mines de France retrouve avec satisfaction deux de ses anciens élèves, M. Despine, directeur, et M. Replat, professeur. Les autres branches d'instruction sont confiées à MM. Borson et Michelotti, dont les noms sont connus avantagement des savans.

## ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU PREMIER TRIMESTRE DE 1826 ET LE SECOND DE CETTE MÊME ANNÉE.

*ORDONNANCE du 9 mars 1826, portant autorisation de rétablir l'usine à fer de Beyssac (Dordogne).* Usine à fer de Beyssac.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le sieur Christophe-Armand-Victoire de Beaumont est autorisé à rétablir et à tenir en activité la forge qu'il possède sur la rive droite du ruisseau de Beyssac, commune de Sireuil et de Meyral, département de la Dordogne.

ART. II. Cette usine est et demeure composée, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, d'un haut-fourneau à fondre le minerai de fer, d'une forge à un seul feu pour affiner la fonte, d'un marteau à Drôme, des artifices propres à l'activité de l'usine et des bâtimens, halles et accessoires nécessaires à son exploitation.

*ORDONNANCE du 15 mars 1826, concernant les usines de Zornhoff (Bas-Rhin).* Usines de Zornhoff.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le sieur Chouard, propriétaire des usines dites de Zornhoff, commune de Monswiller, département du Bas-Rhin, est autorisé, conformément au plan joint à la présente ordonnance;

1<sup>o</sup>. A transformer en un martinet de forge à deux bat-

teries et à deux chaufferies, la scierie, le foulon à draps et le foulon à chanvre, dépendant desdites usines de Zornhoff ;

2°. A construire une forge de maréchal, nécessaire pour la confection de différens outils ;

3°. A élever un hangar, sous lequel seront placés deux fours de cémentation pouvant contenir chacun environ deux mille cinq cents kilogrammes de fer.

ARR. VIII. L'usage du bois ou du charbon de bois dans les fours est expressément interdit, et le charbon de bois ne pourra être employé que comme matière de cémentation.

Patouillet de la Chapelle St.-Quillain. *ORDONNANCE du 15 mars 1826, portant que les sieurs Derosne et compagnie sont autorisés à maintenir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, le patouillet à cheval existant sur le ruisseau dit le Mazibey, commune de la Chapelle Saint-Quillain (Haute-Saône).*

Affineries de St.-Médart. *ORDONNANCE du 15 mars 1826, portant autorisation de convertir un moulin en une affinerie, en la commune de Saint-Médart-d'Exideuil (Dordogne).*

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Le sieur de Malet est autorisé à convertir, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, le moulin des Fourches qu'il possède sur la rivière de la Louë, commune de Saint-Médart-d'Exideuil, département de la Dordogne, en une affinerie composée de deux feux et d'un marteau.

ART. VI. Conformément à sa demande, l'impétrant ne pourra consommer que dix-huit cents quintaux métriques de charbon de bois pour le service de sa forge des Fourches.

*ORDONNANCE du 22 mars 1826, portant modification, en ce qui concerne le régime des eaux, de quelques articles de l'ordonnance royale du 26 septembre 1821 (1), qui autorise les sieurs Plique et Martinot à établir un bocard et un patouillet sur la rivière de Rougeant, territoire de Joinville (Haute-Marne).*

Bocard et patouillet de Joinville.

*ORDONNANCE du 30 mars 1826, portant autorisation de conserver et de tenir en activité les usines à fer dites de Clavières, établies sur les territoires des communes d'Ardentes-Saint-Martin et d'Ardentes-Saint-Vincent (Indre).*

Usines à fer de Clavières.

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Les héritiers Étienne Grétre sont autorisés à conserver et tenir en activité les usines à fer dites de Clavières, qu'ils possèdent sur la rivière d'Indre, communes d'Ardentes-Saint-Martin et d'Ardentes-Saint-Vincent, département de l'Indre.

ART. II. La consistance de ces usines est et demeure fixée, conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, comme il suit, savoir :

- 1°. La forge haute, à deux hauts-fourneaux, quatre feux de forge, une fenderie et un martinet ;
- 2°. La forge basse, à un haut-fourneau et quatre feux de forge.

(1) Voyez *Annales des Mines*, t. VI, p. 629.

Mines de  
plomb ar-  
gentifère de  
Surtainville  
et de Pierre-  
ville.

*ORDONNANCE du 11 avril 1826, portant concession des mines de plomb argentifère de Surtainville et de Pierreville (Manche).*

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait concession aux sieurs Jacques-Philippe-Vincent Leconte-Dumanoir, Jean-François Coquoïn, Louis-François Godey, Jean Godey, Guillaume Godey, Louis-Guillaume Auray, Hubert Couturier, Joseph-Vincent-Thomas Guérin, Louis Guérin et Louis Debladis, des mines de plomb sulfuré argentifère sises communes de Surtainville et de Pierreville, département de la Manche, sur une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés sept hectares.

ART. II. Cette concession sera limitée ainsi qu'il suit, conformément au plan annexé à la présente ordonnance :

A l'ouest, par deux lignes droites brisées, partant du clocher de Surtainville et passant par Clébec et Reys ;

Au nord, par une ligne droite partant de Reys et aboutissant à Candas ;

Au nord-est et à l'est, par deux lignes droites, la première partant de Candas et se terminant au clocher de Pierreville ; la deuxième partant de ce clocher, passant par le château de Pierreville et aboutissant au ruisseau qui descend de la Fosse, à neuf cent cinquante mètres de distance du clocher de Pierreville ;

Enfin, au sud, par une ligne droite partant dudit point sur le ruisseau de la Fosse et aboutissant au clocher de Surtainville, point de départ.

ART. III. Il sera, à la diligence du préfet, et aux frais du concessionnaire, planté une borne en pierre, au point où la ligne partant du clocher de Pierreville aboutit à neuf cent cinquante mètres de distance du point de départ au ruisseau descendant de la Fosse.

L'ingénieur des mines dressera procès-verbal de cette opération. Copie de ce procès-verbal sera déposée aux archives de la préfecture, et il en sera donné avis à notre Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

*ORDONNANCE du 19 avril 1826, portant concession de la mine de houille de Durban (Aude).*

Mines de  
houille de  
Durban.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait concession au sieur Laurent Gleizes de la mine de houille existant sur le territoire de la commune de Durban, département de l'Aude, sur une étendue superficielle de cent seize hectares, limitée suivant le plan joint à la présente ordonnance, savoir :

1<sup>o</sup>. Au sud-est et au sud, par le cours de la rivière de Berre, depuis le point où elle reçoit le ruisseau de Sainte-Rafine jusqu'au confluent du ruisseau de la Salse ;

2<sup>o</sup>. Au sud-ouest et au nord-ouest, par une ligne droite tirée du confluent du ruisseau de Sainte-Rafine à l'angle sud-est de la bergerie de Pujan-del-Bose, et une autre ligne droite tirée de ce dernier point à la métairie de Faber, sur la montagne de Serrenegre ;

3<sup>o</sup>. Au nord, par une ligne droite tirée de la métairie de Faber au confluent du ruisseau de la Salse avec la rivière de Berre.

*ORDONNANCE du 26 avril 1826, portant que la dame Anne-Marie-Victoire de Clairon d'Haussonville de Sorans, et le sieur Gauthier, sont autorisés à tenir et conserver en activité le lavoir à cheval qu'ils ont établi sur le cours de la fontaine de la Duye, commune d'Onay (Haute-Saône).*

Lavoir à  
cheval de la  
Duye.

*ORDONNANCE du 26 avril 1826, portant autorisation au sieur Alfred-d'Archiac d'établir, conformément aux plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance, sur ses propriétés sises au territoire de la commune d'Argilly (Côte-d'Or), au lieu dit le Pré des Arveaux, à*

Haut-four-  
neau  
d'Argilly.

la jonction des rivières de Muzin et de Prêmeaux, un haut-fourneau à deux tuyères pour fondre le minerai de fer, lequel devra être construit et mis en activité dans le délai d'un an, à partir de la notification de la présente ordonnance.

Fourneau pour le minerai d'antimoine. **ORDONNANCE** du 26 avril 1826, portant autorisation d'établir au lieu dit Villerange, commune de Lussat (Creuse), un fourneau à fondre le minerai d'antimoine.

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le sieur Guillaume Fillieux, mandataire général de la Société en nom collectif, constituée à Guéret par acte du 8 juillet 1821, est autorisé à établir au lieu dit Villerange, commune de Lussat, département de la Creuse, un fourneau à fondre le minerai provenant de la mine d'antimoine de ce nom.

ART. II. Le fourneau, conforme au plan ci-annexé, sera mis en activité dans le délai d'un an, à partir de la notification de la présente ordonnance, et on pourra y employer, à volonté, du bois ou de la houille.

ART. III. Les constructions auront lieu sous la surveillance de l'ingénieur des mines du département, qui en dressera procès-verbal, dont expéditions seront déposées, l'une aux archives de la préfecture, l'autre à celles de la mairie de Lussat, et il sera donné avis de ce dépôt au Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Haut-fourneau et forge d'Orges. **ORDONNANCE** du 14 mai 1826, portant autorisation d'établir une usine à fer sur le cours d'eau des fontaines d'Orges (Haute-Marne).

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le marquis Duboulet est autorisé :  
1<sup>o</sup>. A transférer et à construire sur le cours des fon-

taines d'Orges, à gauche du moulin situé au-dessus de ce village, département de la Haute-Marne, le haut-fourneau que, par ordonnance du 20 février 1822 (1), il était autorisé à édifier à Maranville ;

2<sup>o</sup>. A transporter sur le même cours d'eau, et dans les bâtimens à droite du moulin d'en bas, la forge qu'il possède à Maranville, composée d'un feu d'affinerie, d'un marteau et de deux roues hydrauliques; le tout conformément aux cinq plans ci-annexés.

ART. VII. L'impétrant ne pourra mettre en activité son haut-fourneau et sa forge d'Orges que lorsqu'il aura fait démolir sa forge construite à Maranville.

ART. VIII. Il ne pourra, non plus que ses ayant-cause, traiter dans son haut-fourneau du minerai provenant du territoire de Latrecey.

ART. X. Il n'entreprendra aucune extraction de minerai qu'après avoir satisfait à la loi du 21 avril 1810, en ce qui concerne l'exploitation des mines et minières de fer.

**ORDONNANCE** du 14 mai 1826, portant concession des mines de fer des Violettes, commune de Ferrière (Isère).

Mines de fer des Violettes.

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Il est fait concession au sieur Joachim Dutrait des mines de fer des Violettes, commune de Ferrière, département de l'Isère.

ART. II. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de 113,440 mètres carrés, est et demeure limitée, conformément au plan joint à la présente ordonnance, comme il suit, savoir :

Au couchant, par le chemin des Fanges, sur une longueur de 482 mètres, à partir de la jonction dudit chemin avec celui des Violettes ;

Au midi, par une ligne menée de ce point de jonction, perpendiculairement sur le chemin des Ramées, les confins du couchant et du midi formant un angle de 100 degrés ;

(1) Voyez *Annales des Mines*, t. VII, p. 352.

Au levant, par le chemin des Ramées, sur une longueur de 450 mètres, à partir du point déterminé par le confin *midi*;

Au nord, par une ligne droite passant par les deux points déterminés par les confins levant et couchant, laquelle fait un angle de 68 degrés avec le confin du couchant et un angle de 96 degrés avec le confin du levant.

ART. III. La concession des Violettes est et demeure soumise au régime administratif déjà prescrit pour les quatorze concessions voisines, par l'ordonnance royale du 15 janvier 1817 (1), et notamment aux dispositions des articles 18, 19, 20 et 21 de cette ordonnance, en ce qui concerne le bornage de la concession, l'acquiescement des redevances dues à l'État, la fixation de la rétribution annuelle à payer aux propriétaires du sol, en exécution des articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, et enfin le règlement des indemnités voulues par les articles 43 et 44 de la même loi.

Usine à fer dite de Bonneau.

ORDONNANCE du 14 mai 1826, portant autorisation de tenir et conserver en activité l'usine à fer dite de Bonneau.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le sieur Aubertot, fils aîné, est autorisé à tenir et conserver en activité l'usine à fer dite de Bonneau, qu'il possède sur la rivière d'Indre, commune de Buzançais, département de l'Indre.

ART. II. La consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux plans d'ensemble et de détails joints à la présente, ainsi qu'il suit, savoir : un haut-fourneau, une forge à trois feux, une fenderie, un martinet et un bocard.

Verrerie de Vauxrot.

ORDONNANCE du 24 mai 1826, portant autorisation au sieur Violaine de construire dans la com-

(1) Voyez *Annales des Mines*, t. II, p. 113.

*mune de Cuffes, au lieu dit Vauxrot, près la montagne neuve (Aisne), dont l'emplacement est désigné au plan joint à la demande, une verrerie destinée à la fabrication des bouteilles et des cloches pour les jardins. Dans cette usine, qui sera composée d'un seul four, contenant six grands creusets, l'impétrant ne pourra employer pour combustible que de la houille.*

ORDONNANCE du 24 mai 1826, portant que le sieur Antoine Pascal est autorisé à établir sur sa propriété, située dans la commune de Saint-Just-sur-Loire (Loire), une verrerie pour la fabrication des bouteilles et du verre à vitre. Dans cette usine, composée de six fours, contenant chacun dix creusets, l'impétrant ne pourra employer pour combustible que de la houille.

Verrerie de Saint-Just-sur-Loire.

ORDONNANCE du 14 juin 1826, qui fixe la somme à laquelle s'élèvera, par abonnement, la redevance due par les concessionnaires des mines de houille de Ronchamp et Champagney.

Mines de houille de Ronchamp et Champagney.

ORDONNANCE du 21 juin 1826, portant que le sieur Bazile Raux est autorisé à rétablir les usines à fer qui, sous le nom de Bosseneau, existaient en la commune de la Neuville-au-Tourneur (Ardennes), et que la consistance de ces usines est et demeure fixée à un haut-fourneau et à deux bocards, conformément aux plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance.

Usines à fer de Bosseneau.

Usines de *ORDONNANCE du 21 juin 1826, concernant les*  
*Drambon. usines à fer de Drambon (Côtes-d'Or).*

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le sieur de Seran, propriétaire des forges de Drambon, département de la Côte-d'Or, est autorisé à ajouter à ces usines deux martinets, deux chaufferies et deux fours à réverbère, pour la fabrication de fers de petits échantillons ; le tout conformément à la demande et aux plans de masse et de détails joints à la présente.

ART. II. L'impétrant ne pourra employer dans ces nouvelles usines que la houille. Il demeure néanmoins autorisé à y brûler les braises du charbon de bois qui est consommé au haut-fourneau et au feu d'affinerie de Drambon.

Lavoirs de *ORDONNANCE du 21 juin 1826, concernant des*  
*Vingeanne. lavoirs établis sur la rivière de la Vingeanne*  
*( Haute-Marne ).*

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Les sieurs Bazile Daguin, Pernet-Duplessis, Forgeot et Huchez, sont autorisés à conserver et tenir en activité les vingt lavoirs à bras établis pour le lavage du minerai de fer, sur la rivière de la Vingeanne, lieu dit l'Île de Dommarien, département de la Haute-Marne, près du moulin de ce nom, et à l'emplacement représenté au plan dressé le 25 janvier 1826 par le sieur Besancenot, lequel demeurera annexé à la présente ordonnance.

ART. VII. Ils ne pourront augmenter le nombre des vingt lavoirs sans en avoir obtenu l'autorisation spéciale du Gouvernement dans les formes voulues par les lois et réglemens.

*ORDONNANCE du 21 juin 1826, portant modification, en ce qui concerne le régime des eaux, de l'ordonnance du 24 février 1825 (1), qui autorise l'établissement d'une usine à fer au lieu dit de Caussanus, sur l'Aveyron, commune de Bruniquel (Tarn-et-Garonne).*

Usine à fer,  
de Bruni-  
quel.

*ORDONNANCE du 21 juin 1826, concernant les*  
*usines à fer d'Abainville (Meuse).*

Usines d'A-  
bainville.

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Le sieur Muel-Doublat est autorisé à supprimer dans sa forge d'Abainville, sur la rivière d'Ornain, près Gondrecourt, département de la Meuse, deux feux d'affinerie et un de leurs marteaux, à les remplacer par huit fours à réverbère, dont six à affiner et deux à réchauffer, et à établir en outre une machine à étirer le fer, composée de trois paires de cylindres cannelés.

ART. VI. L'impétrant ne pourra consommer d'autre combustible que la houille.

*ORDONNANCE du 28 juin 1826, portant que les*  
*sieurs Henri et Godefert sont autorisés à établir*  
*sur une dérivation de la Marne, à côté du foulon*  
*dit les Chamoiseurs, ville de Joinville ( Haute-*  
*Marne ), et dans l'emplacement désigné au plan*  
*joint à la présente ordonnance, un bocard composé*  
*de deux batteries ayant chacune cinq pilons et*  
*un patouillet pour le lavage du minerai de fer, en*  
*faisant une prise d'eau dans la Marne, au moyen*

Bocard et  
patouillet de  
Joinville.

(1) Voyez *Annales des Mines*, t. X, p. 544.

d'un canal de dérivation qui prendra naissance un peu en amont du grand barrage de Joinville.

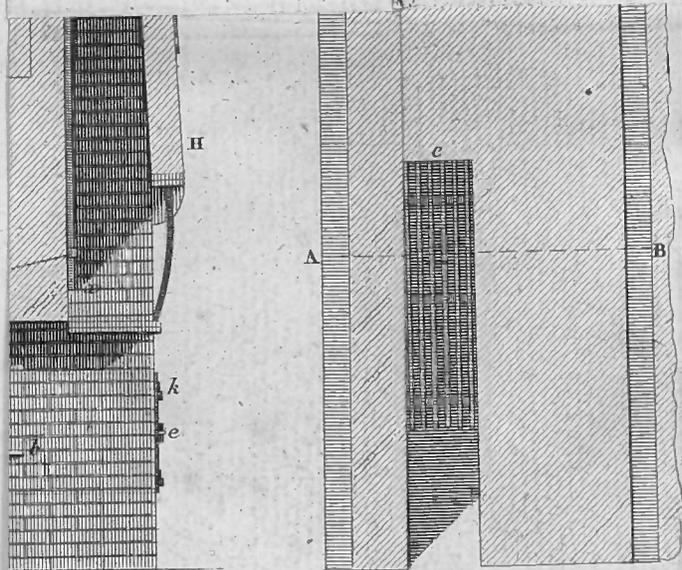
Patouillet de  
Vellemoz.

ORDONNANCE du 28 juin 1826, portant que le sieur Falatieu est autorisé à établir et tenir en activité un patouillet à roue et trois lavoirs à bras sur la rivière de Vellemoz, près du moulin de Saint-Armand, sur un terrain à lui accordé par le sieur Sugier, en la commune de Vellemoz (Haute-Saône), à la charge par l'impétrant de se conformer aux mesures de précautions prescrites par la présente ordonnance, et de cesser tout lavage de minerai, s'il est jugé nécessaire par le maire de Vellemoz, depuis le 1<sup>er</sup> juin jusqu'à la fin de la fauchaison de chaque année.

Lavoirs à  
bras du Pré  
Montarlot.

ORDONNANCE du 28 juin 1826, portant que le sieur Prieur est autorisé à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, quatre lavoirs à bras sur un terrain qui lui appartient au lieu dit le Pré Montarlot, commune de Beaujeux (Haute-Saône).

Fourneau pour la  
de l'Antimoine  
à Malbosc



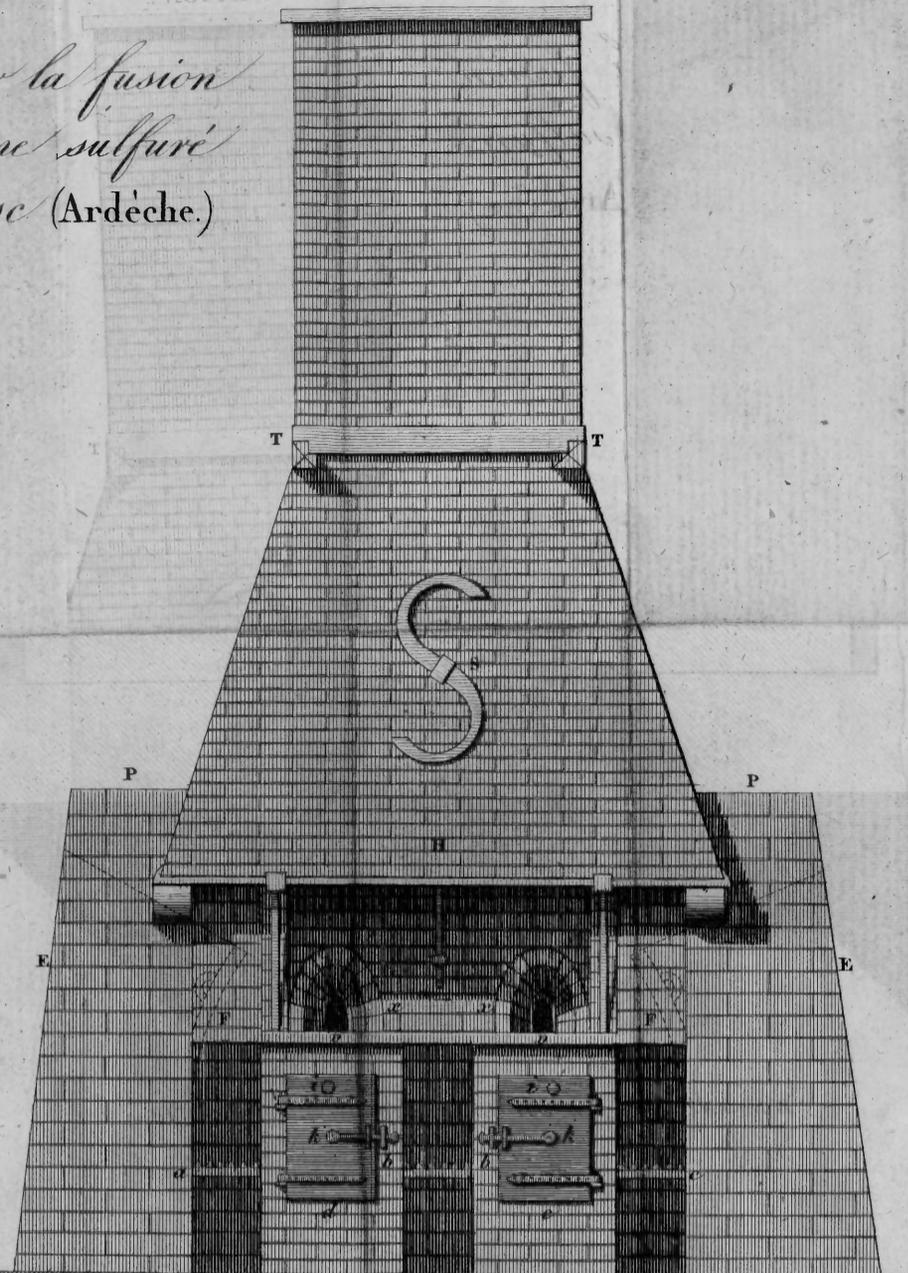
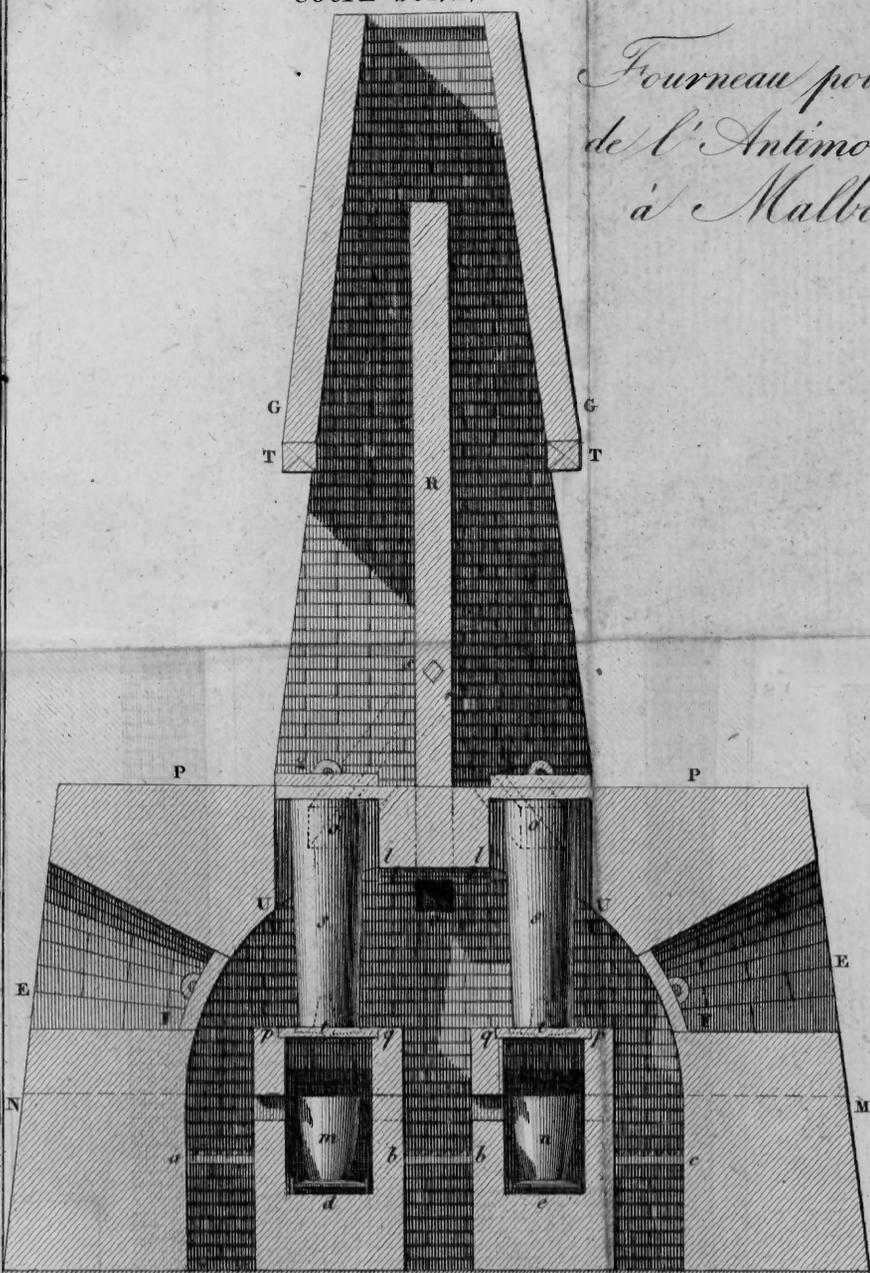
P. F. Jabin A<sup>l</sup> Ingén<sup>r</sup> des M<sup>s</sup>

é par Berthe, Rue S<sup>t</sup>. Jacques, N<sup>o</sup> 66.

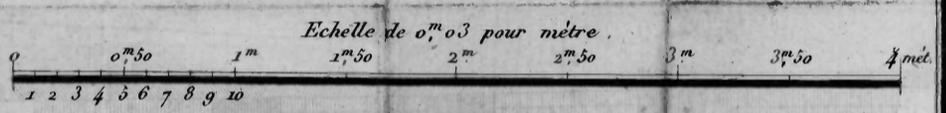
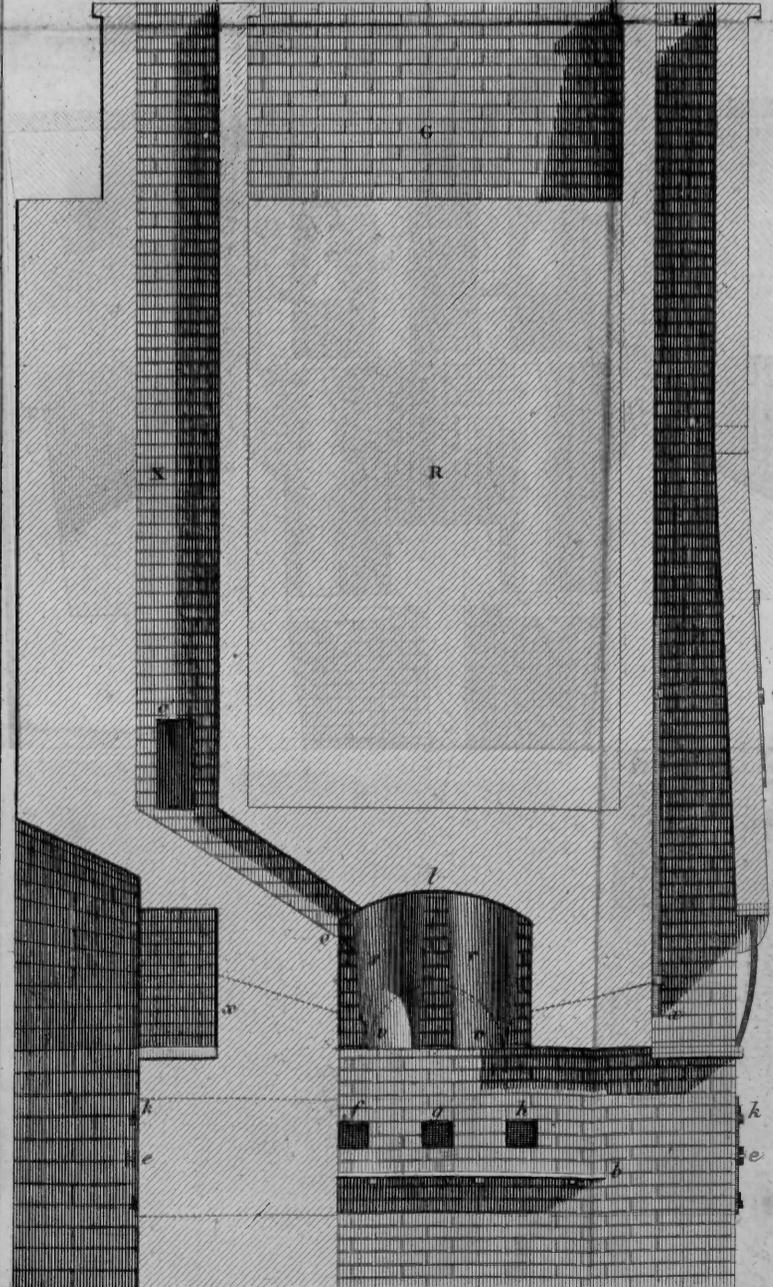
COUPE SUIVANT A B.

*Fourneau pour la fusion  
de l'Antimoine sulfuré  
à Malbosc (Ardèche.)*

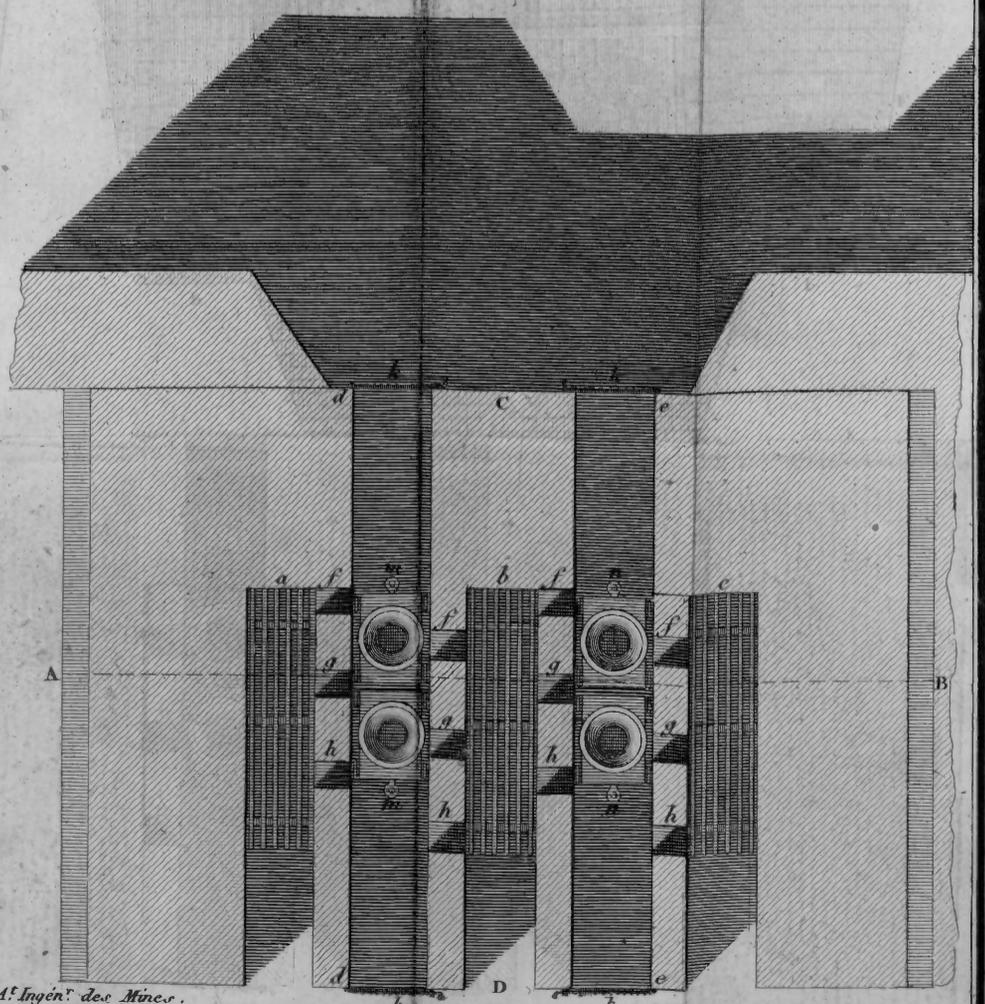
ÉLEVATION.



COUPE SUIVANT C D.



PLAN AU NIVEAU DES RECIPIENS, SUIVANT N M.



P. F. Jabin A<sup>e</sup> Ingén<sup>r</sup> des Mines.

## DESCRIPTION

*Des procédés suivis à Chessy pour la préparation mécanique des minerais ;*

PAR M. THIBAUD, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Le minerai de cuivre carbonaté bleu est l'objet principal et presque unique de l'exploitation de la mine de Chessy. Il est accidentellement associé à du cuivre carbonaté vert, soit à l'état de malachite, soit à l'état compacte ou terreux; il est en outre accompagné de cuivre oxidulé, tantôt en cristaux isolés, recouverts d'un enduit mince de cuivre carbonaté vert, tantôt en particules disséminées dans les grès.

Nature des minerais et de leur gangue, gisement.

Sur un seul point et dans une faible étendue, on exploite du cuivre oxidulé, distribué en petites plaques et enduits superficiels dans les fissures d'une argile ferrugineuse et schisteuse avec du cuivre natif.

Les gangues sont le grès, l'argile et l'argile schisteuse.

Les grès sont ordinairement quarzeux et feldspathiques, quelquefois entièrement quarzeux; le mica y est très-rare.

Le plus souvent ils sont friables ou faiblement agrégés, quelquefois très-durs, et alors le quartz y abonde.

Ces grès sont à grains fins.

Le fer hydraté, le manganèse oxidé, et plus rarement le zinc oxidé silicifère ou carbonaté, accompagnent le minerai de cuivre.

Ce dernier est disposé en noyaux et masses tuberculeuses cristallines dans l'argile, en boules ou parties plus ou moins arrondies dans le grès,

T. I, 2<sup>e</sup> livr. 1827.



et tantôt en petites veines, tantôt sous forme de boules aplaties dans les argiles stratifiées.

Le minerai, dans l'argile, est à l'état cristallin, de manière que la surface des tubercules est hérissée de pointes de cristaux.

Dans l'argile schisteuse, au contraire, les boules sont formées de minerai à l'état compacte, sans cristallisation extérieure, et souvent ces boules offrent dans leur intérieur une cavité ou géode tapissée de cristaux de cuivre carbonaté bleu, de baryte sulfatée et de malachite.

Ces deux sortes de minerais sont les plus riches; ils ne se mêlent nullement avec la gangue qui les enveloppe.

Dans le grès, au contraire, les boules de minerai sont pénétrées d'une plus ou moins grande quantité de grès; aussi ces boules sont-elles d'une richesse très-variable et toujours inférieure aux précédentes.

L'ensemble de la masse métallifère forme une ou plusieurs couches subordonnées dans un terrain de grès et d'argile schisteuse.

Ces couches sont extrêmement variables en nombre et en épaisseur.

Ce terrain s'adosse au terrain primitif, et il est recouvert par le calcaire à gryphites.

L'objet de ce mémoire étant seulement de faire connaître la préparation mécanique des minerais, il serait inutile d'entrer dans de plus grands détails sur leur gisement.

Le minerai, en sortant de la mine, est divisé en deux classes; savoir, les gros morceaux, dont la gangue est ordinairement du grès plus ou moins dur ou de l'argile schisteuse endurcie, et le minerai menu.

Le premier est envoyé à l'atelier du triage,

Division des minerais.

pour être cassé et trié; le menu est envoyé au lavage pour être d'abord débourbé, classé par grosseur et enfin trié.

On fera successivement connaître ces diverses manipulations et les produits qu'on en retire.

Le minerai menu forme environ les  $\frac{9}{10}$  du produit de l'exploitation; le gros minerai forme le reste.

L'opération du débourbage a pour objet de séparer du minerai menu toute l'argile et tout le sable dont il est mélangé et enveloppé, et de rendre par là le triage possible. Elle s'exécute dans un tonneau ou cylindre à deux fonds, *q b'*, *fig. 1 et 3*, Pl. 2, dont les douves laissent entre elles des intervalles suffisans pour laisser échapper la partie terreuse et retenir le minéral.

Ce cylindre, une fois rempli, est disposé horizontalement sur une cuve pleine d'eau *g*, de manière à être immergé jusqu'au niveau de l'axe *a'* qui le traverse, et une roue hydraulique *k* lui imprime un mouvement de rotation convenable.

Par suite, les morceaux ou parties de minerai frottent continuellement les uns contre les autres, l'argile et le grès se désagrègent, se divisent, et pendant que l'argile délayée est entraînée en suspension dans l'eau, le sable fin se dépose au fond de la cuve.

Une grille *l* placée au-dessous du cylindre tournant, et suspendue par quatre chaînes *s, s*, reçoit du cylindre des chocs répétés au moyen de cames *u*, *fig. 3*, implantées circulairement à la surface de ce dernier; de cette manière, elle laisse échapper les sables fins, et elle retient les gros sables seulement, dans lesquels il se trouve assez de minerai pour qu'on puisse l'en extraire avec avantage.

Par cette opération, le minerai qui y a été soumis est débarrassé de toute la partie terreuse, et il est réduit au quart ou au cinquième de son poids.

Le produit utile se compose du gros minerai retenu dans le cylindre et du gros sable retenu sur la grille. On envoie ce dernier à l'atelier du criblage, dont on s'occupera plus tard.

Le minerai débourbé se compose de fragmens, boules et cristaux de diverses grosseurs : on le jette immédiatement sur une grille inclinée, dont les barreaux laissent entre eux un intervalle suffisant pour retenir les minerais d'une grosseur supérieure à celle d'une amande. Ces derniers, dont il est facile de séparer à la main tout ce qui est étranger au minerai, sont conduits à l'atelier des tables. La portion qui a traversé la grille est envoyée au criblage à la cuve.

Le minerai destiné à être trié à la main est étendu en couches minces sur des tables rectangulaires légèrement inclinées ; à l'aide d'un faible courant d'eau qu'on y fait affluer, on enlève les dernières parties d'argile et de sable qui cachent la couleur du minerai, et l'on aide à cette séparation en le remontant contre le courant avec des racles et des pelles.

Immédiatement après, des jeunes gens enlèvent toute la gangue pierreuse, ensuite les morceaux de minerai adhérens à des portions de gangue, que l'on envoie à l'atelier du cassage sous le nom de minerai maigre ; enfin ils choisissent

et mettent au magasin le minerai riche qui reste. Le minerai débourbé menu est d'abord trié de grosseur au moyen de deux grilles dont les barreaux sont plus rapprochés que ceux de la grille dont il a été déjà question.

Triage de grosseur du minerai débourbé.

Triage sur les tables.

Criblage à la cuve des minerais débourbés menus et du gros sable.

Cette première séparation, par ordre de grosseur, rend le criblage à la cuve plus prompt et le tirage plus parfait. Les trois classes de minerai qui en résultent se criblent séparément d'une manière analogue à celle employée pour les minerais de plomb sulfuré, avec cette différence que la séparation de la gangue est plus difficile et moins parfaite, parce que la pesanteur spécifique de cette dernière diffère peu de celle du minerai. Il faut par suite répéter davantage les manipulations, y apporter beaucoup d'attention et d'adresse, et s'aider du triage à la main, toutes les fois que la grosseur des fragmens le permet.

On obtient pour produit du minerai riche, presque entièrement dépouillé de gangue, du minerai médiocre, où cette dernière est plus ou moins abondante, et composée principalement de quartz et quelquefois de calamine ; et enfin un dépôt dans les cuves, que l'on renvoie à l'atelier du débouillage pour en retirer les portions de minerai qui, dans le courant des opérations, ont pu tomber dans les cuves.

Quant au gros sable retenu par la grille du tonneau, il est trié de même au criblage, et il donne les mêmes produits.

Le travail du criblage à la cuve est assez connu pour qu'on soit dispensé de donner plus de détails.

Ainsi qu'on l'a annoncé, on casse et on trie à la main :

1°. Le gros minerai qui sort immédiatement de la mine ;

2°. Les minerais débourbés maigres fournis par l'atelier des tables.

On obtient du minerai riche, du minerai médiocre, dans lequel la gangue est trop disséminée dans

Cassage et triage du gros minerai

le minerai pour pouvoir en être séparée, du minerai menu composé de fragmens et débris du cassage, et enfin des matières de nulle valeur.

Le minerai riche et le minerai médiocre, sous la dénomination de gras et de maigre, sont fondus en mélange convenable avec les produits analogues des tables et du criblage. On a soin cependant de séparer du minerai maigre du cassage tous les morceaux qui ne contiennent que du cuivre oxidulé, disséminé en trop faible proportion pour qu'on puisse les fondre avec avantage.

On les envoie dans cet état à l'atelier du bocardage, pour être pilés dans un bocard à eau, et enrichis sur une table à percussion : c'est de ce travail qu'on va s'occuper.

Bocardage et lavage du minerai de cuivre oxidulé.

L'atelier du lavage du minerai de cuivre oxidulé se compose d'un bocard à deux batteries, de trois pilons chacune, et d'une table à percussion; il a été créé depuis un an pour tirer parti des minerais contenant uniquement du cuivre oxidulé en parties trop rares et trop disséminées pour que le triage à la main en soit possible.

L'exploitation fournit directement la plus grande partie du minerai qui alimente cet atelier, le reste provient du cassage.

Le premier est dans une argile ferrugineuse tendre, qui se délite et se divise promptement par l'exposition à l'air. Le minerai du cassage est dans un grès ferrugineux généralement dur, accompagné d'un peu de malachite, et quelquefois de calamine. On les bocarde ensemble de préférence, afin d'obtenir des batteries un plus grand travail.

On bocarde à la grille, de manière à obtenir du gros sable; ce dernier est enrichi immédiatement sur la table à percussion; les boues et les shlamms du bocard sont rebutés comme trop pauvres.

On obtient seulement environ 1 pour 100 de minerai enrichi, dont une portion riche tenant 70 à 75 pour 100 de métal, et le reste, maigre, tenant 30 à 50 pour 100 seulement.

Le bocard peut piler 5,000 kilogrammes de minerai en douze heures, et la table pourrait enrichir le produit de 6 à 7,000 kilogrammes.

Le minerai enrichi est broyé avec de la chaux éteinte, et fondu avec le minerai carbonaté aux fourneaux à manche.

La table à secousse a été construite d'après les dessins de celle qui est décrite dans la *Richesse minérale*, et le bocard sur le modèle de ceux construits à Pezey et à Macot sous la direction de M. Shreiber.

De toutes ces opérations, celle du débouillage est la seule qui soit particulière à l'établissement de Chessy; comme elle est susceptible d'être appliquée à d'autres localités et à d'autres minerais, on croit devoir entrer dans quelques détails sur la manière de l'exécuter. On fera connaître ensuite les résultats matériels et économiques de la préparation mécanique, telle qu'elle s'exécute depuis plusieurs années; on indiquera les changemens et améliorations qui y ont été apportés successivement; enfin en comparant la méthode actuelle à celle employée à l'époque de la découverte du minerai bleu, on fera ressortir les grands avantages qui sont résultés de l'emploi de la nouvelle méthode.

Quatre ouvriers et un chef sont employés au débouillage. Le minerai est déposé au niveau BC, fig. 1 et 3, Pl. II.

Au moment de commencer une opération, deux ouvriers se placent au treuil à manivelle, fig. 1 et 2, pour élever l'une des extrémités du

Détails pratiques sur le débouillage.

cylindre, et lui donner la position indiquée par les *fig.* 1 et 3. Ils assujettissent les deux pieds droits ZZ, de manière à ce qu'ils supportent le cadre xx, et que les ouvriers soient à l'abri de tout accident en cas de rupture de la corde.

Le chef ouvre la porte supérieure C', *fig.* 5, il y place la trémie D, les ouvriers y jettent le minerai avec des brouettes, et lorsque le cylindre est plein, le chef enlève la trémie, il referme la porte C', et les ouvriers replacent le tonneau dans la position horizontale indiquée par la *fig.* 2. On a eu soin de remplir d'eau la cuve g en tenant la pelle j abattue, et la soupape g'' ouverte, et alors le chef fait arriver l'eau sur la roue k en fermant la soupape de décharge P'.

Au bout de huit à dix minutes de rotation, lorsqu'il s'aperçoit qu'il ne sort plus de sable du tonneau, il arrête le mouvement de la roue, il fait reprendre à la machine la position 1 et 3, en employant les mêmes précautions que précédemment.

On enlève la pelle j, afin que le courant d'eau entraîne le sable déposé au fond de la cuve; un des ouvriers place sur le plafond h, et au-dessous du tonneau, un couloir ou sorte de caisse rectangulaire à bords peu élevés, afin de recueillir le sable retenu par la grille; on donne à cette dernière une plus grande inclinaison en détachant les deux chaînes inférieures ss, afin que le sable tombe de lui-même dans le couloir, d'où on l'enlève avec une pelle pour le conduire au criblage. Cela fait, le chef ouvre la porte inférieure du tonneau, le minerai débourbé tombe dans le couloir, d'où on l'enlève pour le jeter sur les grilles. La porte refermée, on remplit de nou-

veau la cuve d'eau, le tonneau de minerai, etc.

Une opération complète dure de quinze à quarante minutes, selon la nature de la gangue; elle est plus prompte avec le grès.

Les ateliers pour la préparation du minerai bleu ont occupé, en 1826, généralement cinquante ouvriers par jour; savoir, cinq au débouillage, vingt-cinq aux tables et au criblage, et vingt au cassage. On a exécuté moyennement, par jour, trente-cinq opérations au débouillage, de 1,200 kilogrammes chacune, et par suite on a débouillé 42,000 kilogrammes de minerai.

D'après la moyenne de l'année, 1000 tonnes ou 1,000,000 kilogrammes de minerai brut, ont produit :

Minerai riche des tables. . . . .	34,67	} 131 tonnes.
Minerai riche du criblage. . . . .	17,34	
Minerai pauvre du criblage. . . . .	20,66	
Minerai riche du cassage. . . . .	5,88	
Minerai pauvre du cassage. . . . .	52,45	} 58,33

Les frais se sont élevés, savoir :

Pour le débouillage. . . . .	287,50	} 1332,50
Triage aux tables. . . . .	171,30	
Triage au crible. . . . .	298,70	
Cassage. . . . .	575,00	

d'où résulte que 10 tonnes de minerai prêt à fondre ont coûté en main-d'œuvre 101 fr. 72 c. D'après les essais, 1,000 tonnes ont dû produire 32,14 tonnes de cuivre-rosette; par suite, la tonne de rosette a coûté en frais de préparation mécanique 41 fr. 46 c. On a réuni dans le tableau suivant les divers résultats obtenus en 1826, et ceux des quatre années précédentes, afin que la comparaison en fût plus facile.

RÉSULTATS de la préparation mécanique à Chessy.	1822.	1823.	1824.	1825.	1826.	
Nombre de tonn. de minerai bleu lavé par jour.	12.	18.	25.	35.	42.	
Produit de 1,000 tonnes de minerai.....	301	90.82 47.77 81.35	54.32 43.10 99.66	32.56 45.27 67.95	34.60 38.00 58.30	
						(Minerai des tables prêt à fondre.....
						<i>Id.</i> du criblage <i>id.</i> ... <i>Id.</i> du cassage <i>id.</i> ....
TOTAL. — Tonnes...	301	219.94	197.08	145.78	131.	
Cuivre contenu dans 1,000 tonn. miner. brut.	73.44	52.24	40.62	31.07	33.11	
Frais de main-d'œuvre pour <i>id.</i> <i>id.</i> fr.....	3515.00	2848.74	2048.24	1581.02	1332.58	
<i>Id.</i> pour 10 tonnes de minerai prêt à fondre.	116.77	129.48	103.97	108.45	101.77	
<i>Id.</i> pour 1 tonne de cuivre-rosette.....	47.82	54.53	50.42	50.88	41.40	
Nomb. de tonn. de minerai rouge lavé par jour.	.....	.....	.....	.....	5 à 7	
Produit de 100 tonnes, en minerai lavé.....	.....	.....	.....	.....	1	
Cuivre contenu, moyennement k.....	.....	.....	.....	.....	600 k.	
Frais de main-d'œuv. par tonne de miner. lavé.	.....	.....	.....	.....	fr. 80.00	

On a fait connaître les procédés employés à Chessy en 1826 pour la préparation des minerais. Il reste à dire un mot de ceux employés dans l'origine, et d'indiquer les modifications et améliorations que l'expérience a successivement fait juger nécessaires.

Ancien procédé de lavage. Le minerai bleu a été découvert en 1812, à la suite d'une recherche de cuivre pyriteux.

A cette époque, et jusqu'en septembre 1821, on se contentait d'étendre le minerai, au sortir de la mine, sur des tables de 20 à 24 pieds de long et 2 pieds de large; on y faisait affluer un courant d'eau, et des jeunes gens armés de râteaux agitaient le minerai en le remontant contre

le courant, de manière à faire entraîner par l'eau l'argile et le sable qui l'enveloppaient.

Ils triaient ensuite à la main le minerai débourbé et en séparaient les parties non cuivreuses. Ce procédé était long et dispendieux, et le débouillage imparfait: l'eau entraînait beaucoup de parties de minerai; le menu, qu'il eût été trop long de trier à la main, était mis au rebut, faute de savoir en tirer parti. Les gros morceaux destinés à être fondus retenaient beaucoup de gangue adhérente.

Un travail aussi imparfait occasionnait une grande perte de minerai et des frais considérables de fusion. On a pu néanmoins l'employer dans les premières années, où l'on n'exploitait que des minerais fort riches tenant 10 à 12 pour 100 de métal et dont la gangue, généralement argileuse, était facilement entraînée par l'eau; mais elle ne pouvait plus suffire en 1821, et encore moins dans les dernières années, lorsque le minerai, devenu non-seulement beaucoup plus pauvre, était en outre accompagné d'une gangue de grès ou d'argile schisteuse, plus solide, plus adhérente et qui ne pouvait être séparée que par le frottement suffisamment prolongé des morceaux les uns contre les autres.

Ce fut en septembre 1821 que M. Cagniard de Latour, un des propriétaires de l'usine de Chessy, eut l'heureuse idée d'appliquer à ce minerai le mode de débouillage précédemment décrit. Le tonneau à débouiller était en bois, et l'on faisait dix à douze opérations par jour.

Vers la fin de 1822, on le construisit tout en fer, afin de se rendre indépendant de la trop grande variation dans les ouvertures des dou-

Changemens successifs apportés dans les procédés de lavage.

ves, des réparations trop fréquentes qu'il exigeait, des retards qui résultaient de l'engorgement de l'argile et du minerai dans les intervalles entre les douves en bois, et enfin des pertes de minerai menu qui avaient lieu par suite de l'écartement trop considérable de ces douves.

Il en résulta immédiatement une plus grande activité dans le travail.

Peu de temps après, on remarqua que le gros sable sorti du tonneau contenait assez de minerai de cuivre pour qu'on pût l'en extraire avec bénéfice ; dans le but d'en tirer parti, on disposa au-dessous du tonneau une grille métallique pour le retenir, et en 1823, après quelques essais préliminaires, on créa un atelier de criblage à la cuve, afin d'utiliser et d'enrichir ce sable, qui jusqu'alors avait été perdu dans la rivière.

Ce sable forme  $\frac{1}{10}$  environ du minerai brut ; il contenait, dans l'origine, 8 à 10 pour 100 de métal, et en 1826 1 à 2 pour 100 seulement.

En 1823, pour diminuer les frais de main-d'œuvre et rendre le triage plus parfait, on fit passer à la claie le minerai sorti du tonneau, et on a criblé depuis lors à la cuve tout le minerai menu, au lieu de le trier sur des tables.

Au fur et à mesure que les minerais se sont appauvris, il a fallu accroître l'atelier du cassage, et substituer au triage imparfait qui s'exécutait dans l'origine un triage plus soigné et plus convenable.

Enfin pour diminuer les frais du débouillage, utiliser la chute d'eau et gagner du temps, on a augmenté en 1826 les dimensions du tonneau d'un cinquième, en sorte qu'il contient actuellement 1,200 kilog. au lieu de 1,000 qu'il tenait auparavant.

Ce sont ces diverses modifications qui ont contribué à amener progressivement une diminution notable dans les frais de préparation du minerai, en même temps qu'elles ont imprimé à ce travail une plus grande activité : de telle sorte que l'on est parvenu à débourber, laver et trier par jour 42 tonnes de minerai brut en 1826, avec une dépense en main-d'œuvre de 1,33 francs par tonne, tandis qu'en 1822 on ne pouvait en débourber que 12 avec une dépense de 3,51 francs. Par suite de cette diminution dans les frais, la tonne de cuivre produite par ce minerai ne se trouve chargée, cette dernière année, que de 41,46 fr. en frais de préparation mécanique au lieu de 47,82 fr. qu'elle avait coûté en 1822, quoique la richesse du minerai en cuivre ait diminué, dans cet intervalle, dans le rapport de 7,34 à 3,21.

Indépendamment des avantages de la méthode actuelle sous le rapport de l'activité et de l'économie du travail, elle présente encore, relativement à la méthode ancienne, l'avantage beaucoup plus important d'entraîner une bien moindre perte de minerai, et de fournir un minerai plus pur, qui exige des frais de fonte moins considérables. Voici les données qui peuvent servir à mesurer les avantages obtenus par le procédé actuel sur celui qui a été employé depuis 1812 jusqu'en 1821. On s'est assuré que dans cet intervalle de temps les frais de débouillage et de triage étaient au moins aussi considérables qu'en 1822 ; on admettra le cas le plus favorable, en supposant que la tonne de minerai brut coûtait pour le débouillage et le lavage 3<sup>f</sup>,50. Comme en 1822, on perdait à la rivière par tonne de minerai 100 kilog. de sable tenant 10 pour 100 de cuivre, dont la moindre valeur est de 15 francs.

Résultats comparatifs de l'ancien et du nouveau procédé.

Le minerai que l'on fondait, retenant au moins un tiers de matières pierreuses, occasionnait des frais de fonte plus que doubles de ceux de l'année 1826, et par suite on dépensait en frais de fonte, par tonne de minerai brut, 10 fr. de plus que cette dernière année.

Le même minerai, débourbé et lavé par le procédé perfectionné de 1826, n'eût coûté par tonne que 1 fr. 56 : d'où résulte que l'ancien procédé entraînait soit en frais de main-d'œuvre, soit en frais de fonte, soit en perte de minerai, un excédant de dépense en argent de 27 fr. 20 par tonne de minerai brut, comparativement au mode de lavage employé en 1826; et comme on lavait 12 tonnes par jour, on perdait chaque jour une somme de 526 fr. 40.

Il reste à calculer ce qu'on eût perdu en 1826 si l'on eût employé l'ancien procédé. Pour un minerai qui ne rend que  $\frac{32}{1000}$  de cuivre, la tonne de minerai eût coûté :

Imperfection de la méthode actuelle.	1°. Lavage et triage.....	3,50	} 16,50
	2°. 10 kil. sable à 2 pour 100..	3,00	
	3°. Frais de fonte en plus.....	10,00	
	Elle coûte actuellement.....		1,30
	Avantage obtenu par tonne..	fr. 15,20	
	Et par jour, pour 42 tonnes...	fr. 638,40	

Le procédé actuel, quoique bien supérieur à l'ancien, offre néanmoins des imperfections qu'il serait important de faire disparaître.

1°. Dans le débourbage au tonneau, il est à désirer qu'on trouve un moyen de tirer parti des sables fins qui se perdent à la rivière, en en extrayant 1 à 2 millièmes de cuivre qu'ils contiennent. Actuellement, chaque tonne produit environ 400 kilog. de sable fin, et l'on perd chaque

jour 17 à 34 kilog. de cuivre. On a essayé, sans succès, d'en tirer parti soit au criblage, soit au moyen de la table à percussion.

2°. Le triage de grosseur, par le moyen de diverses grilles inclinées, et le triage à la main sur les tables, exigent de remanier le minerai un grand nombre de fois, et entraînent par suite perte de temps et surcroît de frais de main-d'œuvre.

3°. Le criblage à la cuve laisse perdre dans les nulles valeurs une certaine quantité de minerai, sur-tout lorsque la gangue est quarzeuse, parce que la différence de pesanteur spécifique entre le minerai bleu et la gangue, dans ce cas, n'est pas assez considérable.

Malgré ses imperfections, le procédé actuel est infiniment supérieur à l'ancien, sous tous les rapports; il a procuré de grands avantages aux propriétaires de Chessy, et il a accru de beaucoup les ressources de l'établissement, en permettant de tirer parti d'un minerai pauvre, auquel l'ancien procédé eût été inapplicable.

Le mode de débourbage imaginé par M. Cagniard de Latour est le principe et la base essentielle de ce procédé; c'est du moment où il a été établi (1822) que date l'accroissement de prospérité des mines de Chessy, qui, en 1821, étaient menacées d'une ruine prochaine.

Les améliorations apportées depuis lors à la préparation mécanique des minerais ont été presque toujours des conséquences immédiates de cette invention, ou des applications plus ou moins heureuses de ce qui se pratiquait ailleurs dans des cas analogues.

*Explication des figures de la planche 2, représentant la machine à débourber de Chessy.*

*Fig. 1,* Coupe verticale de l'atelier de débourbage et de lavage du minerai de cuivre, et du mécanisme employé pour cet usage.

*Fig. 2,* Plan de l'atelier. On a supposé dans cette figure que le tonneau est dans la position horizontale.

*Fig. 3,* Coupe du cylindre à débourber, prêt à être chargé, ainsi que de la grille et de la cuve dans laquelle il se meut.

*Fig. 4,* Plan de la grille, le cylindre étant enlevé.

*Fig. 5,* Fond supérieur du cylindre.

*Fig. 6,* Coupe du cylindre perpendiculairement à son axe.

Les *fig. 3, 4, 5 et 6* sont sur une échelle double du plan général 1 et 2. *a*, cylindre dans lequel on jette le minerai pour le laver; ses douves sont un peu écartées pour donner passage au grès friable et à l'argile; *D*, contonnoir mobile pour charger le cylindre; *CB*, plancher de roulage; *d*, grille en fer pour retenir le gros sable riche; *e*, treuil à double manivelle pour élever ou abaisser le cylindre; *f*, contre-poids pour équilibrer le cylindre chargé; *g*, cuve d'immersion; *g'*, cuve additionnelle, qui est devenue inutile depuis l'emploi de la grille *d*; *h*, plancher; *i*, canal qui conduit l'eau à la cuve d'immersion; *j*, empellement destiné à tenir la cuve pleine d'eau; *k*, roue hydraulique qui donne le mouvement de rotation au cylindre; *l*, coursier de la roue hydraulique; *m*, canal de fuite de la cuve d'immersion; *n*, trop-plein de la cuve d'immersion; *o*, canal qui fournit l'eau au sommet de la roue *k*; *p*, soupape à charnière qui fournit à la cuve *g*; *q*, sabot en fer destiné à empêcher le cylindre de glisser lorsqu'on l'incline; *rrr*, quatre bras ou supports des chaînes qui soutiennent la grille *d*; *ss*, chaînes auxquelles la grille est suspendue; *t*, moutonnet à galet tournant, qui reçoit le choc des cames *u*, fixées au nombre de 12 sur la circonférence du cylindre; *v*, pieds-droits ou jambes mobiles de sûreté pour garantir les ouvriers d'accidens, en cas de rupture de la corde du contre-poids; *x*, cadre mobile à charnière, qui supporte le cylindre et sert à l'élever et à l'abaisser; *y*, deux arrêts coudés servant 1°. de support à la grille lorsqu'on a décroché deux des chaînes pour la vider; 2°. à recevoir le contre-choc de la grille pendant le mouvement du cylindre; *z*, ressort à spirale pour renvoyer la grille déplacée à sa position primitive.

*a'*, arbre de la roue hydraulique; *b'*, bras d'embrayage monté sur l'axe du cylindre, et qui reçoit le mouvement de la roue; *c'*, fond du cylindre avec sa porte à charnière pour le remplir et le vider; *d'*, levier coudé double, monté sur l'extrémité de l'arbre de la roue hydraulique, et qui saisit le bras d'embrayage *b'* pour faire tourner le cylindre; *e'e'*, cercles d'assemblage à vis pour y fixer les douves du cylindre; *f'*, cercle portant douze cames *u*, qui impriment le mouvement d'oscillation à la grille *d*; *g''*, soupape du conduit *i*.

*INFLUENCE de la température sur les propriétés des produits obtenus des minerais de fer fondus dans un haut-fourneau.*

(*Archives d'exploitation et de métallurgie de M. Karsten, tome XIII, page 211.*)

On ne connaît pas encore la différence des températures nécessaires pour fondre un métal et pour opérer la réduction de son oxide au moyen du charbon.

Il y a entre les métaux de grandes différences à cet égard : quelques-uns n'exigent pour la réduction de leurs oxides qu'une chaleur bien moindre que pour se fondre, tandis que d'autres entrent en fusion bien avant cette réduction; enfin, pour un grand nombre, ces effets sont produits presque simultanément. Le fer se trouve parmi les métaux dont la fusion n'a lieu que long-temps après la réduction de l'oxide.

Les métaux qui ont plusieurs degrés d'oxidation passent, en se réduisant, d'un degré supérieur à celui inférieur, et cela successivement, avant d'arriver à l'état métallique; c'est ainsi que le peroxide de fer se change d'abord en oxidule et celui-ci en métal, parce que le protoxide ne peut exister isolé.

Le contact immédiat du charbon avec toutes les molécules d'une masse de fer à réduire n'est pas indispensable pour qu'elle soit changée en entier en métal; il suffit que sa superficie touche le charbon, et alors la réduction s'opère jusqu'au centre: c'est ainsi qu'on voit un morceau d'oxide

de fer placé au milieu du charbon dans un fourneau se change en fer ductile sans éprouver aucune variation dans sa forme, ni même un commencement de fusion. L'action du charbon (corps le plus fixe au feu et le moins fusible que l'on connaisse) s'étend dans une masse solide oxidée, d'une manière incompréhensible, jusqu'au centre de celle-ci, à-peu-près comme nous voyons s'opérer par la voie humide la réduction d'un métal oxidé dissous dans un acide; le métal réduit sert lui-même à étendre la réduction lorsqu'il demeure en relation avec celui qui est précipité par l'intermédiaire d'un conducteur: dans ce cas, c'est l'eau, et dans le précédent c'est le calorique qui forme l'intermédiaire entre le corps à réduire et l'agent qui doit opérer la réduction.

Dans la réduction de l'oxide de fer par le charbon, ces deux corps s'unissent ensemble à l'instant même où le métal paraît, et cette combinaison est ensuite détruite de nouveau et reformée tant qu'il y a de l'oxide à réduire. La réduction de l'oxide de fer pur, mis dans un creuset brasqué, commence et peut devenir complète par une forte chaleur rouge: à cette température, il n'y a pas encore de fusion; mais lorsqu'elle s'élève, le fer passe à l'état d'acier fondu, de fonte blanche et ensuite de fonte grise. Les circonstances de ces changemens ne sont pas bien connues; mais on doit présumer qu'une chaleur prompte et forte donne lieu à la formation d'un acier mou, et que si elle se soutient jusqu'à la fusion, le produit est analogue à la fonte grise (1).

(1) On sait en effet que la fonte qui se forme quelquefois

Lorsque la réduction s'opère au vent des soufflets au lieu de se faire dans un vase fermé le résultat est différent; car le vent, frappant le fer métallique, peut le ramener à l'état d'oxide. Les procédés allemands, français et italiens, par lesquels on obtient immédiatement du fer en barres, des minerais de ce métal, diffèrent à la vérité, sous quelques rapports; mais ils ont cela de commun que l'oxide est d'abord réduit à une faible température et au milieu de l'air projeté par les soufflets, et que l'action de celui-ci ou de l'oxide qu'il reforme sur le métal qui a pu se combiner avec le charbon, sert à brûler ce combustible et à donner du fer malléable: c'est ensuite des manipulations de l'ouvrier et de son habileté que dépend la conservation du fer noir fondu, et il faut user de beaucoup d'adresse pour le maintenir à l'abri de toute oxidation pendant qu'on opère la réduction d'une autre portion de minerai; ce n'est qu'à l'aide d'une grande pratique qu'on peut obtenir à volonté un fer plus ou moins aciérin. Dans ces procédés, il y a bien réellement deux opérations distinctes, qui s'exécutent à la vérité dans le même foyer, mais à des époques différentes; savoir, la réduction de l'oxide et la décarbonisation du métal réduit.

Le traitement des minerais dans le stuckofen présente les mêmes circonstances que celles qui ont lieu dans les forges catalanes, ou italiennes. La température du fourneau n'est pas plus élevée d'abord qu'il ne le faut pour réduire l'oxide

dans les caisses de cémentation, et que l'on en retire après refroidissement avec l'acier mou, est toujours grise.

de fer, et la masse métallique demeure ensuite exposée pendant un certain temps au vent des soufflets sans être fondue : le but est encore ici d'obtenir du fer ductile par une seule opération, ou du moins après un affinage très-simple ; mais cet avantage est compensé par le faible produit des minerais ; ce qui tient à ce qu'il passe beaucoup de fer dans les laitiers pendant les diverses opérations que l'on exécute. En effet, les scories provenant du stuckofen, et celles résultant de l'affinage, sont presque aussi riches en fer les unes qu'en les autres, et même que de bons minerais de fer, auxquels on peut les assimiler sous tous les rapports. Si l'on élève la température du stuckofen, dans le but d'augmenter la proportion d'oxide réduit, alors la réduction s'opère à une hauteur trop considérable au-dessus de la tuyère ; le contact du métal avec le charbon est plus prolongé, la carbonisation plus complète ; l'action de l'air pour brûler ce charbon combiné devient moins énergique et le fer s'y soustrait par la fusion ; de sorte que le résultat de l'opération est peu satisfaisant. Les scories sont peut-être alors moins riches en oxide de fer ; mais le métal contient plus de carbone et donne plus de déchet à l'affinage. On prépare, dans ce système, de la fonte peu carbonée, dite caverneuse (*luckige-flosse*) dans les fonderies de Werderfberg en Styrie ; et en employant les mêmes fourneaux qui servent comme au stuckofen : on fait en sorte que le fer prenne seulement la proportion de charbon qui le rend fusible, parce qu'on coule cette fonte hors du fourneau. On a introduit le même procédé dans les forges du Kenneberg, où l'on ne connaissait, il y a quelques années, que

des stuckofens, et l'on y trouve une grande économie sur le minerai (1).

C'est donc la différence des températures qui, dans des circonstances déterminées, produit une espèce d'acier très-carboné (*la masse* du stuckofen), ou bien une fonte blanche, pauvre en charbon (*floss* tendre, fonte caverneuse *luckige-flosse*, et fonte mêlée) ; mais la réduction de l'oxide de fer sera également complète dans les deux cas, du moins pour des oxides ou des minerais suffisamment purs, et la différence des résultats provient de la facilité de la carbonisation ou de l'action plus ou moins efficace du vent des soufflets.

Enfin, si l'on opérait à une chaleur moindre que celle nécessaire pour réduire aisément l'oxide de fer, il se scorifierait presque en entier, comme il arrive dans les fourneaux où l'on charge considérablement une quantité de minerai beaucoup trop forte par rapport au charbon : ainsi, plus la température est élevée dans la cuve d'un fourneau, et plus la réduction de l'oxide et la carbonisation du fer s'opèrent haut dans le fourneau, c'est-à-dire avant que la charge ne soit descendue jusqu'au point de fusion situé vers la tuyère : une plus forte proportion de charbon combiné, résultant de cette circonstance, produit une plus grande fusibilité, et, par suite, le fer carboné est plus promptement soustrait à l'action du vent des soufflets ; il est moins facilement oxidé, et l'influence de l'oxide pour décarboner le métal est alors nulle ; dans cette circon-

(1) Il faut entendre que c'est comparativement au procédé du stuckofen. (A. G.)

stance, le fer pourra conserver presque tout le charbon combiné primitivement, sur-tout lorsque le métal, étant déjà en gouttes très-liquides au-dessus de la tuyère, pourra traverser avec rapidité les espaces environnans, et éviter ainsi l'action du vent. Cependant, comme il est impossible que le fer puisse s'y soustraire complètement, il sera difficile d'obtenir de la fonte neutre, celle qui cristallise en grandes lames, et qui contient le maximum de carbone, sur-tout en employant un minerai contenant beaucoup d'oxide de fer, et d'après les raisons que nous allons exposer. Les minerais les plus riches, tels que le fer oxidulé, l'oxide rouge, etc., sont toujours mélangés de substances étrangères, comme la silice, la chaux, la magnésie, les oxides de manganèse, de titane, etc., et ne peuvent être regardés comme de l'oxide de fer pur; enfin, il s'y joint, dans le fourneau, la cendre des charbons et le sable ou la terre dont ils sont fréquemment mêlés: tout cela forme une masse de substances étrangères, qu'il faut fondre; car, à l'exception de l'oxide de manganèse, les autres ne se réduisent guère, et passent dans les laitiers; ceux-ci, bien vitrifiés, enveloppent le métal, passent avec lui devant la tuyère, et, en le préservant de l'oxidation, augmentent ainsi le produit des minerais. On voit, par là, pourquoi l'oxide de fer pur ne peut être fondu sans perte dans un fourneau, et comment une certaine quantité de laitiers est indispensable pour obtenir de la fonte blanche lamelleuse (1), soit en favori-

(1) M. Stengel, directeur des forges de Hamm, a établi ce fait par des observations nombreuses, consignées dans

sant la carbonisation du fer, soit en empêchant que le carbone contenu ne soit brûlé. Enfin, c'est dans cette vue que l'on ajoute des scories ou des matières aisément fusibles aux minerais riches dont on veut avoir de la fonte blanche lamelleuse.

Il ne faut pas croire qu'on puisse atteindre le même but en laissant s'abaisser la température d'un fourneau, ou bien en formant un laitier qui ne devienne pas très-liquide au degré de chaleur où la fonte lamelleuse entre en fusion, et qui ne prenne que la consistance de la poix: alors la fonte blanche se change plus ou moins en fonte grise; c'est ce qui arrive avec un minerai propre à donner de la fonte blanche lamelleuse, toutes les fois qu'on a des laitiers peu fusibles, et en même temps une température suffisamment élevée par suite d'une faible charge en minerai; on conçoit qu'alors la fonte doit faire un plus long séjour au milieu du charbon, puisqu'elle a plus de peine à se dégager du laitier, que si celui-ci était liquide comme de l'eau, et que la fusion du métal doit avoir lieu au-dessus de la tuyère.

Ainsi, sous le rapport de la nature de la fonte qui sera produite, il faut distinguer deux espèces de scories: l'une très-fluide, qui donne lieu à la formation de la fonte blanche lamelleuse, et celle qui concourt à la formation de la fonte grise, et qui ne prend qu'une consistance pâteuse, à ce point qu'on est obligé de la faire sortir du creuset des hauts-fourneaux par-dessous la tympe, et souvent à l'aide de crochets.

Lorsque les matières ajoutées à des minerais

deux mémoires que nous ferons connaître par un extrait.

(A. G.) VII

purs sont difficilement fusibles, et que la température du fourneau est si faible, par quelque circonstance, que la réduction du fer ne s'opère en même temps que la fusion que devant la tuyère, les phénomènes dont nous avons parlé précédemment, et qui déterminent la formation d'une fonte peu carbonée, se reproduisent alors à un plus haut degré, parce que la masse fondue demeurant pendant long-temps dans le voisinage de la tuyère, une grande partie du carbone de fer est brûlée. Le laitier prend d'abord une couleur brun clair, qui passe ensuite au noir, à cause de l'oxidule de fer qui s'y réunit en abondance, et il acquiert une fluidité comparable à celle du laitier, que l'on observe lorsqu'on obtient de la fonte blanche lamelleuse; mais il ne faut pas attribuer cette liquidité fort grande à une haute température dans le fourneau, car elle ne dépend que de la fusibilité communiquée par l'oxidule de fer.

Lorsque les minerais de fer ne sont pas de l'oxide de fer presque pur, mais unis avec des matières terreuses, on ajoute souvent encore des fondans; mais ce n'est plus pour former le laitier nécessaire pour préserver le fer métallique de l'oxidation, c'est seulement dans le but de faciliter la fusion et la séparation des matières étrangères au fer; car, avec un mélange aisément fusible on élèvera davantage la température d'un fourneau, en consommant la même quantité de charbon qu'avec un mélange plus réfractaire, et la fonte en sera d'autant plus avantageuse, pourvu que le laitier ne devienne pas trop fluide et au point d'empêcher la réduction complète de l'oxide de fer; ce qui arrive pour de certains minerais.

La chaleur du fourneau et la consistance des laitiers déterminent donc aussi, pour les minerais pauvres, la nature de la fonte que l'on obtient; mais ceux-ci ne peuvent produire la fonte saturée de charbon (fonte lamelleuse), ou du moins permettre qu'elle se conserve ou qu'elle se forme avec continuité; et cela parce qu'il est difficile de conserver une masse considérable de laitiers dans un état de fluidité parfaite. Nous avons vu, en effet, que la moindre circonstance qui augmentait ou diminuait la chaleur dans un fourneau à fer faisait former ou des laitiers purs très-consistans, ou des laitiers impurs (chargés d'oxide de fer) très-fluides (1), d'où résultait de la fonte grise ou de la fonte blanche, l'une et l'autre moins carbonées que la fonte lamelleuse.

Dans l'intention de chercher à déterminer l'influence de la température des fourneaux sur les produits de la fusion des minerais de fer, j'ai songé à observer ce qui se passe dans ceux de Hamm, car les minerais qu'on y fond sont très-purs; on n'ajoute aucun fondant, et la conduite des fourneaux est très-simple. On n'y traite que du fer spathique provenant de la mine de *Hohegrethe*, et du fer oxidé manganésifère de celle de *Huth*.

Le fer spathique de *Hohegrethe* est composé de

Oxidule de fer. . . . .	50,410
Oxidule de manganèse. . . . .	7,515
Magnésie. . . . .	2,350
Acide carbonique. . . . .	38,635
Gangue. . . . .	0,320
Eau et perte. . . . .	0,770
	100,000

(1) Des silicates ou bisilicates terreux ou à base d'oxide de fer. (A. G.)

Le minerai de Huth contient :

Oxide de fer. . . . .	86,125
Oxide de manganèse. . . . .	0,750
Silice. . . . .	1,700
Eau. . . . .	11,425
	<hr/>
	100,000

La silice est évidemment combinée dans ces minerais; elle se présente à l'état gélatineux après leur dissolution dans les acides : ce sont des hydrates d'oxide de fer.

La gangue composée d'argile et de quartz, et qu'on ne sépare pas complètement, sert à former des laitiers dans le fourneau.

Dans la forge de M. Stengel, où nos observations ont été faites, on compose le mélange à fondre de quatorze parties de fer spathique et de neuf du minerai de Huth; la charge en charbon est constamment de 9,038 pieds cubes du Rhin; mais celle en minerai varie suivant la chaleur présumée du fourneau, et c'est le moyen employé pour diminuer ou pour augmenter sa température, et la régler de manière à obtenir de la fonte lamelleuse ou de la fonte blanche contenant peu de charbon, ou enfin de la fonte grise.

Lorsque l'on chargeait sur la quantité de charbon indiquée cinq parties en volume (le boisseau de Berlin) de mélange, on obtenait de la fonte blanche neutre lamelleuse; avec huit parties, c'était une fonte blanche contenant peu de charbon, et semblable à celle dite *luckige flosse* du Vordernberg; enfin, avec deux parties seulement de mélange, c'était une fonte grise.

Voici les résultats de l'analyse des fontes obtenues et des laitiers qui les accompagnaient.

Les nombres indiqués sont moyens entre plusieurs qui différaient très-peu les uns des autres.

(1) Fonte grise, sur 100 parties.	(4) Laitiers de la fonte grise.
Manganèse. . . . .	Silice. . . . .
Silicium. . . . .	Alumine. . . . .
Carb. métalliq. (1) . . . . .	Oxidule de fer. . . . .
Carbone combiné. . . . .	Magnésie. . . . .
Soufre. . . . .	Oxidule de mangan. . . . .
Phosphore. . . . .	Soufre. . . . .
Magnésium. . . . .	<hr/>
	99,98
(2) Fonte neutre ou lamelleuse.	(5) Laitiers formés en même temps que la fonte lamelleuse blanche.
Manganèse. . . . .	Silice. . . . .
Silicium. . . . .	Alumine. . . . .
Carb. métallique. . . . .	Oxidule de fer. . . . .
Carbone combiné. . . . .	Magnésie. . . . .
Soufre. . . . .	Oxid. de manganèse. . . . .
Phosphore. . . . .	Soufre. . . . .
Magnésie. . . . .	<hr/>
	99,37
(3) Fonte blanche formée par une surcharge aussi grande que possible en minerai; fonte caverneuse.	(6) Laitiers produits par une surcharge de minerai.
Manganèse. . . . .	Silice. . . . .
Silicium. . . . .	Alumine. . . . .
Carbone métallique. . . . .	Oxidule de fer. . . . .
Carbone combiné. . . . .	Magnésie. . . . .
Soufre. . . . .	Oxid. de manganèse. . . . .
Phosphore. . . . .	Soufre. . . . .
Magnésie. . . . .	<hr/>
	99,22

Il est possible que la perte éprouvée dans les

(1) Je préfère cette dénomination à celle de graphite dont on se sert ordinairement.

analyses des laitiers provienne de la potasse qu'ils pouvaient contenir; car on n'a point recherché cette substance, parce qu'elle n'était d'aucun intérêt pour l'objet qu'on s'était proposé.

On peut conclure des résultats qui précèdent,

(1) Que le charbon non combiné n'existe que dans la fonte grise;

(2) Que la proportion du carbone dans la fonte blanche lamelleuse est plus forte que dans toute autre, et que ce corps y est combiné, et non pas à l'état libre;

(3) Que la totalité du fer contenu dans le minerai en est retirée lorsqu'on forme de la fonte blanche lamelleuse et de la fonte grise; tandis que lorsqu'on obtient de la fonte caverneuse (*luckige flosse*), une portion notable du fer réduit est de nouveau oxidée, et passe alors dans les scories;

(4) Que la fonte caverneuse est celle qui contient le moins de carbone;

(5) Que la fonte grise est la plus chargée de manganèse et de silicium, et que la difficulté qu'on éprouve à fondre les scories avec lesquelles elle est produite provient de ce qu'une partie de l'oxide de manganèse contenu dans les scories en est enlevée et ramenée à l'état métallique par le charbon que renferme le fer réduit;

(6) Que la fonte caverneuse contient dix fois plus de soufre que la fonte grise; et que, au contraire, les laitiers qui accompagnent les fontes blanche, lamelleuse et grise renferment au moins quatre fois plus de soufre que celui de la fonte dite *luckige-flosse*.

Les circonstances de l'analyse de quelques laitiers de hauts-fourneaux beaucoup plus sul-

fureux que ceux dont nous venons de parler m'ont appris que le soufre n'y est pas combiné avec le fer, mais avec le calcium (1); mais comme les laitiers précédens ne présentent pas un atome de chaux, le soufre y est vraisemblablement uni au manganèse, ou bien au métal de la magnésie.

(7) Enfin, que de simples différences de température dans le fourneau, produites, dans le cas particulier que nous avons indiqué, par des changemens de proportions entre les charges de minerai et celles en combustible, donnent lieu à de grandes différences dans la composition des fontes et des laitiers.

De semblables variations dans le degré de chaleur des fourneaux ont lieu presque constamment par suite du défaut d'uniformité dans l'action des machines soufflantes, par l'humidité plus ou moins grande du charbon, le degré de grillage des minerais, le plus ou moins de gangue qui s'y trouve, l'exactitude avec laquelle on mesure les charges, et autres circonstances fortuites. Il est aussi important de faire en sorte, dans la formation des mélanges de minerais à fondre, et en ayant égard à la composition de ceux-ci, que la température nécessaire à la fusion des gangues soit différente de celle exigée pour la réduction de l'oxide, afin que l'on puisse former, suivant les circonstances, de la fonte blanche ou de la fonte grise. Les minerais dans lesquels l'oxide de fer

(1) L'analyse de divers laitiers, et notamment de ceux du haut-fourneau du Janon, près de Saint-Étienne, a montré aussi le même résultat. (A. G.)

est combiné avec la silice et forme un silicate se réduisant difficilement dans les fourneaux, et la température nécessaire pour cela est souvent (comme pour les scories d'affinage) fort peu différente de celle où le minerai entrerait en fusion pour former un verre.

De tels minerais ne doivent être traités que pour fonte grise, en y ajoutant un fondant qui les rende moins fusibles, puisqu'ils sont saturés de silice; il ne faut employer qu'un vent faible, afin d'atténuer les effets de leurs dispositions à se vitrifier, et aussi pour que l'époque de la réduction arrive avant celle de la liquéfaction. Une légère addition de quartz ou de sable à un mélange dont on obtient de la fonte blanche lamelleuse suffit déjà pour donner de la fonte grise, en rendant les laitiers plus réfractaires.

Quelques fontes blanches se rapprochent tellement de celle lamelleuse sous le rapport de la proportion du charbon qu'elles contiennent, que, pour obtenir cette dernière, il suffirait d'affaiblir l'action des soufflets, dans le but de laisser dans le fourneau une plus grande quantité de charbon susceptible de se combiner avec le fer, et aussi, peut-être, de diminuer la force du courant d'air qui brûle celui qui est combiné. Les laitiers produits dans cette circonstance se distinguent de ceux qui accompagnent la fonte lamelleuse, en ce qu'après leur refroidissement on voit se séparer à leur surface une pellicule brune formée par du fer carboné, qui s'est déjà converti en oxide par le courant d'air. Si la diminution du vent ne suffit pas, on devra augmenter la chaleur du fourneau en diminuant les charges en minerai, jusqu'à ce que la fonte

lamelleuse paraisse mêlée avec la fonte grise; on les augmentera ensuite peu à peu, de manière que la production de la fonte grise cesse, et qu'il ne se montre plus que de la fonte lamelleuse.

Ces fontes blanches diffèrent beaucoup entre elles en pesanteur spécifique, dureté, ténacité, et par la manière de se comporter au feu.

La fonte lamelleuse varie en pesanteur spécifique de 7,214 à 7,889, et dans ce dernier cas elle atteint presque celle de l'acier fondu et forgé le plus pur, pour lequel Pearson a trouvé 7,916; elle présente en même temps une excessive dureté, une grande aigreur avec peu de ténacité: c'est la plus fusible de toutes les espèces de fer, et celle qui se solidifie le plus lentement. La fonte blanche qui provient d'une surcharge de minerai est, ainsi qu'on peut le prévoir par les circonstances dans lesquelles elle se forme, une combinaison en proportion indéterminée du fer avec le carbone. Sa pesanteur spécifique est moindre que celle de la précédente, et est de 7,100 à 7,700; elle est aussi moins dure, moins aigre, moins fusible, et elle se coagule plus promptement.

La fonte grise est la moins pesante, et on la trouve seulement de 6,400 à 7,000; elle est la moins dure de toutes les fontes, et possède la plus grande ténacité; c'est la moins fusible, et celle qui, en général, se solidifie le plus vite. Dans la fonte des minerais de fer, de certaines circonstances déjà indiquées donnent lieu à la formation de la fonte grise, par une bonne allure du fourneau (*gaare gange*) et presque au moment où la fonte blanche lamelleuse vient de

se produire; ces fontes ne se mêlent pas dans l'ouvrage, et même elles se séparent souvent par couches ( et en raison de leurs pesanteurs spécifiques ) dans le creuset du fourneau, où la fonte blanche occupe la partie inférieure, et celle grise, la superficie : d'où résulte de la fonte rubanée après la coulée.

Pour d'autres minerais, les fontes grise et blanche ne se mêlent point dans l'ouvrage; mais elles ne se séparent pas non plus complètement dans le creuset, de sorte qu'il en résulte des fontes mouchetées, qu'on appelle *truitées* ou *mélées*: cela peut arriver dans deux circonstances différentes, lorsqu'il se forme de la fonte grise et immédiatement après de la fonte blanche contenant peu de carbone; leur pesanteur spécifique étant peu différente, elles ne se séparent point par couches, et restent mêlées dans le creuset. Le même phénomène peut avoir lieu lorsque, par défaut d'un triage convenable des minerais, il en passe de plus facile et de moins facile réduction, qui donnent successivement de bons laitiers ou des laitiers crus; enfin, ce même défaut d'uniformité dans les mélanges à fondre peut former des fontes plus ou moins manganesées, et la fonte grise et la fonte blanche prendront alors des pesanteurs spécifiques différentes, qui en détermineront la séparation.

Quoique ces deux sortes de fonte soient disposées à se séparer aussi bien dans leur état de liquidité qu'en se refroidissant, il ne faut pas admettre cependant que le carbone métallique contenu dans la fonte grise fluide se soit déjà séparé du fer; il faut considérer ces deux espèces de fonte comme deux sels de pesanteurs spéci-

riques différentes, qui, étant dissous dans l'eau, demeurent distincts, et ne peuvent former un tout homogène que momentanément, au moyen d'une agitation du liquide; ce n'est que par la solidification que le carbone pur se sépare de la fonte, ce dont il n'y avait aucune cause auparavant.

De la composition des fontes indiquée précédemment, on devra tirer ces conséquences utiles pour la pratique, qu'un haut-fourneau à fer doit être toujours conduit de manière à produire de la fonte blanche par surcharge de minerai lorsqu'on se propose de la convertir en fer forgé, et de la fonte grise lorsqu'on veut en faire de l'acier (1). On ne doit pas craindre, dans le premier cas, la combinaison du manganèse ou du silicium, parce que ces métaux sont facilement séparés de la fonte par l'affinage. Les substances les plus nuisibles au fer forgé sont, sans contredit, le soufre et le phosphore. Dans les hautes températures, où la fonte blanche passe à l'état de fonte grise, il existe aussi, et vraisemblablement comme une des causes de ce changement, l'action du fer carburé sur les laitiers. Il paraît, d'après toutes les expériences et observations qui ont reçu leur confirmation du résultat des analyses des produits des hauts-fourneaux, qu'il doit y avoir une époque où le charbon contenu dans le fer réduit agit sur la masse des laitiers, et pour désoxyder les métaux des terres (1) qui les composent, de manière que

(1) Il ne faut pas perdre de vue que cette assertion se rapporte particulièrement aux minerais, tels que ceux fondus aux forges de Hamm, et qui donnent de la fonte grise pour acier, désignée par le nom de *stahl eisen*. (A. G.)

ceux-ci s'unissent ensuite à la fonte, si les laitiers, comme ceux dont nous avons fait mention, ne contiennent ni chaux ni magnésie. Les métaux des terres ne trouvent dans la fonte que du soufre, et forment des sulfures qui ne demeurent pas combinés avec le fer, mais qui passent dans les laitiers, et contribuent ainsi à diminuer la proportion de ce combustible dans la fonte. C'est là le motif pour lequel les minerais, qui contiennent du soufre ou de l'acide sulfurique (qui forme dans les fourneaux du sulfure de fer), doivent être traités pour former de la fonte grise, afin de l'obtenir ainsi plus pure, plus exempte de métaux terreux que ne le serait la fonte blanche obtenue par une surcharge de minerai. On n'a point encore de données suffisantes pour savoir si le phosphore se comporte comme le soufre dans ces mêmes circonstances; on sait seulement que les phosphates se changent en phosphures de fer par le contact du charbon; mais la combinaison du phosphore avec les métaux des terres demeure incertaine; car l'analyse répétée de laitiers provenant de minerais phosphoreux n'en a fait apercevoir aucune trace, quoique la fonte grise obtenue (*erblasene graue roheisen*) en contient plus de 5 pour 100. Si des analyses subséquentes viennent confirmer ces résultats, il restera peu d'espoir d'améliorer la fonte des minerais phosphoreux, par la manière de conduire les fourneaux dans lesquels on les fond. Mais pour ceux qui ne renferment qu'un peu de soufre ou d'acide sulfurique, on peut espérer d'en obtenir un bon produit en les traitant pour fonte grise et de préférence avec du coke, en formant des laitiers consistans. On voit aussi que le renouvellement trop fréquent des charges

pour un minerai de médiocre qualité, et lorsqu'on emploie le coke dans un fourneau peu élevé, ne convient pas pour débarrasser la fonte du soufre; mais il faut des charges faites à longs intervalles, et une allure très-chaude (*gaare gang*).

Jusqu'ici on n'a pas trouvé les métaux des alcalis dans la fonte, et le calcium ne paraît pas non plus entrer en combinaison avec le fer, du moins n'ai-je jamais rencontré de chaux dans la dissolution d'une fonte, même dans celles produites par un minerai calcaire; j'ai recherché dans les dissolutions de fonte grise et de fonte blanche lamelleuse les métaux de l'alumine et de la magnésie sans pouvoir n'y trouver qu'une trace de cette dernière. L'arsenic heureusement n'est pas une des substances qui accompagnent les minerais de fer fondu dans les usines. Le titane ne paraît s'unir au fer qu'en très-petite proportion, qui ne semble pas visiblement nuisible. La fonte contient quelquefois une petite quantité de chrome, qui n'a pas d'influence sur la qualité du fer.

Le plomb et le zinc se vaporisent vraisemblablement à la température à laquelle se forme la fonte grise; car on ne trouve plus ces métaux dans les fontes obtenues des minerais qui les contiennent. Mais il n'y a peut-être aucune fonte qui ne renferme plus ou moins de manganèse: à la vérité, une partie de ce que les minerais en contiennent passe dans les laitiers; mais il en résulte cet avantage que, pendant la conversion de la fonte blanche en fonte grise, l'oxidule de manganèse étant la substance la plus aisément réductible de toutes celles qui forment les lai-

tiers, le fer en sépare ce métal ; tandis que dans les laitiers qui ne contiennent pas de manganèse, c'est du silicium qui est réduit et qui se combine avec la fonte, puisque ce dernier est réduit ( du moins eu égard à sa combinaison avec le fer ) à une température moins élevée que les oxides de titane, de magnésium, de calcium et d'aluminium.

Mais quelles que soient les différentes substances qui se combinent avec le fer pendant qu'il est réduit de ses minerais, c'est toujours le carbone qui en modifie les propriétés de la manière la plus marquée, et qui donne aux fontes et à l'acier leurs caractères propres.

## ANALYSES

DE

## SUBSTANCES MINÉRALES.

(EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. *Note sur la PRÉSENCE DE L'IODE dans les eaux minérales ;* par M. Liebig. ( An. de Ch., t. 31, p. 335. )

Toutes les eaux minérales du pays de Darmstadt contiennent de l'acide hydriodique en quantité plus ou moins grande. C'est par l'eau régale étendue de 60 fois son poids d'eau et de l'amidon, que je suis parvenu à découvrir les plus petites traces de ce corps.

L'eau de la saline de Kreutznach ( Théodorshalle ) est remarquable par la grande quantité d'acide hydriodique ou d'iode qu'elle contient. J'ai mis 10 livres d'eau-mère de cette eau avec du sulfate de soude, et après avoir séparé le sulfate de chaux, j'ai évaporé la liqueur jusqu'à ce que la plus grande partie du sel marin se soit cristallisée : la liqueur brune foncée qui est restée, distillée avec de l'acide sulfurique, m'a donné 0<sup>s</sup>,253 d'iode.

2. *Note sur le GAZ INFLAMMABLE qui sort de la mine de sel de Ludovici, pays de Szlativa en Hongrie ;* par M. Brenner. ( An. de Phil., 1826, t. 5, p. 131. )

Le 18 mai 1826, en creusant une taille dans cette mine, il se manifesta tout-à-coup un cou-

rant considérable de gaz inflammable. M. Grunschneck, directeur des travaux, a imaginé d'employer ce gaz à l'éclairage de la mine, et il a eu un plein succès. Le gaz brûle avec une belle flamme blanche très-lumineuse, et en déposant de la suie sur les corps froids; ce qui porte à croire qu'il est composé d'hydrogène percarboné et d'oxide de carbone.

*Observations de M. Poggendorf.*

En 1777, on découvrit dans le même pays de Szlativa une mine de sel, d'où il sortit un courant de gaz inflammable pendant plusieurs jours; mais ce courant disparut lorsqu'on approfondit les travaux.

A Zugo, près Klein-Saros, dans le canton de Kokelburg, pays de Sieben-Burgen, on a observé, il y a déjà long-temps, une irruption de gaz inflammable.

Dans la saline de Gottesgabe, à Rheine, comté de Teklenbourg, il sort, depuis plus de 60 ans, de l'un des puits, nommé, à cause de cela, Puits du Vent, un courant continu de gaz inflammable: le même gaz se produit dans plusieurs autres parties de la mine.

M. Raders, inspecteur de la saline, emploie ce gaz, depuis deux ans, non-seulement pour l'éclairage, mais même comme combustible pour tous les usages de sa cuisine: il le recueille dans un puits abandonné, et il le dirige de là, par des tuyaux, sur les lieux où il veut l'employer.

Le gaz inflammable de Rheine brûle avec une flamme blanche éclatante. Selon M. Raders, sa densité est d'environ 0,66; il ne contient que des traces d'acide carbonique et d'hydrogène sulfu-

ré, et il doit être composé d'hydrogène carboné et de gaz oléfiant.

3. *Analyse de la suie*; par M. H. Braconnot; (Ann. de Ch., t. 31, p. 37.)

On sait qu'il y a deux espèces de suie: l'une, fondue en masses brillantes par la chaleur du foyer; l'autre, pulvérulente, qui se dépose à une hauteur plus considérable: c'est celle-ci que j'ai examinée; elle provenait uniquement de la combustion du bois.

Lorsqu'on fait bouillir de l'eau avec de la suie, celle-ci se ramollit, et l'on obtient une liqueur brune foncée et un résidu brun beaucoup moins foncé que la suie. La liqueur contient une matière animalisée, soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool, de l'acétate de chaux, de l'acétate de potasse, du sulfate de chaux, du muriate de potasse, de l'acétate de magnésie, un peu de silice et de phosphate de chaux.

L'acide muriatique précipite de la dissolution de suie une matière piciforme, qui, étant tenue long-temps en ébullition dans l'eau, se change en une matière noire, fragile, qui a toutes les propriétés de l'*ulmine* produite par la sciure de bois et la potasse, et en une autre matière âcre et amère qui reste en dissolution dans l'eau.

Lorsqu'on chauffe de la suie dans un creuset, elle éprouve une fusion pâteuse; elle se boursoufle; elle brûle avec beaucoup de flamme, et elle laisse un charbon, qui, exposé à l'air humide, répand une odeur fortement ammoniacale. Ce charbon, incinéré, produit 0,275 d'une cendre grise un peu sulfureuse.

La suie, chauffée dans une cornue de verre, donne un liquide aqueux brun et environ  $\frac{1}{5}$  de son poids d'une huile empyreumatique, épaisse, d'un brun très-foncé, et il se sublime une petite quantité de carbonate d'ammoniaque. La liqueur aqueuse contient de l'eau, de l'huile empyreumatique, du carbonate et de l'acétate d'ammoniaque.

Les parties constituantes de la suie sont les suivantes :

Matière animalisée très-soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool.....	0,2000
Ulmine identique avec celle qui est produite par la sciure de bois et la potasse, environ.	0,3020
Principe âcre et amer (asboline).....	0,0050
Eau.....	0,1250
Matière carbonacée insoluble dans les alcalis.	0,0385
Acétate de potasse.....	0,0410
Acétate d'ammoniaque.....	0,0020
Acétate de chaux.....	0,0565
Acétate de magnésie.....	0,0053
Acétate de fer.....	trace.
Muriate de potasse.....	0,0056
Sulfate de chaux.....	0,0500
Phosphate de chaux ferrugineux.....	0,0150
Carbonate de chaux.....	0,1466
Silice.....	0,0095
	<hr/>
	1,0000.

Il est remarquable que la fumée puisse transporter à une si grande hauteur les matières salines que j'ai trouvées dans la suie.

4. *Analyse du NOIR DE FUMÉE*; par M. Braconnot. (An. de Ch., t. 31, p. 53.)

Le noir de fumée est une espèce de suie dont

la carbonisation est beaucoup plus avancée que dans la suie ordinaire.

Lavée à l'eau, elle donne une liqueur à peine colorée, qui contient du sulfate d'ammoniaque, du sulfate de potasse et du sulfate de chaux : on n'y trouve pas du tout d'acétates.

L'huile volatile de térébenthine, mise à chaud sur le noir de fumée, lui enlève 0,07 d'un mélange d'asphalte et d'une résine soluble dans l'alcool, dans l'éther et dans l'acide sulfurique, mais insoluble dans l'alcool.

Le noir de fumée, chauffé au rouge dans un creuset, brûle avec flamme, et laisse un charbon, qui répand jusqu'à la fin de son incinération une odeur pénétrante d'acide sulfureux : la cendre est grise.

L'analyse du noir de fumée m'a donné :

Carbone.....	0,791
Eau.....	0,080
Résine analogue à celle trouvée fossile aux environs de Londres, et examinée par Thomson.....	0,053
Asphalte ou bitume de Judée.....	0,017
Ulmine, environ.....	0,005
Sulfate de potasse.....	0,004
Sulfate d'ammoniaque.....	0,033
Sulfate de chaux.....	0,008
Muriate de potasse.....	trace.
Phosphate de chaux très-ferrugineux.....	0,003
Sable quarzeux.....	0,006
	<hr/>
	1,000.

5. *Sur les EFFLORESCENCES SALINES DU TRASS du lac de Laach et des LAVES de Bertrich*; par les D<sup>rs</sup>. G. Bichoff et J. Nöggerath. (Das Gebirge ind Reinlande Westphalen, t. 4, p. 238.)

Le trass des vallées de Brohl et de Tonnes-  
tein offre des efflorescences salines qui sont com-  
posées de :

Sulfate de potasse. . .	0,18901	} 1,01662.
Muriate de potasse . .	0,18273	
Carbonate de potasse. .	0,43872	
Carbonate de soude. . .	0,20616	

Un autre sel de Brohl a donné du sulfate d'a-  
lumine, un peu d'oxide de fer, de la magnésie  
et un peu d'alcali et d'acide muriatique.

6. *Sur la famille des FELD-SPATHS*; par le D<sup>r</sup>.  
Hessel. (Manuel de M. Léonard, 1826, t. 9.)

Je comprends dans cette famille les espèces sui-  
vantes : le pétalite, l'orthose, l'albite, le périkli-  
ne, le labrador et l'anorthite : elles sont toutes for-  
mées de silice combinée avec une ou plusieurs de  
ces bases; savoir, la potasse, la soude et la lithine,  
que je représente par la lettre R'; la chaux et la  
magnésie, que je représente par la lettre R''; l'a-  
lumine et le peroxide de fer, que je désigne par  
la lettre R'''. La formule des 4 premières espèces  
est  $3R''S^3 + R'S^3$  : la formule de l'anorthite est  
 $3R''S^3 + R''S$ ; ces deux formules appartiennent  
donc à des corps isomorphes. Quant au labra-  
dor, je le regarde comme une combinaison des  
deux autres sortes de feld-spath, représentée par  
la formule  $(3AS^3 + NS^3) + 3(3AS^3 + CS)$ . Je  
suis conduit par là à représenter tous les feld-

spaths par la formule  $x(R''S^3 + R'S^3) + y(R''S^3 + R''S)$ ,  $x$  et  $y$  pouvant être quelconques  
sans que la forme change.

7. *Analyse de la THÉNARDITE*; par M. J.-L. Casa-  
seca, professeur de Chimie au Conservatoire  
royal des Arts et Métiers de Madrid. (An. de  
Ch., t. 32, p. 308.)

M. Rodas découvrit, il y a près de neuf ans, à  
5 lieues de Madrid et à 2 lieues et demie d'Aran-  
juez, dans un endroit connu sous le nom de *sa-  
lines d'Espartines*, une substance minérale, qu'il  
reconnut bientôt pour du sulfate de soude.

Dans l'hiver, des eaux salines transsudent du  
fond d'un bassin, et, dans l'été, par suite de l'é-  
vaporation, le liquide se concentre et laisse dé-  
poser une partie du sel qu'il tenait en dissolution.

M. Rodas exploite le sel et le transforme en  
carbonate de soude, dans une grande fabrique  
qu'il a établie sur les lieux.

Le sulfate de soude d'Aranjuez est anhydre :  
il se présente en cristaux assez gros. D'après  
M. Cordier, qui a bien voulu en examiner quel-  
ques échantillons, il a trois clivages très-nets,  
qui donnent pour forme primitive un prisme  
droit rhomboïdal, dont les angles sont à peu de  
chose près  $125^\circ$  et  $55^\circ$ , et dans lequel la hauteur  
est au côté de la base comme 7 est à 3; ses for-  
mes secondaires sont, 1<sup>o</sup>. un octaèdre symétrique  
très-aplati; 2<sup>o</sup>. le même octaèdre basé, portant à  
chacun de ses deux sommets une facette rhom-  
boïdale.

La pesanteur spécifique du minéral est à-peu-  
près de 2,73.

Les cristaux, abandonnés à l'air, perdent leur

transparence et se recouvrent d'une couche pulvérolente en absorbant de l'eau atmosphérique.

L'analyse que j'en ai faite m'a donné :

Sulfate de soude anhydre. . . .	0,9978	} 1,0000.
Sous-carbonate de soude. . . .	0,0022	

Je propose de donner à cette nouvelle substance minérale le nom de *thénardite*, en l'honneur du savant illustre auquel la France est redevable de tant de belles découvertes.

8. *Notice sur le SULFATE DE SOUDE trouvé en Suisse (canton d'Argovie)*; par M. Gimbernat. (An. de Ch., t. 33, p. 98.)

A un quart de lieue du village de Muhligen, sur le bord de la Reuss, on exploite du gypse par une galerie qui a plus de 300 pieds de longueur, et qui est percée en totalité dans cette roche. J'ai reconnu au fond de cette galerie trois bancs de gypse, séparés par des couches minces de marne, et ayant ensemble une épaisseur de 10 p., qui renferme du sulfate de soude disséminé en plaques ou concrétions cristallines, dans la proportion de 0,04 à 0,10. Ce sel est pur, et ne contient tout au plus qu'une trace de muriate de soude; il est hydrex.

Le gypse de Muhligen fait partie du côté méridional du Jura, et il est stratifié en bancs qui s'étendent du N.-E. au S.-O. en position oblique, formant des angles qui varient jusqu'à 30° et s'élevant vers le N.-E.

Les bancs de gypse salifère ont une inclinaison de 70 à 80°; ils sont posés entre des bancs presque verticaux de la même espèce de gypse, qui ne contiennent pas de sulfate de soude, et

qui sont superposés à des bancs de calcaire secondaire. Au-dessus de la chaux sulfatée se trouve la marne alumineuse, feuilletée, noire, chargée de fer sulfuré, et dans laquelle sont intercalées plusieurs couches de calcaire marneux coquillier.

9. *Analyses des eaux minérales de la Perrière, près Moutiers en Savoie*; par M. J.-M. Soquet. (Bibli. univ., t. 32, p. 64.)

Les sources minérales de la Perrière sont situées à une heure au plus de Moutiers, à l'entrée de la jolie vallée de Bosel: elles étaient connues dans les anciens temps; mais elles avaient été enfouies sous une immense avalanche, lorsque, en 1809, une forte crue du Doron les a de nouveau mises à découvert. On s'est empressé de les recueillir dans un établissement thermal, qui est actuellement très-fréquenté.

Les eaux minérales sortent d'un schiste quarzeux qui fait partie d'un vaste terrain de transition; elles sont limpides et n'exhalent aucune odeur: cependant elles renferment une trace d'hydrogène sulfuré; leur saveur est aigrelette et styptique, leur température est constamment de 30° R. On trouve dans ces eaux, comme dans presque toutes les eaux thermales analogues, des substances végétales d'apparence inorganique, gélatineuses, nuancées de vert, de jaune, de noir, de violet, d'améthyste et aussi de blanc: ce sont des tremelles ou oscillatoires; ces singulières substances contiennent une quantité notable d'hydriodate de potasse.

L'eau de la Perrière renferme les substances suivantes :

Acide carbonique libre. . . . .	0,000600
Carbonate de chaux. . . . .	0,000283
Protocarbonate de fer. . . . .	0,000050
Hydrochlorate de soude. . . . .	0,001842
Hydrochlorate de magnés. . . . .	0,000188
Sulfate de soude. . . . .	0,001329
Sulfate de magnésie . . . . .	0,000112
Sulfate de chaux. . . . .	0,002251

---

0,006035.

10. *Analyse de l'EAU DE LA MER-MORTE*; par M. C.-G. Gmelin. (Mem. des sci. nat. Tubingue, 1827.)

L'eau de la Mer-Morte a déjà été analysée par plusieurs chimistes, entre autres par M. Gay-Lussac (*An. des Mines*, t. 5, p. 214). Cette eau est limpide, incolore et inodore : sa saveur est salée, âcre et amère ; sa pesanteur spécifique est de 1,21223 à 13° R. Elle est sans action sur les couleurs végétales ; le chlore la colore en jaune rougeâtre ; la teinte devient plus foncée par l'addition de l'amidon, ce qui prouve l'existence du brôme ; si on la distille à sec dans une cornue, et qu'on calcine le résidu au rouge, on obtient dans le récipient de l'eau qui renferme de l'acide muriatique et de l'acide hydrobromique, et le résidu contient encore du brôme : on doit conclure de ce fait que le brôme est dans l'eau à l'état de bromure de magnésium. L'analyse a donné :

Chlorure de magnésium. . . . .	0,117734
— de sodium. . . . .	0,070777
— de calcium. . . . .	0,032140
— de potassium. . . . .	0,016738
— de manganèse. . . . .	0,002117
— d'aluminium. . . . .	0,000896
Sel ammoniac. . . . .	0,000075
Bromure de magnésium. . . . .	0,004593
Sulfate de chaux. . . . .	0,000527
	<hr/>
	0,245397

Point de lithine, de strontiane ni d'iode.

11. *Analyse de la GAY-LUSCITE*; par M. J.-B. Bous-singault. (An. de Ch., t. 31, p. 270.)

12. *Sur la GAY-LUSCITE*; par M. L. Cordier. (An. de Ch., t. 31, p. 276.)

Ce minéral existe en grande abondance à Lagunilla, petit village indien situé à un jour de marche au S.-O. de Mérida : il est disséminé dans une couche d'argile qui recouvre le gîte d'urao. Il se présente en cristaux, auxquels les naturels donnent le nom de *clavos* : ces cristaux sont transparents ; leur éclat est intermédiaire entre l'éclat de la chaux sulfatée et celui du spath calcaire ; leur cassure est conchoïde ; elle a l'éclat vitreux ; les fragmens sont indéterminés ; la poussière est d'un blanc grisâtre, et ne devient pas phosphorescente sur les charbons ardents. Ce minéral raie le gypse, mais il est rayé par la chaux carbonatée : sa pesanteur spécifique est de 1,928 à 1,950. M. Cordier a trouvé que sa forme primitive est un octaèdre irrégulier, dans lequel l'incidence des faces MM d'une pyra-

mide est de  $70^{\circ} \frac{1}{2}$  et  $109^{\circ} \frac{1}{2}$ , et celle de l'arête C d'une pyramide sur l'arête G opposée est d'environ  $104^{\circ} \frac{1}{2}$  : il est très-probable que le petit axe horizontal est à l'une des arêtes verticales dans le rapport de 2 à 3; mais comme les faces des cristaux sont ou striées ou ternes, on n'a pu mesurer les angles qu'avec le goniomètre ordinaire, et il y aura probablement quelques modifications à faire. Les cristaux sont très-allongés, et ont l'aspect de prismes, dont la coupe transversale est un carré; ils jouissent de la double réflexion à un degré éminent.

La *gay-luscite*, exposée à l'action du feu dans un petit matras, éprouve une légère décrépitation et devient opaque en abandonnant de l'eau. Chauffée au flamber, elle décrépité jusqu'à ce qu'elle ait acquis une température rouge: si alors on la soumet au dard du chalumeau, elle se fond rapidement en un globule opaque, qui, une fois formé, est infusible; refroidi et mis sur la langue, il y développe une saveur alcaline très-prononcée.

L'analyse que j'en ai faite m'a donné

Acide carbonique.	0,2866	— carbon. de soude.	0,3396
Soude.	0,2044	— carbon. de chaux.	0,3159
Chaux.	0,1770	— Eau.	0,3220
Eau.	0,3220	— Acide carbonique.	0,0145
Argile.	0,0100	— Argile.	0,0100
	1,0000		1,0000.

Lorsque le minéral réduit en poudre est mis en digestion dans l'eau, il s'y dissout en petite quantité: le liquide rougit le cucurma et précipite par l'acide oxalique; mais une fois qu'il a été privé d'eau par la calcination, on peut le consi-

dérer comme un simple mélange de carbonates de soude et de chaux, que l'on peut séparer l'un de l'autre par l'eau.

D'après ces résultats, on doit considérer le minéral de Lagunilla comme formé de

Carbonate de chaux.	0,3296	—	1 atome.
Carbonate de soude.	0,3476	—	1
Eau.	0,5229	—	11;

il doit donc constituer une espèce particulière.

Le petit excès d'acide carbonique que l'on a trouvé par l'analyse vient probablement de ce que l'échantillon était mêlé d'un peu d'*urao*.

13. Sur la LÉVYNE; par M. le Dr. Brewster. (Édim. J. of Sc., 1826, p. 316.)

M. Berzelius a annoncé que la lévyne n'était qu'une chabasie, dans laquelle la chaux est remplacée par la soude; mais il est certain, et cela résulte d'un passage d'une lettre de M. Berzelius lui-même, que l'échantillon que ce savant a analysé renfermait à-la-fois des cristaux de chabasie et des cristaux de lévyne: on ne peut donc rien induire de son travail sur la composition de la lévyne.

14. Analyse des cendres de diverses espèces de bois; par M. P. Berthier. (An. de Ch., t. 32, p. 240.)

Dans ses ouvrages sur la végétation, et particulièrement dans un Mémoire relatif à l'influence du sol sur quelques parties constituantes des végétaux, publié il y a plus de vingt-cinq ans (*Journal de Physique*, t. 11, p. 9), M. de Saussure a présenté plusieurs analyses de cendres de bois, desquelles il résulte que ces cendres sont essen-

tiellement composées de carbonate de chaux, et qu'elles ne renferment que très-peu de silice. Néanmoins on paraît croire généralement encore que la silice est l'élément dominant des cendres, et peu de personnes se font une juste idée de leur nature. Comme toutes les fois que l'on fond une matière quelconque avec le contact du bois ou du charbon de bois, les cendres jouent un certain rôle et que ce rôle est souvent assez important, principalement dans les opérations métallurgiques, j'ai pensé qu'il serait intéressant d'analyser comparativement les cendres des bois que l'on emploie comme combustible, et de quelques autres bois qui sont communs dans nos climats. Je m'occupe de ce travail depuis plusieurs années; mais je n'ai pas pu en publier les résultats plus tôt, à cause du temps qu'il m'a fallu pour réunir toutes les essences de bois que je voulais examiner.

Toutes les fois que je l'ai pu, j'ai brûlé moi-même les bois ou les charbons pour préparer les cendres, et j'ai fait en sorte de n'en point perdre, afin de les doser exactement. Cette opération exige du soin, parce que la matière est si divisée et si légère, que la moindre agitation la fait voler en poussière. J'ai commencé la combustion dans un petit fourneau cylindrique en terre ou dans un petit réchaud de ménage dont les portes étaient à peine entr'ouvertes, et placé dans une pièce dont l'air était calme; puis j'ai achevé d'incinérer la braise en la chauffant au rouge naissant dans une capsule de platine jusqu'à destruction complète du charbon.

Toutes les cendres se composent de sels alcalins qui sont solubles dans l'eau et de matières insolubles. Les sels alcalins sont à base de po-

tasse et de soude, et contiennent de l'acide carbonique, de l'acide sulfurique, de l'acide muriatique, un peu de silice et quelquefois une trace d'acide phosphorique. Les matières insolubles renferment de l'acide carbonique, de l'acide phosphorique, de la silice, de la chaux, de la magnésie, de l'oxide de fer et de l'oxide de manganèse. La quantité d'acide carbonique n'est jamais assez grande pour saturer les alcalis, la magnésie et la totalité de la chaux, parce que la chaleur qui se développe pendant l'incinération décompose le carbonate de magnésie, et est même assez forte pour amener une partie de la chaux à l'état caustique. La proportion de chaux caustique est d'autant plus grande que l'incinération a eu lieu à une température plus élevée; aussi les cendres qui proviennent des grands foyers de combustion, dans lesquels la chaleur est très-forte, en contiennent-elles beaucoup plus que les cendres que l'on prépare en petit en brûlant quelques centaines de grammes de bois ou de charbon.

J'ai employé plusieurs procédés pour faire l'analyse des cendres; mais voici celui que j'ai suivi le plus ordinairement, parce que je le crois le meilleur.

On fait bouillir dans l'eau distillée, on filtre et on lave complètement le résidu; on dessèche ce résidu au rouge sombre et on le pèse; on évapore la dissolution aqueuse à siccité, et on pèse également les sels après les avoir calcinés. L'opération donne presque toujours une petite augmentation de poids: cette augmentation provient de ce que, pendant l'ébullition dans l'eau, la chaux caustique que contient la cendre réagit sur les carbonates alcalins et leur enlève une certaine

quantité d'acide carbonique, et de ce que la portion des alcalis devenue libre prend, en remplacement de l'acide carbonique, une quantité d'eau équivalente, que la calcination ne peut pas en séparer. Il est rare que la chaux se sature entièrement d'acide carbonique pendant l'ébullition, et presque toujours il en reste une certaine quantité à l'état caustique dans la matière insoluble.

On analyse séparément les sels alcalins et les matières insolubles. Je n'entrerai dans aucun détail relativement aux sels alcalins, parce que les procédés docimastiques qui leur sont applicables sont bien connus. Je me suis souvent contenté de les doser en masse, cette partie des cendres ayant peu d'intérêt pour l'objet que je me proposais; cependant on verra que j'ai quelquefois recherché la proportion relative de la potasse et de la soude, ainsi que la présence de l'acide phosphorique.

Quant à la matière insoluble (a), on en prend une portion, que l'on calcine à une forte chaleur blanche, et l'on dose l'acide carbonique qui se dégage par perte de poids. Comme il reste toujours dans les cendres quelques particules de charbon qui se brûlent pendant la calcination, la perte de poids indique réellement une dose un peu trop forte d'acide carbonique; mais cette cause d'erreur est peu importante et ordinairement tout-à-fait négligeable. Cependant, lorsque j'ai eu à analyser des cendres très-mélangées de charbon, j'ai préalablement déterminé la proportion de celui-ci: pour cela, j'ai fait chauffer la matière avec de l'acide muriatique de force moyenne; tout s'est dissous, à l'exception du charbon et d'un peu de silice; j'ai lavé le dépôt

avec de la potasse caustique, qui a dissous la silice, et le charbon est resté pur. Si la matière insoluble n'était pas assez fortement desséchée, il pourrait arriver qu'il y restât un peu d'eau en combinaison avec la chaux caustique: alors, en dosant l'acide carbonique par la calcination, la proportion s'en trouverait exagérée, puisque l'eau se dégagerait en même temps. Dans ce cas, il faudrait déterminer d'abord, soit la quantité d'eau en chauffant la matière dans un tube, soit la quantité d'acide carbonique par la voie humide.

(b) On porphyrise très-exactement une autre portion de la matière, et on la fait bouillir pendant plusieurs heures avec de l'acide acétique dans un matras; toute la magnésie se dissout avec la plus grande partie de la chaux et une petite quantité d'oxide de manganèse; on calcine le résidu et on le pèse. Ce résidu contient toute la silice, tout l'oxide de fer, tout l'acide phosphorique et la plus grande partie de l'oxide de manganèse. Il contient en outre de la chaux combinée avec de l'acide phosphorique, quand l'oxide de fer n'est pas en assez grande proportion pour saturer cet acide; mais lorsque l'oxide de fer est en grande quantité, on ne trouve jamais de chaux dans le résidu du traitement par l'acide acétique.

(c) On évapore la dissolution acétique (b) pour en chasser l'excès d'acide, puis on reprend le résidu par l'eau et on ajoute à la liqueur de l'eau de chaux, qui en précipite la magnésie et l'oxide de manganèse; on calcine ce précipité, on le pèse, et en ajoutant son poids à celui de l'acide carbonique et du résidu insoluble dans l'acide acétique, on a, en retranchant le total du poids de la cendre employée, la proportion de la chaux par différence. On redissout la magnésie et le

manganèse dans l'acide muriatique; on précipite le manganèse par un hydrosulfate alcalin; on grille le précipité pour le changer en oxide; on le pèse, et on détermine le poids de la magnésie par différence.

(d) On redissout le résidu (b) dans l'acide muriatique; on évapore à siccité pour rendre la silice insoluble; on ajoute de nouveau de l'acide muriatique, mais en quantité suffisante seulement pour tenir en dissolution les phosphates et les oxides métalliques, et on dose la silice.

(e) On étend la dissolution muriatique avec de l'eau, et on y ajoute de l'oxalate d'ammoniaque, qui en précipite la chaux et une certaine quantité d'oxide de manganèse; on dose les deux substances ensemble, après avoir calciné le précipité, et on les sépare ensuite, comme il a été dit plus haut relativement au mélange de magnésie et de manganèse.

(f) On précipite ensuite le fer et le manganèse de la liqueur par l'ammoniaque ou par un carbonate: s'il y a peu d'acide phosphorique dans les cendres, ces oxides l'entraînent en entier; si, au contraire, il y en a beaucoup, et si le résidu (b) contenait de la chaux, il reste de l'acide phosphorique dans la liqueur. Pour le doser, on verse dans celle-ci une dissolution de muriate de chaux; il s'en précipite un mélange de phosphate, d'oxalate et de carbonate de chaux. On calcine ce mélange à la chaleur rouge; on le redissout dans un acide, et on précipite le phosphate de chaux de la dissolution par l'ammoniaque caustique.

(g) Pour analyser le précipité (f) on peut le faire digérer, humide, avec un hydrosulfate alcalin, qui lui enlève l'acide phosphorique, et il ne

reste plus qu'à séparer le fer du manganèse; ou, ce qui revient au même, le calciner, le peser, le chauffer au creuset d'argent avec un alcali caustique, délayer dans l'eau, abandonner pendant quelque temps la liqueur à elle-même pour qu'elle laisse déposer l'oxide de manganèse qu'elle tient en dissolution, etc. Si le précipité (f) contient assez de fer pour saturer tout l'acide phosphorique, on peut encore le traiter, humide, par l'acide acétique, évaporer jusqu'à siccité à une chaleur faible pour chasser l'excès d'acide et reprendre par l'eau: tout le manganèse se dissout à l'état d'acétate, et tout le fer reste avec l'acide phosphorique.

On remarque que, pour peu que les cendres contiennent d'oxide de manganèse, elles ont une teinte grisâtre, et donnent du chlore quand on les traite par l'acide muriatique: cela prouve que cet oxide y est libre et non combiné à l'acide phosphorique. Au contraire, les cendres peuvent contenir beaucoup d'oxide de fer sans être sensiblement colorées, lorsqu'elles renferment en même temps de l'acide phosphorique: d'où il paraît résulter que cet oxide est alors dans les cendres à l'état de phosphate. D'après cela, j'admets que l'acide phosphorique est combiné en partie avec l'oxide de fer, et en partie avec la chaux lorsqu'il y en a une proportion plus grande qu'il n'est nécessaire pour saturer l'oxide; et je suppose que le phosphate de fer qui se trouve dans les cendres est le sous-phosphate  $F^2 P$ , et que le phosphate de chaux est le même que le phosphate des os.

Les tableaux suivans, dans lesquels les mêmes numéros se rapportent aux mêmes combustibles, présentent tous les résultats des expériences qui ont été faites.

Quantités de cendres produites par différens bois  
et combustibles végétaux.

Charme,	bois.	(1)		Oranger,	bois.	(15)	
	charb.	(2)	0,0265	Chêne blanc,	bois.	(16)	
Hêtre,	charb.	(3)	0,0300	Chêne vert,	bois.	(17)	0,0100
	charb.	(4)	0,0330	Bouleau,	bois.	(18)	0,0125
Chêne,	bois.	(5)	0,0250	Faux ébénier,	bois.	(19)	
	écorce	(6)	0,0600	Châtaignier,	charb.	(20)	
Tilleul,	bois.	(7)	0,0500	Aune,	charb.	(21)	
Stc.-Lucie,	bois.	(8)	0,0160	Sapin,	bois.	(22)	
Sureau à	bois.	(9)	0,0164	Pin,	charb.	(23)	0,0083
grappes,				Paille de froment,	(24)		0,0124
Arbre de	bois.	(10)	0,0170	Fanes de pommes de	(25)		0,0440
Judée,				terre,	(26)		0,1500
Noisetier,	bois.	(11)	0,0157	Tanaïsie,	(27)		
Mûrier de	bois.	(12)		Racines de tabac,	(28)		
la Chine,							
Mûrier	bois.	(13)	0,0160				
blanc,							
Idem,	bois.	(14)					

Quantités de sels alcalins et de matières insolubles  
contenues dans les cendres.

		Sels alca- lins.	Matières insolubl.			Sels alca- lins.	Matières insolubl.
Charme,	(1)	0,189	0,811	Oranger,	(15)	0,096	0,904
Idem,	(2)	0,172	0,789	Chêne blanc,	(16)	0,075	0,925
Hêtre,	(3)	0,160	0,820	Chêne vert,	(17)	0,	
	(4)	0,155	0,845	Bouleau,	(18)	0,160	0,840
Chêne,	(5)	0,120	0,880	Faux ébénier,	(19)	0,315	0,685
	(6)	0,150	0,750	Châtaignier,	(20)	0,146	0,854
Tilleul,	(7)	0,108	0,892	Aune,	(21)	0,188	0,812
Stc.-Lucie,	(8)	0,160	0,840	Sapin,	(22)	0,237	0,743
Sureau,	(9)	0,315	0,685	Idem,	(23)	0,500	0,500
Arbre de	(10)	0,190	0,810	Pin,	(24)	0,136	0,864
Judée,				Paille,	(25)	0,090	0,810
Noisetier,	(11)	0,154	0,846	Fanes,	(26)	0,042	0,958
Mûrier de	(12)	0,189	0,811	Tanaïsie,	(27)	0,290	0,710
la Chine,				Tabac,	(28)	0,123	
Mûrier	(13)	0,150	0,850				
blanc,							
Idem,	(14)	0,250	0,750				

## NS ET

MURIER de la Chine.	PIN.	PAILLE.	POMMES de terre.	TANAÏSIE.	TABAC.
(12)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)
0,2260	0,2075	trace.	0,0620	0,1500	0,1000
0,0800	0,1200	0,0200	0,2300	0,0560	0,1030
0,0040	0,0663	0,1300	0,1200	0,1100	0,1826
0,0100	0,0133	0,3500	.....	.....	.....
	0,3166				
0,6800	0,1533	0,5000	0,5880	0,6840	0,6144
1,0000	0,9770	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,1870	0,3600	.....	.....	0,2530	
0,0540	0,0100	0,0120	.....	0,0800	
0,0130	0,0460	0,7500	0,3800	0,2180	
0,5560	0,4250	0,0580	.....	0,4280	
0,0720	0,1050	.....	.....	0,0070	
.....	0,0010	0,0250	.....	0,0070	
.....	0,0040	.....	.....	0,0070	
.....	0,0480	0,1550	.....	.....	
1,0000	0,9970	1,0000	.....	1,0000	
0,1100	0,0173	.....	0,1300	0,1420	
.....	0,0025	.....	.....	0,0170	

2<sup>e</sup>. Série, tome 1<sup>er</sup>, page 248.

COMPOSITION DES SELS ALCALINS ET DE LA MATIÈRE INSOLUBLE DES CENDRES.

	CHARME.		HÊTRE.	CHÈNE.			TILLEUL.	S <sup>te</sup> .-LUCIE.	SUREAU à grappes.	ARBRE de JUDEE.	NOISETIER	MURIER de la Chine.	MURIER BLANC.		ORANGER.	CHÈNE blanc.	CHÈNE vert.	BOULEAU.	FAUX ÉBÉNIER.	CHATAI- GNIER.	AULNE.	SAPIN.		PIN.	PAILLE.	POMMES de terre.	TANAISIE.	TABAC.	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	
SELS ALCALINS.	Acide carbonique. . . . .	0,2460	0,2240	0,2833	0,2400	0,2520	0,2742	0,2000	0,2400	0,2490	0,2020	0,2260	. . . . .	0,2300	0,3700	. . . . .	. . . . .	0,1700	. . . . .	0,1875	. . . . .	0,5020	0,1350	0,2075	trace.	0,0620	0,1500	0,1000	
	— sulfurique. . . . .	0,0725	0,0730	0,0583	0,0810	0,0600	0,0753	0,0600	0,0640	0,0310	0,0510	0,0800	. . . . .	0,0830	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0230	0,0800	0,0875	0,0660	0,0310	0,0690	0,1200	0,0200	0,2300	0,0560	0,1030	
	— muriatique. . . . .	0,0461	0,0520	0,0400	0,0010	0,0070	0,0180	0,1000	0,0040	0,0050	0,0050	0,0040	. . . . .	0,0400	0,0400	. . . . .	. . . . .	0,0020	0,0200	0,0050	0,0030	0,0030	0,0000	0,0663	0,1300	0,1200	0,1100	0,1826	
	Silice. . . . .	0,0100	0,0100	0,0100	0,0020	0,0080	0,0161	0,0100	0,0020	0,0100	0,0050	0,0100	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0100	0,0170	0,0275	. . . . .	0,0100	0,0200	0,0133	0,3500	. . . . .	. . . . .	
	Potasse. . . . .	0,5065											. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
	Soude. . . . .	0,1210	0,6410	0,6084	0,6760	0,6930	0,6064	0,6300	0,6700	0,7050	0,7320	0,6800	. . . . .	0,5200	0,5900	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,7950	. . . . .	0,6925	. . . . .	0,6540	0,2820	0,3166	0,5000	0,5880	0,6840	0,6144
Eau. . . . .												. . . . .	0,1150	0,5900	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,7950	. . . . .	0,6925	. . . . .	0,6540	0,4150	0,0790	0,1533	0,5000	0,5880	0,6840	0,6144
		1,0021	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9800	1,0000	1,0000	1,0000	. . . . .	0,9880	1,0000	. . . . .	. . . . .	1,0000	. . . . .	1,0000	. . . . .	1,0000	1,0000	0,9770	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
MATIÈRES INSOLUBLES.	Acide carbonique. . . . .	0,3320	0,2920	0,3290	0,3005	0,3960	0,3850	0,3980	0,3400	0,3140	0,3400	0,3700	0,1870	0,2710	0,4200	0,3350	0,4140	0,3581	0,3100	0,1900	0,3050	0,3100	0,2300	0,2150	0,3600	. . . . .	. . . . .	0,2530	
	— phosphorique. . . . .	0,1000	0,0880	0,0570	0,0700	0,0080	. . . . .	0,0280	0,0630	0,0830	0,0750	0,0480	0,0540	0,1160	0,0180	0,0190	0,0300	0,0280	0,0430	0,1840	0,0181	0,0770	0,0420	0,0180	0,0100	0,0120	. . . . .	. . . . .	0,0800
	Silice. . . . .	0,0500	0,0390	0,0580	0,0170	0,0580	0,0110	0,0200	0,0180	0,0320	0,0240	0,0420	0,0130	0,0770	0,0290	0,0600	0,0330	0,0505	0,0550	0,0800	0,0845	0,0500	0,0800	0,1300	0,0460	0,7500	0,3800	0,2180	
	Chaux. . . . .	0,5860	0,4270	0,4260	0,4461	0,5480	0,5010	0,5180	0,4880	0,4920	0,4600	0,4240	0,5560	0,4670	0,4610	0,4500	0,5030	0,4834	0,5220	0,4560	0,5110	0,5000	0,3980	0,2720	0,4250	0,0580	. . . . .	. . . . .	0,4280
	Magnésie. . . . .	0,0780	0,0695	0,0700	0,0799	0,0060	0,0080	0,0220	0,0700	0,0250	0,0720	0,0440	0,0720	0,0520	0,0460	0,0700	0,0100	0,0240	0,0300	0,0900	0,0380	0,0250	0,0440	0,0870	0,1050	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0070
	Oxide de fer. . . . .	0,0160	0,0010	0,0150	0,0010	. . . . .	. . . . .	0,0010	0,0050	0,0110	0,0130	0,0400	. . . . .	0,0030	0,0050	0,0100	0,0100	0,0478	0,0050	. . . . .	0,0350	0,0360	0,1410	0,2230	0,0010	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0070
	— de manganèse. . . . .	0,0340	0,0695	0,0450	0,0290	. . . . .	0,0740	0,0060	0,0080	0,0180	0,0070	. . . . .	. . . . .	0,0050	0,0130	0,0100	. . . . .	. . . . .	0,0350	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0600	0,0550	0,0040	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0070
Charbon, etc. . . . .	0,0140	. . . . .	. . . . .	0,0450	. . . . .	0,0210	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0560	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
	0,9960	1,0000	1,0000	0,9885	0,9960	1,0000	0,9930	0,9920	0,9950	0,9910	0,9680	1,0000	0,9910	0,9920	1,0000	1,0000	0,9918	1,0000	1,0000	0,9926	1,0000	0,9950	1,0000	0,9970	1,0000	. . . . .	1,0000	. . . . .	
Phosphate de chaux. . . . .	0,1600	0,1790	0,0710	0,1390	0,0180	. . . . .	0,0540	0,1140	0,1360	0,1140	. . . . .	0,1100	0,2230	0,0225	0,0050	0,0310	. . . . .	0,0730	0,3740	. . . . .	0,0345	. . . . .	. . . . .	0,0173	. . . . .	0,1300	0,1420	. . . . .	
— de fer. . . . .	0,0380	0,0025	0,0370	0,0025	. . . . .	. . . . .	0,0025	0,0125	0,0270	0,0320	0,0800	. . . . .	0,0070	0,0125	0,0125	0,0250	0,0460	0,0125	. . . . .	0,0300	0,0900	0,0630	0,0300	0,0025	. . . . .	0,1300	0,0170	. . . . .	



nable. Ces cendres ont une couleur brune; elles sont remarquables par leur pauvreté en sels alcalins, par la grande quantité d'oxide de manganèse qu'elles contiennent, et en ce qu'elles ne renferment pas la plus petite trace d'acide phosphorique. L'écorce qui a servi au tannage (le *tan*) est moulée en mottes et consommée dans le pays comme combustible. Les mottes laissent environ 0,12 de cendres visiblement mélangées de sable: ces cendres ne donnent que 0,016 de leur poids de sels alcalins; aussi ne les emploie-t-on jamais dans les lessives. Il est évident que, pendant la macération du tannage, l'eau enlève à l'écorce plus de la moitié des substances alcalines qu'elle renferme.

(7) Bois de *tilleul*, cru dans un jardin de Nemours, département de Seine-et-Marne. Le sol est une grève un peu calcaire, peu élevée au-dessus du niveau de la rivière, et dans laquelle les arbres forestiers croissent très-rapidement. On a pris pour l'expérience des branches de moyenne grosseur: six mois après avoir été coupées, ces branches avaient perdu 0,40 de leur poids; c'est dans cet état de dessiccation qu'elles ont été brûlées. Les cendres étaient blanches.

(8) Bois de *Sainte-Lucie*, cru à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. Les branches de grosseur moyenne ont perdu 0,26 de leur poids en six mois de dessiccation dans une chambre. Les cendres étaient blanches.

(9) Bois de *sureau à grappes*, cru à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. On s'est servi de branches qu'on a laissés sécher pendant un an. Les cendres étaient grisâtres.

(10) *Arbre de Judée*, cru à Nemours, dans le

même jardin que le tilleul. Des branches de grosseur moyenne ont perdu 0,27 de leur poids en six mois de dessiccation. Les cendres étaient blanches.

(11) Bois de *noisetier*, cru à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. Des branches et branchages ont éprouvé une diminution de poids de 0,33 en six mois de dessiccation. Les cendres étaient blanches.

(12) Bois de *mûrier de la Chine*, cru à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. Six mois après avoir été coupées, des branches moyennes avaient perdu 0,26 de leur poids. Les cendres étaient blanches.

(13) Bois de *mûrier blanc*, cru à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. En six mois de dessiccation, des branches de grosseur moyenne ont éprouvé une diminution de poids de 0,31. Les cendres étaient blanches.

(14) Bois de *mûrier blanc*, récolté dans les environs d'Aix, département des Bouches-du-Rhône. On sait que la végétation est très-riche dans les environs de cette ville. Le sol est calcaire et argileux.

(15) Bois de *oranger*, cru en pleine terre, dans le département des Bouches-du-Rhône. Les cendres étaient d'un blanc légèrement grisâtre.

(16) Bois de *chêne blanc*, récolté dans le département des Bouches-du-Rhône. Les cendres étaient très-légères et blanches.

(17) Bois de *chêne vert* des Bouches-du-Rhône.

(18) Bois de *bouleau*, récolté dans la forêt d'Orléans. Le sol de cette forêt est une argile sableuse remplie de cailloux. Les cendres étaient couleur claire de tabac; elles provenaient de tiges de fagotage très-sèches.

(19) Bois de *faux ébénier*, récolté dans le jardin de l'École des mines, appartenant au Luxembourg. On s'est servi de branches moyennes, que l'on a découpées en petits morceaux, et que l'on a fait sécher sur un poêle pendant quinze jours. Les cendres étaient blanches. Ces cendres sont remarquables par la grande proportion d'acide phosphorique qu'elles contiennent. J'en ai trouvé encore davantage (jusqu'à 0,25) dans les cendres de la même espèce de bois récoltée dans le jardin de Nemours déjà cité. Cet acide reste combiné à la chaux dans les matières insolubles; les sels alcalins en renferment seulement une trace. Comme l'acide fluorique accompagne presque toujours l'acide phosphorique, il était possible que ces cendres en continssent une quantité appréciable; j'en ai fait la recherche. Pour cela, j'ai pris le résidu du traitement de 105<sup>g</sup> des cendres par l'acide acétique, et je l'ai chauffé dans une petite cornue de verre avec de l'acide sulfurique concentré. La cornue n'a été dépolie dans aucune de ses parties, et l'eau dans laquelle j'ai reçu les vapeurs qui se sont dégagées n'a pas donné la plus petite trace de silice. Il paraît donc, d'après cela, qu'il n'y avait pas d'acide fluorique.

(20) Charbon de *châtaignier* d'Allevard, département de l'Isère. Ce charbon provenait de taillis cultivés sur un sol de grauwacks et de calcaires de transition.

(21) Charbon d'*aune* d'Allevard, provenant de taillis âgés de douze à quinze ans. Les cendres étaient jaunâtres.

(22) Charbon de *sapin* d'Allevard, provenant de bois âgés de quarante à cinquante ans. Les cendres étaient brunes.

(23) Bois de *sapin* de Norwège, morceau de planche que M. l'ingénieur Stroem a eu la complaisance d'enlever d'une des caisses qui lui avaient servi à transporter ses effets. Cette planche était très-sèche et très-nette; elle ne pouvait pas avoir été mouillée par l'eau de la mer, puisque les effets qui avaient été renfermés dans la caisse se sont trouvés en très-bon état. Pendant la combustion, les cendres se ramollissaient et s'aggloméraient à mesure qu'elles se produisaient en certaine quantité; et il a fallu les broyer et les griller à plusieurs reprises pour les obtenir sans mélange de charbon. Ces cendres se distinguent de toutes celles que j'ai examinées, par la grande quantité de sels alcalins et d'oxides métalliques qu'elles contiennent. Il est remarquable aussi qu'elles renferment beaucoup plus de soude que de potasse: on pourrait les exploiter comme sodes naturelles, et ces sodes seraient comparables à celles qui nous viennent d'Espagne. Il était assez naturel de penser que la soude était accidentelle, et avait été introduite dans la planche par l'eau de la mer; mais d'abord j'ai déjà dit que tout porte à croire que la planche n'a pas été mouillée, et ensuite, si elle l'eût été, il serait resté beaucoup de muriate de soude dans la cendre et non du carbonate, tandis qu'on n'y a trouvé qu'une trace d'acide muriatique. La silice est aussi en plus grande proportion dans la cendre de sapin de Norwège que dans les autres cendres de bois; mais il s'en fait de beaucoup cependant qu'elle en soit la substance dominante, comme quelques métallurgistes l'avaient supposé.

(24) Charbon de *pin* du département des Basses-Alpes. Les cendres étaient d'un blanc grisâtre.

(25) Paille de *froment* récoltée dans une terre forte et calcaire, à Puiset, près Nemours. On en a enlevé les épis, et on en a séparé soigneusement toutes les mauvaises herbes. On l'a brûlée trois mois après la récolte. Quoiqu'on ait grillé long-temps la cendre dans une capsule de platine, elle est restée noire, et elle se frittait au contact de la capsule : on l'a alors fait digérer dans l'eau bouillante, et on a grillé de nouveau le résidu, qui n'était plus fusible, pour brûler le charbon. D'après les nombres insérés dans le tableau, on peut voir que les sels alcalins se composent de

Muriate de potasse . . . . .	0,360,
Sulfate de potasse . . . . .	0,043,
Silicate de potasse (KS) . . . . .	0,597,
Carbonate de potasse . . . . .	traces.

---

1,000.

La matière insoluble renferme 0,08 de potasse que l'on a compris dans le tableau avec le charbon et la perte. Cet alcali s'y trouve à l'état de sursilicate, ainsi que la chaux. La cendre non lavée serait composée de :

Silice . . . . .	0,715,
Potasse combinée à la silice . . . . .	0,130,
Chaux . . . . .	0,055,
Muriate de potasse . . . . .	0,032,
Sulfate de potasse . . . . .	0,004,
Carbonate de potasse . . . . .	traces,
Oxide de fer . . . . .	0,023,
Acide phosphorique . . . . .	0,011,
Charbon et perte . . . . .	0,032,

---

1,000.

M. de Saussure a publié, dans ses *Recherches*

sur la *Végétation*, une analyse de la paille et des grains de froment, dont voici les résultats :

	Paille.	Grains.
Potasse . . . . .	0,1250	0,2500,
Phosphate de potasse . . . . .	0,0500	0,5200,
Muriate de potasse . . . . .	0,0300	0,0016,
Sulfate de potasse . . . . .	0,0200	trace.
Phosphate terreux . . . . .	0,0620	0,4450,
Carbonate terreux . . . . .	0,0100	0,0000,
Silice . . . . .	0,6150	0,0050,
Oxides métalliques . . . . .	0,0100	0,0025,
Perte . . . . .	0,0780	0,0759.

---

1,0000.      1,0000.

Ces résultats, quant à la paille, diffèrent peu de ceux que j'ai obtenus, et font voir que les diverses parties d'une même plante peuvent produire des cendres de nature très-différente.

(26) Fanes de *pommes de terre* de Nemours, cultivées dans un sol très-sec, composé de sable quartzeux blanc et un peu calcaire. Elles ont été recueillies au moment de la récolte des tubercules. Après les avoir laissées sécher pendant plusieurs mois, on a brûlé séparément les tiges et les racines; leurs poids étaient dans le rapport de 7 à 1 : les tiges ont donné 0,162 de cendres, et les racines 0,080 seulement : ces cendres étaient très-blanches. Les cendres des tiges contenaient :

Sels alcalins . . . . .	0,162,
Matières insolubles . . . . .	0,838.

Les sels alcalins étaient composés de :

Carbonate de potasse . . . . .	0,20,
Sulfate de potasse . . . . .	0,50,
Muriate de potasse . . . . .	0,50,

---

1,00,

et les matières insolubles, de :

Silice gélatineuse et sable. . .	0,365,
Phosphate de chaux. . . . .	0,130,
Carbonate de chaux et de ma-	
gnésie. . . . .	0,490,
Charbon. . . . .	0,015.

---

1,000.

La quantité de sable mélangé peut être évaluée à 0,200; d'après cela, la proportion de cendres pures produites par les tiges ne serait que d'environ 0,13.

Les cendres des racines contenaient plus de sels alcalins que les cendres des tiges : elles en ont donné 0,09 à 0,10.

On peut conclure de ces données que les tiges et les racines réunies pourraient fournir  $\frac{1}{15}$  de leur poids de sels de potasse, c'est-à-dire trois ou quatre fois autant que les bois les plus communs. Mais ces sels, ne contenant que peu de carbonate, seraient d'une qualité très-médiocre pour l'usage des buanderies, et ne pourraient guère servir que pour la fabrication du nitre et de l'alun. Au reste, ils seraient de première qualité qu'on ne trouverait aucun avantage à brûler les fanes pour en extraire l'alcali, ainsi qu'on l'a proposé; car la valeur brute du produit de 100<sup>k</sup> de ces fanes sèches ne serait pas de plus de 1<sup>f</sup> : or, il est évident que 100<sup>k</sup> de fanes vertes donneraient plus de profit en les employant à la nourriture des bestiaux.

(27) *Tanaisie* récoltée dans le jardin de Nemours déjà cité. Les cendres étaient blanches. Elles sont riches en alcali, et contiennent une très-grande proportion de silice.

(28) *Racines de tabac* de Saint-Malo. Ces racines ont été envoyées de Saint-Malo à moitié brûlées, ce qui a empêché de rechercher la proportion des cendres qu'elles produisent. Ces cendres sont très-pauvres en sels alcalins, et ceux-ci ne contiennent que le quart de leur poids de carbonate : il vaut donc mieux employer les racines comme engrais que de les brûler pour en extraire l'alcali.

Une première remarque que doit suggérer l'ensemble des analyses qui viennent d'être exposées, c'est qu'aucune ne présente d'alumine, quoique cette terre existe dans tous les sols cultivables et souvent en proportion très-considérable. Si l'on en trouve quelquefois des traces dans les cendres, il est évident qu'elle provient d'une petite quantité d'argile qui peut rester adhérente aux racines des plantes, et qui se mélange ensuite avec les cendres. L'absence de l'alumine tient probablement à ce que cette terre est insoluble dans l'eau et à ce qu'elle n'a que des affinités très-faibles, qui ne lui permettent pas de se combiner aux acides végétaux en présence de bases fortes, telles que la chaux, la magnésie et les protoxides de fer et de manganèse. La silice est rarement en grande quantité dans les cendres des bois; mais elle se trouve, au contraire, en proportion très-considérable dans les cendres de beaucoup de plantes, et notamment de celles de la famille des graminées. Cette substance peut être introduite dans les végétaux à la faveur de sa solubilité dans l'eau, et de la facilité avec laquelle elle se combine aux alcalis. Les acides sulfurique, muriatique et phosphorique ne peuvent provenir que des engrais et des débris des animaux.

Si l'on compare entre elles les cendres de bois de même espèce, crus dans des terrains qui ne sont pas de même nature, on voit qu'elles peuvent différer assez notablement; ce qui prouve que le sol a de l'influence sur leur composition : la cendre de chêne du *causse* de la Roque-les-Arcs (5) n'est presque que du carbonate de chaux; tandis que celle du chêne de la Somme (4) contient beaucoup de magnésie et de phosphate de chaux : la cendre de mûrier blanc des Bouches-du-Rhône (14) contient à peine de l'acide phosphorique, celle du mûrier blanc de Nemours (13) en renferme au moins 0,10, etc.

Si l'on examine, au contraire, les cendres de végétaux différens crus dans le même terrain (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (19) (27), on trouve que quand les espèces ont de l'analogie, les cendres ont beaucoup de rapport entre elles; mais que quand les végétaux sont de genres très-différens, les cendres sont aussi très-différentes (comparez (19) et (27) avec (7) (8) etc.): d'où il faut conclure que les plantes choisissent dans le sol les substances qui leur sont le plus propres, et que celles-ci ne s'y introduisent pas par simple succion capillaire ou par voie mécanique: aussi voit-on des arbres qui croissent dans un sol purement argileux et pierreux, tels que le bouleau d'Orléans (18), le châtaignier et l'aune d'Allevard (20) (21), donner des cendres très-chargées de chaux, tandis que la cendre du froment de Puiset (25) n'en contient presque pas, quoiqu'il soit cultivé dans un sol calcaire.

Enfin, ce qui achève de prouver que les substances qui sont fournies par le sol aux végétaux sont choisies par ceux-ci conformément à leur

organisation et à leurs besoins, c'est que ces substances sont réparties d'une manière fort inégale dans les différentes parties d'un même végétal: ainsi, les grosses branches de chêne produisent 0,012 de cendres qui contiennent 0,15 de leur poids de sels alcalins, et l'écorce du même arbre produit 0,06 de cendres, dans lesquelles on ne trouve que 0,05 de sels alcalins, qui ne contiennent pas d'acide phosphorique, et qui renferment plus de 0,07 d'oxide de manganèse. La cendre de paille de froment se compose presque uniquement de silicate de potasse, et les grains ne contiennent presque que du phosphate de chaux,

Les bois les plus productifs en sels alcalins sont le sureau à grappes et les branchages de tilleul, qui en donnent  $\frac{1}{200}$  de leur poids; le faux ébénier, qui en donne  $\frac{1}{250}$ ; et l'arbre de Judée, qui en donne environ  $\frac{1}{300}$ : le bois de chêne récolté dans le département du Lot en fournirait aussi environ  $\frac{1}{300}$  de son poids.

15. *Analyse d'une poudre qu'on vend, à Paris, aux bijoutiers, sous le nom de COULEUR; par M. Casaseca. (An. de Ch., t. 31, p. 32.)*

La composition dont les bijoutiers ont fait usage jusqu'ici pour donner à l'or qui n'est qu'au titre de 750 millièmes la belle couleur jaune et le beau mat que présente l'or fin, contient, d'après M. d'Arcet:

Salpêtre..	0,40	} 1,00.
Alun....	0,25	
Sel marin.	0,350	

La nouvelle poudre est composée de

Oxide blanc d'arsenic..	0,1062	} 1,0000.
Alun à base de potasse..	0,2095	
Sel marin . . . . .	0,6780	
Oxide de fer et argile . .	0,0063	

16. *Sur le SULFATE DE BARYTE d'Auvergne*; par M. Barruel, préparateur à la Faculté des sciences. (An. de Ch., t. 31, p. 219.)

Le sulfate de baryte d'Auvergne en cristaux isolés contient environ la trentième partie de son poids de sulfate de strontiane.

17. *Analyse du calcaire à chaux hydraulique, employé au canal Érié (New-York)*; par M. Seybert. (Trans. phil., 1825, t. 2, p. 229.)

Cette pierre est grise, compacte, grenue, à grains fins et terreux; sa pesanteur spécifique est de 2,753; elle contient:

Acide carbonique..	0,39333	} 0,99665.
Chaux. . . . .	0,25000	
Magnésie. . . . .	0,17833	
Silice. . . . .	0,11766	
Alumine. . . . .	0,02735	
Peroxide de fer. . . . .	0,01500	
Eau. . . . .	0,01500	

18. *Analyse de deux CALCAIRES MAGNÉSIENS des montagnes d'Ollioules et de Cette*; par M. Laugier. (An. des Sc. nat., 1826, p. 243.)

Ces pierres sont plus dures que le spath calcaire; leur cassure est conchoïde: elles sont formées de très-petites lames brillantes et un peu nacrées. Celle d'Ollioules est d'un gris jaunâtre, et celle qui vient de Cette est gris brunâtre; elles contiennent:

Carbonate de chaux. . . . .	0,5744—0,5155	} 0,9968 0,9536.
Carbonate de magnésie. . . .	0,3924—0,4131	
Silice, alumine, oxid. de fer.	0,0300—0,0250	

Ce sont donc des dolomies compactes.

19. *Analyse du MAGNESIAN LIMESTONE des environs de Bristol*; par M. Gilby. (Trans. géol., t. 4, 210.)

Carbonate de chaux. . . . .	0,535	} 0,988.
Carbonate de magnésie. . . .	0,375	
Argile. . . . .	0,070	
Eau. . . . .	0,008	

20. *Sur deux nouvelles espèces de CHAUX ARSÉNIATÉE*; par M. W. Haidinger. (Ed. J. of. sc., 1825, p. 302.)

La première espèce porte le nom de gypse haloïde héli-prismatique dans la méthode de Mohs. Sa forme fondamentale est une double pyramide à triangles scalènes, dont les angles sont  $139^{\circ}, 19'$ ,  $119^{\circ}, 39'$  et  $97^{\circ}, 8'$ : l'axe est incliné sur le plan de la petite diagonale de  $24^{\circ}, 56'$ . Elle est d'un blanc tirant sur le jaune, transparente ou translucide. Sa pesanteur spécifique est de 2,75. Elle est composée, selon M. Türner, de:

Arséniate de chaux. . . . .	0,790
Eau. . . . .	0,2099.

Elle paraît être identique avec la pharmacolite.

La deuxième espèce doit être désignée, dans la méthode Mohs, sous le nom de gypse haloïde diatome. La forme fondamentale de ses cristaux est une double pyramide à triangles scalènes, dont l'axe est perpendiculaire sur la base, et dont

les angles sont  $125^{\circ},35'$ ,  $133^{\circ},59'$  et  $75^{\circ},35'$ ; elle est blanche: sa pesanteur spécifique est de 2,848.

M. Turnery a trouvé:

Arséniate de chaux. . . 0,8568;  
Eau. . . . . 0,14319.

21. *Analyse du GRENAT de Pitkaranda en Finlande*; par M. Hess. (Arch. de Kastner, t. 6, p. 321.)

Ce grenat est d'un noir verdâtre foncé, et il est associé au cuivre pyriteux et à la scapolite.

Il est composé de:

Silice . . . . .	0,3555	} 0,9848.
Protoxide de fer . . .	0,3265	
Chaux . . . . .	0,2288	
Alumine . . . . .	0,0340	
Magnésie . . . . .	0,0400	

22. *Analyse de la VÉSUVIENNE de Mussa et de Montzoni*; par M. F. de Kobell. (Arch. de Kastner, t. 7, p. 399.)

La vésuvienne de l'alpe de Mussa se présente en prismes quadrangulaires simples ou hémitropes, d'un vert de pistache.

La vésuvienne de Montzoni est en grains ou en cristaux parfaits, dans un calcaire bleuâtre; elle est associée à du pyrgome et à du pyroxène.

Ces minéraux sont composés de:

	Mussa.	Montzoni.	
Silice . . . . .	0,34848	0,37644	} 0,98972.
Alumine . . . . .	0,21933	0,16668	
Chaux . . . . .	0,35609	0,38240	
Protoxide de fer . . .	0,05400	0,06420	

23. *Analyse de la PICROSMINE*; par M. G. Magnus, (Edimb. Journ., 1826, p. 108.)

M. Haidinger a reconnu que ce minéral constitue une espèce particulière. Il contient:

Silice . . . . .	0,54886	} 0,98146.
Magnésie . . . . .	0,33348	
Alumine . . . . .	0,00792	
Protoxide de fer . . .	0,01399	
Protoxid. de manganèse.	0,00420	
Eau . . . . .	0,07301	

Sa formule paraît être  $2MS^2 + Aq$ .

24. *Analyse de l'ASBESTE CRISTALLISÉE*; par M. Hess. (Arch. de Kastner, t. 6, p. 321.)

Ce minéral a été trouvé à Pitkaranda, près le lac Ladoga, en Finlande: il est cristallisé en prismes rhomboïdaux obliques de  $84^{\circ},96'$ , dont la base est inclinée sur l'arête obtuse de  $104^{\circ}$ . Sa couleur est le vert de montagne; il est fibreux et soyeux.

Il a été trouvé composé de:

Silice . . . . .	0,4557	} 0,9810.
Protoxide de fer . . .	0,1973	
Magnésie . . . . .	0,2340	
Alumine . . . . .	0,0500	
Chaux . . . . .	0,0440	
Eau . . . . .	0,0200	

25. *Note sur la FLUELLITE*; par M. Levy. (Ed. J. of sc., 1825, p. 178.)

Ce minéral est blanc, transparent; il cristallise en prismes et en octaèdres rhomboïdaux, dont les angles sont à-peu-près de  $109,82^{\circ}$  et  $144^{\circ}$ : il se trouve en cristaux très-petits et accompagnant la wavellite du Cornouailles. M. Wollaston a re-

connu qu'il est composé d'alumine et d'acide fluorique.

26. *Analyse de l'HALLOYSITE*; par M. P. Berthier. (An. de Ch., t. 32, p. 552.)

Ce minéral vient d'Angleure, près Liège; il se trouve en rognons ou tubercules quelquefois plus gros que le poing, dans un de ces amas de minerais de fer, de zinc et de plomb qui remplissent les cavités du calcaire de transition du Nord, et qui sont sur-tout si communs dans les provinces de Liège et de Namur. M. Omalius d'Halloy est le premier qui l'ait observé, il y a déjà plusieurs années : les minéralogistes approuveront sans doute que je donne à cette nouvelle espèce le nom d'un savant dont les travaux ont si puissamment contribué à l'avancement de la géologie.

L'halloysite est compacte, à cassure conchoïde cireuse; elle se laisse rayer par l'ongle et elle prend le poli sous le frottement du doigt : sa couleur est le blanc pur ou le blanc légèrement nuancé de bleu grisâtre; elle est translucide sur les bords; elle happe fortement à la langue. Lorsqu'on la met en petits morceaux dans l'eau, elle devient transparente comme l'hydrophane; il s'en dégage de l'air, et son poids augmente d'environ un cinquième. Par la calcination elle perd 0,265 à 0,280 d'eau.

Si l'on tient sa poussière exposée pendant un certain temps à une température qui s'approche de 100°, elle abandonne de l'eau; car, après cela, elle ne diminue plus que de 0,16 par la calcination. La poussière desséchée, mais non calcinée, absorbe rapidement l'eau quand on la plonge

dans ce liquide, ou quand on la laisse au contact de l'air humide.

L'acide sulfurique l'attaque facilement, même à froid; il s'en sépare de la silice en gelée, et qui se dissout complètement dans les alcalis; une analyse faite par ce moyen a donné :

	Oxigène.
Silice. . . . .	0,393 — 0,206 — 4
Alumine. . . . .	0,340 — 0,158 — 3
Eau. . . . .	0,265 — 0,235.

Par une autre analyse, dans laquelle on a employé la fusion au creuset d'argent avec de la potasse, on a obtenu un peu plus de silice et un peu moins d'alumine. On a recherché les acides phosphorique et fluorique, la chaux, la magnésie, la glucine et l'oxide de cuivre; mais on n'en a pas trouvé. L'alumine contenait une petite quantité de fer, ce qui me porte à croire que la teinte bleue que l'halloysite présente dans quelques points est due à une trace de phosphate de fer.

Si l'on ne regarde comme combinée que l'eau qui reste après la dessiccation à l'étuve, l'analyse donnera :

	Oxigène.
Silice. . . . .	0,4494 — 0,234
Alumine. . . . .	0,3906 — 0,182
Eau. . . . .	0,1600 — 0,142

1,0000.

Mais il paraît extrêmement difficile de déterminer avec une parfaite exactitude la portion d'eau qui est en état de combinaison, et celle qui n'est qu'absorbée par attraction capillaire.

Il est très-probable que la véritable composition de l'halloysite est représentée par la formule

$2AlS^2 + AlAq^3$ , qui correspond aux nombres suivants :

0,393	{	Silice . . . . .	0,470	}	0,732.
		Alumine . . . . .	0,262		
	{	Alumine . . . . .	0,131	}	0,268.
		Eau . . . . .	0,137		

Si ce minéral venait à se rencontrer en quantité considérable, on pourrait l'employer avec grand avantage pour fabriquer de l'alun ou du sulfate simple d'alumine.

27. *Analyse de la CORDIÉRITE d'Arendal en Norwège*; par M. Laugier. (Bull. phyl., 1826, p. 43.)

La cordiérite (dichroïte ou iolithe) de Norwège est d'une transparence parfaite et d'un bleu violâtre : sa poussière a une nuance lilas qui ne change pas par la calcination.

Son analyse a donné le résultat suivant, que l'on présente comparativement à celui que M. Gmelin a obtenu de l'iolithe du cap de Gate.

	cordiérite.	iolithe.
Silice . . . . .	0,440	— 0,426
Alumine . . . . .	0,500	— 0,344
Magnésie . . . . .	0,100	— 0,058
Protoxide de fer . . . . .	0,132	— 0,150
Prot. de manganèse . . . . .	0,008	— 0,017
Chaux . . . . .	trace.	— 0,017
Eau . . . . .	0,006	— 0,000
	0,986	1,012.

Ces deux minéraux sont évidemment identiques : leur constitution est telle, que la silice renferme la même quantité d'oxygène que toutes les bases réunies.

28. *Description de l'ÉDINGTONITE*; par M. W. Haider. (Ed. J. of sc., 1825, p. 316.)

La forme fondamentale de l'édingtonite est un octaèdre à triangles isocèles de  $121^{\circ},40'$  et  $87^{\circ},19'$  : ce minéral est vitreux, demi-transparent, d'un blanc grisâtre ; sa cassure est imparfaitement conchoïde ; sa pesanteur spécifique est de 2,71. Il se rencontre en très-petits cristaux dans les cavités de quelques morceaux de thomsonite des environs de Glasgow et de Dumbarton ; ces cristaux sont accompagnés de spath calcaire et d'harmotome.

Au chalumeau, l'édingtonite devient blanche et opaque, perd de l'eau et se fond en un verre incolore ; elle est complètement attaquable par les acides. Le Dr. Turner y a trouvé :

Silice . . . . .	0,5509	}	0,8878.
Alumine . . . . .	0,2769		
Chaux . . . . .	0,1268		
Eau . . . . .	0,1352		

La perte est probablement due à de l'alcali.

29. *Sur l'ÉPISTILBITE*; par le Dr. G. Rose. (Ed. J. of sc., 1826, p. 285.)

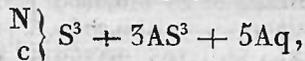
L'épistilbite a beaucoup d'analogie avec la stilbite et l'heulandite ; mais les angles de l'épistilbite et ceux de la stilbite sont incompatibles, quoique le système cristallin soit le même, et l'épistilbite et l'heulandite appartiennent à deux systèmes différens.

La forme fondamentale de cette nouvelle espèce est un octaèdre rhomboïdal, dont les trois côtés sont entre eux dans le rapport de  $\sqrt{2,022}$  :  $\sqrt{11,886}$  : 1. La forme la plus ordinaire sous la

quelle elle se présente est celle d'un prisme rhomboïdal très-obtus, terminé par quatre faces posées sur les angles : l'angle obtus latéral du prisme est de  $135^{\circ}, 10'$ . Les cristaux sont implantés dans une masse granulaire de la même substance, et qui remplit les cavités d'un amygdaloïde d'Islande ou des îles Ferroë : ils sont accompagnés d'heulandite ; ils sont incolores, transparents ou translucides ; leur pesanteur spécifique est de 2,25 ; ils font gelée avec les acides. J'y ai trouvé, par l'analyse,

Silice . . .	0,5859	contenant..oxigène	3,044	— 12
Alumine.	0,1752	—————	818	— 3
Chaux . . .	0,0756	—————	212	— 1
Soude....	0,0178	—————	45	— 1
Eau. ....	0,1448	—————	1287	— 5

La formule minéralogique correspondante est



en admettant que la soude est isomorphe avec la chaux, ce qui n'est pas rigoureusement exact, puisque les sulfates de chaux et de soude anhydres n'ont pas la même forme, non plus que la méionite et la népheline; mais il est probable que la soude réunie à une certaine quantité d'eau peut être isomorphe avec la chaux, de même que l'ammoniaque réunie à deux atomes d'eau devient isomorphe avec la potasse.

30. *Examen chimique de l'ARGILE de Combal, près Cormayeur (Savoie);* par M. Laugier. (Bul. phil., 1825, p. 166.)

Cette argile se trouve déposée sur un banc de

gypse de transition. Elle est luisante, douce au toucher, rouge; on l'emploie avec succès dans la peinture à l'huile : elle contient :

Silice. . . . .	0,440	} 0,980.
Alumine. . . . .	0,200	
Oxide de fer. . . . .	0,190	
Chaux. . . . .	0,020	
Magnésie. . . . .	0,010	
Oxide de cuivre. . . . .	0,015	
Oxide de plomb. . . . .	0,030	
Eau. . . . .	0,075	

31. *Analyse des CENDRES DE L'ETNA envoyées par M. Ferrari, professeur d'histoire naturelle à Palerme; par M. Vauquelin. (J. de pharmac.)*

Ces cendres sont grises et ont une ténuité assez grande. Chauffées en vases clos, elles donnent du soufre; quand on les lessive avec de l'eau, il se dissout du sulfate de cuivre, du sulfate de chaux, du sulfate d'alumine, du sulfate de magnésie, et un muriate dont la base n'a pas été déterminée.

Elles contiennent environ :

Silice. . . . .	0,2810
Alumine. . . . .	0,0800
Sulfate de chaux. . . . .	0,1800
Sulfure de fer. . . . .	0,2088
Chaux. . . . .	0,0260
Charbon. . . . .	0,0100
Sulfates de cuivre, d'alumine et de magnésie, et muriate inconnu. . . . .	0,2142

1,0000.

La silice et l'alumine y sont combinées de telle sorte qu'on ne peut les séparer qu'en traitant le minéral au creuset d'argent par la potasse.

52. Analyse du PYROCHLORE ; par M. Wöhler.  
(An. der Ch., 1826, p. 417.)

Ce minéral a été découvert par M. Tank dans la syénite zirconienne de Fredriskaer en Norwege : on le trouve aussi près du petit port de Lansvig ; il est en petits grains, tout au plus gros comme un pois, empâtés dans du feldspath et quelquefois dans de l'œléolithe. Sa couleur est le brun rougeâtre ; en masse il est opaque, mais ses fragmens mêmes sont transparens ; sa cassure est conchoïde et éclatante ; sa poussière est d'un brun clair ; il raie le spath-fluor et il est rayé par le feldspath. D'après M. G. Rose, il cristallise sous la forme d'un octaèdre régulier, et sa densité est de 4,206 à 4,216.

Au chalumeau, lorsqu'on le chauffe sans addition, il devient d'un jaune brun clair : de là vient le nom de *pyrochlore*, que M. Berzelius lui a donné. Avec le borax, il se fond en un verre transparent, qui est jaune au feu d'oxidation, et devient souvent blanc et opaque en se refroidissant, et qui, au feu de réduction, est d'un rouge foncé tant qu'il est chaud et bleu lorsqu'il est refroidi. Avec le sel de phosphore, il se fond facilement avec effervescence. Au feu d'oxidation, la perle est jaune et devient d'un beau vert par le refroidissement ; au feu de réduction, elle est d'un rouge foncé tirant sur le violet. Avec la soude sur le platine, le pyrochlore donne la réaction verte du manganèse.

1<sup>er</sup>. de minéral ayant été chauffé dans un petit matras, il a décrépité comme la gadolinite ; mais il n'a pas changé d'aspect, et il s'en est dégagé une eau acide qui a corrodé le verre ; ce qui annonce l'existence de l'acide fluorique.

L'analyse a été faite comme il suit :

a. On a fait digérer pendant long-temps le minéral porphyrisé dans de l'acide sulfurique affaibli, en remplaçant l'eau à mesure qu'elle s'évaporait ; la vapeur qui se dégageait corrodait le verre. On a évaporé pour chasser l'excès d'acide, puis on a étendu d'eau et fait bouillir ; il est resté une matière blanche insoluble.

b. La dissolution, sursaturée d'ammoniaque, a donné un précipité brun ; puis, par l'oxalate d'ammoniaque, elle a fourni un dépôt blanc d'oxalate de chaux, et ensuite elle ne renfermait plus qu'un peu d'oxide de manganèse et une trace de magnésie.

c. La matière insoluble *a* avait tous les caractères de l'acide titanique. On l'a fait digérer encore humide dans l'hydrosulfate d'ammoniaque, qui en a séparé une petite quantité d'oxide d'étain, puis on l'a calcinée : elle était d'un beau jaune serin à chaud, et d'un blanc un peu brun après le refroidissement, etc. Pour savoir si cet acide titanique contenait de la zircone et de l'acide tantanique, on l'a fondu avec du sulfate acide de potasse ; la matière était transparente, ce qui prouve l'absence de la silice. On a fait digérer dans l'eau cette matière fondue, la liqueur ne renfermait qu'une trace de titane ; le résidu s'est complètement dissous dans l'acide muriatique concentré, d'où il résulte qu'il ne contenait pas d'acide tantanique. La liqueur s'est comportée comme une dissolution de titane pur, et je n'ai pas pu y découvrir la présence de la zircone.

d. Le précipité *b*, obtenu par l'ammoniaque, a été mis en ébullition dans la potasse caustique :

cet alcali n'a rien dissous, le précipité ne contenait donc pas d'alumine.

e. Après cela, on l'a fait digérer dans du carbonate d'ammoniaque; la liqueur est devenue d'un beau jaune, en la mêlant avec les eaux de lavage elle s'est troublée, et par l'ébullition elle a laissé déposer une substance jaunâtre, qui a paru être du cérium mêlé d'un peu d'étain et qui pouvait aussi contenir de la zircone, mais on n'y a pas recherché cette dernière substance. La dissolution ammoniacale jaune, évaporée à siccité, a laissé de l'oxide d'urane pur.

f. La matière e, insoluble dans le carbonate d'ammoniaque, a été dissoute dans l'acide muriatique; on a précipité du cérium de la dissolution neutralisée par l'ammoniaque, au moyen du sulfate de potasse, et après cela elle ne contenait plus que du fer et une trace de manganèse.

Le résultat de l'analyse a été :

Acide titanique . . . . .	0,6275	} 0,9730.
Chaux . . . . .	0,1285	
Protoxide d'urane . . . . .	0,0518	
Oxide de cérium (impur) . . . . .	0,0680	
Protoxide de manganèse . . . . .	0,0275	
Oxide de fer . . . . .	0,0216	
Oxide d'étain . . . . .	0,0061	
Magnésie . . . . .	trace.	
Eau . . . . .	0,0420	
Acide fluorique . . . . .		

53. *Sur la* BUSTAMITE. (An. des Sc. nat., 1826, p. 411.)

C'est M. Bustamente de Mexico qui a signalé cette espèce comme nouvelle : elle se présente sous forme de sphéroïde à structure radiée, presque laminaire : sa couleur est le gris-pâle légèrement verdâtre ou rosâtre : elle est à peine trans-

lucide dans les éclats minces; elle rafe le feldspath : sa pesanteur spécifique est de 3,12 à 3,25. On la trouve accompagnée de quartz et de manganèse métalloïde à Réal de Minas de Fetela et à Jonotloe, dans l'intendance de Publa au Mexique.

D'après l'analyse de M. Dumas, elle contient :

Silice . . . . .	0,4890	} 1,0034.
Protox. de manganèse . . . . .	0,3606	
Chaux . . . . .	0,1457	
Protoxide de fer . . . . .	0,0081	

Sa formule est, par conséquent,  $CS^2 + 2MS^2$ .

34. *Sur la composition des* BATTITURES *de fer*; par M. Mösander. (An. de Poggendorf, t. 6, p. 35.)

Les battitures se composent de deux couches distinctes, et que l'on peut séparer l'une de l'autre. La couche extérieure ressemble à une masse fondue : elle est un peu poreuse, d'un gris de fer tirant sur le rouge avec un léger éclat métallique; sa poussière est d'un gris noir sans éclat; elle est très-fortement magnétique. La couche intérieure en est très-poreuse, d'un gris noir, avec éclat métallique; elle est plus dure et moins cassante que la couche extérieure; elle est aussi moins fortement magnétique. La poussière des deux couches se dissout facilement dans l'acide muriatique sans dégagement d'aucun gaz.

J'ai fait comparativement trois analyses de la matière des deux couches détachées de battitures qui avaient  $1 \frac{1}{2}$  ligne d'épaisseur. J'ai opéré sur 1 gramme, et j'ai déterminé les quantités relatives de protoxide et de peroxidé, d'après le poids de l'oxide rouge obtenu en traitant les battitures par l'eau régale, etc. Je crois ce procédé plus exact que celui qu'a employé M. Berthier. (Voyez

grenue, rude au toucher: elle est très-friable et s'égrène entre les doigts. On y distingue des grains pierreux blanchâtres qui ressemblent à de la porcelaine, et des grains métalliques attirables par le barreau aimanté. Les grains pierreux sont composés de

Silice. . . . .	0,5960	} 1,0488
Magnésie. . . . .	0,1040	
Chaux. . . . .	0,0180	
Oxide de fer. . . . .	0,2460	
Oxide de nickel. . . . .	0,0320	
Soufre. . . . .	0,0508	
Alumine. . . . .	0,0020	

La partie métallique renferme:

Oxide de fer. . . . .	0,9600	} 1,404
Oxide de nickel. . . . .	0,0420	
Silice et terres. . . . .	0,1384	
Soufre. . . . .	trace.	

36. *Sur les AÉROLITHES*; par M. John. (Bul. des Sc. de M. de Férussac, t. 7, p. 145.)

Le fer de Bitbourg, contient:

Fer. . . . .	0,7882	} 1,0000
Soufre. . . . .	0,0450	
Nickel. . . . .	0,0810	
Cobalt. . . . .	0,0300	
Sélénium. . . . .	trace.	
Silicium. . . . .	0,0008	
Charbon. . . . .	trace.	
Silice, alumine, etc. . . . .	0,0550	

Le fer de Lenarto en Hongrie renferme:

Fer. . . . .	0,9200	} 1,0000
Nickel. . . . .	0,0700	
Cobalt. . . . .	0,0050	
Fer sulfuré. . . . .	0,0050	
Sélénium. . . . .	trace.	

Le fer de la colline de Brianza, dans le Mila-

mais, ne contient ni nickel, ni cobalt, mais seulement 0,0025 de manganèse.

37. *PLUIE DE PIERRES observée près d'Oremburg, en Sibérie*; par le Dr. Eversmann. (Arch. 1991 Kastner, t. 4, p. 196.)

Ces pierres ont une couleur brune, une surface striée éclatante, et ressemblent assez aux cubes de pyrites aurifères de Beresowsky. Leur forme cristalline est celle d'une double pyramide à quatre côtés, très-aplatie; elles paraissent être composées de soufre uni à un ou plusieurs métaux. Quand elles sont tombées, elles se trouvaient au centre de grêlons d'une grosseur remarquable.

38. *Sur une formation de PYRITE dans une eau thermale*; par M. Longchamp. (An. de Ch., t. 32, p. 294.)

M. Barlier, maire de Chaudes-Aigues, a apporté à Paris un dépôt qu'il a recueilli dans un conduit pratiqué depuis la naissance de la grande source dite du *parc* jusqu'à une distance d'environ 5 mètres. Ce conduit peut avoir 8 pouces carrés: il s'obstruerait tous les trois ou quatre ans si l'on n'avait pas la précaution de le faire nettoyer; il est à remarquer que ce n'est que dans la distance ci-dessus désignée que le dépôt se forme.

Il se compose de couches superposées: il est mamelonné et crevasé. Sa surface est d'un rouge brun et ne semble être qu'un oxide de fer; mais lorsqu'on le brise en morceaux, il présente des plaques grises et brillantes, et qu'au simple aspect on reconuait pour du fer sulfuré.

Un dépôt d'eau thermale qui ne se trouve être autre chose qu'une pyrite est un fait géologique très-important. On ne peut se refuser d'admettre que cette pyrite provient de la source, mais dans quel état s'y trouve-t-elle? L'analyse que M. Berthier a faite de ces eaux ne nous donne pas le moyen de résoudre cette question, et il serait bien à désirer qu'on l'examinât de nouveau. Je terminerai cette note par une réflexion sur la formation des filons. Werner pensait qu'ils ont été remplis par le haut; M. d'Aubuisson combat cette idée. Il me semble que les sources de Chaudes-Aigues tranchent la question, et qu'elles permettent de croire au moins qu'il y a des filons qui ont pu se remplir par le bas (1).

(1) On doit regretter que M. Longchamp n'ait pas pris la peine d'analyser la matière pyriteuse qui lui a été remise; on sait qu'il y a dans la nature des sulfures de fer à différens degrés de saturation.

La conclusion relative à la théorie des filons, qu'il tire d'un fait isolé et imparfaitement observé, paraît être un peu hasardée; ce n'est pas par des affluens d'eau que, d'après l'ensemble des faits, on est porté à croire que les filons ont été remplis de bas en haut; et d'ailleurs toutes les eaux minérales, sans exception, formant des dépôts dès qu'elles atteignent la surface du globe, pourraient conduire aux mêmes indications sur la formation des filons que les sources de Chaudes-Aigues. Ce que ces sources présenteraient de particulier, si le fait qui fait l'objet de cette note est exact, c'est qu'elles tiennent du sulfure de fer en dissolution, ce qui ne serait pas fort extraordinaire, puisqu'on sait que ce sulfure est sensiblement soluble dans l'eau pure. Le phénomène observé à Chaudes-Aigues pourrait tout au plus être invoqué par les géologues, qui soutiennent que les substances métalliques ont été formées par voie humide, pour combattre ceux qui croient qu'elles ont été fondues ou volatilisées. P. B.

39. *Analyse du SPHÆROSIDÉRITE du lignite; par M. G. Bichof. (Der Gebirge, etc., t. 4, p. 386.)*

On rencontre souvent dans les lits d'argile qui font partie de la formation de lignite du Bas-Rhin, des sphærosidérites compactes, qui ont jusqu'à un pied de diamètre. Leur pesanteur spécifique est de 3,568: ils sont jaunâtres et leur cassure est écailleuse; on les trouve principalement dans la forêt de Geitting: ils sont composés de:

Protoxide de fer. . . . .	0,52128	} 1,0000
Chaux et magnésie. . . . .	0,09965	
Argile. . . . .	0,05676	
Acide carbonique. . . . .	0,32231	

Ils renferment souvent à leur centre une cavité remplie d'eau, qui ne contient qu'une trace de sel alcalin et de sulfate de chaux.

40. *SULFATE DE FER OCTAËDRIQUE; par M. Wölpner. (Arch. de Kastner, t. 26, p. 364.)*

Les eaux-mères de la fabrique d'alun de Putzchen, près Bonn, laissent déposer des cristaux de protosulfate de fer pur, qui présentent exactement la forme de l'alun. Ces eaux-mères sont composées de:

Sulfate de magnésie. . . . .	0,06635	} 0,35475.
Sulfate d'alumine. . . . .	0,06295	
Protosulfate de fer. . . . .	0,12000	
Protomuriate de fer. . . . .	0,09975	
Acide muriatique libre. . . . .	0,00570	

D'après ces résultats, j'ai reproduit une solution capable de donner des cristaux octaédres de sulfate de fer, en faisant dissoudre dans l'eau 11,5 de sulfate de magnésie, 6,5 de sulfate d'alumine, 22 de sulfate de fer, 18 de muriate de fer cristallisé, 2,5 d'acide muriatique, et en concen-

trant la solution jusqu'à ce qu'elle ait acquis la densité de 1,358.

41. *Analyse du FER CHRÔMÉ de Shetland*; par M. T. Thomson. (Extrait d'une lettre adressée à M. Berthier. Glasgow, 19 octobre 1826.)

..... Tous les échantillons de fer chrômé examinés jusqu'à présent étaient mêlés de fer octaèdre et de particules de roches; mais j'ai trouvé dans le minéral de Shetland des grains octaèdres à-peu-près purs. Ils m'ont donné, à l'analyse :

Oxide vert de chrôme..	10,	—	0,560
Peroxide de fer. . . . .	5,54	—	0,310
Alumine. . . . .	2,50	—	0,150
Silice. . . . .	trace.		trace.

D'après cela, il paraît évident que l'espèce exempte de tout mélange est composée de :

Oxide vert de chrôme. 2 at.	10	—	0,571
Peroxide de fer. . . . . 1 at.	5	—	0,286
Alumine. . . . . 1 at.	2,5	—	0,143.

42. *Nouvelle analyse du COBALT ÉCLATANT de Musen*; par M. Vernekinck.

M. Vernekinck rectifie ainsi l'analyse qu'il a publiée, il y a quelques années (1) de ce minéral,

Cobalt. . .	0,5535	} 0,9887.
Fer. . . .	0,0230	
Cuivre. . .	0,0097	
Soufre. . .	0,4225	

et il conclut de ce nouveau résultat que le minéral de Musen est le sulfure de cobalt  $\text{CoS}^2$  mêlé de sulfure de fer  $\text{FS}^2$  et d'un peu de cuivre pyriteux.

(1) *Annales des Mines*, t. X, p. 303.

43. *Analyse de quelques objets d'antiquités égyptiennes* recueillis par M. Passalacqua; par M. Vauquelin. (Catalogue histor., 1826, p. 258.)

1°. *Lame de poignard* : elle était formée de cuivre pur.

2°. *Miroir* : il contenait

Cuivre. . . . .	0,85	} 1,00.
Étain. . . . .	0,14	
Fer. . . . .	0,01	

3°. *Couleur bleue trouvée dans un tombeau et déposée dans une coupe* : elle est inattaquable par les acides. On y a trouvé :

Silice. . . . .	0,70	} 0,99.
Chaux. . . . .	0,09	
Oxide de cuivre. . . . .	0,15	
Oxide de fer. . . . .	0,01	
Soude et potasse. . . . .	0,04	

44. *Description de la KOENIGITE*; par M. Levy. (Ann. of. Phil., 1826, p. 194.)

Cette substance est en petits cristaux transparents, d'un vert émeraude ou noirâtres, dont la forme primitive paraît être un prisme droit rhomboidal de  $105^\circ$ . Les cristaux se divisent très-nettement parallèlement à leur base; ils sont très-allongés dans le sens de l'axe; leur densité n'est pas plus grande que celle du gypse. On les trouve à Verchotarie en Sibérie, disséminés dans un oxide de cuivre ferrugineux et massif. D'après l'essai du docteur Wollaston, ils peuvent être considérés comme un sous-sulfate de cuivre.

45. *Sur le BISMUTH TELLURÉ*; par M. J. Berzelius.

Il y a du bismuth telluré dans les mines de cuivre de Riddazhyttan, mais il est fort rare. Ce

minéral est lamelleux et d'un beau blanc d'argent : outre le bismuth et le tellure, il contient une petite quantité de soufre et de sélénium.

46. *Description de la BEUDANTITE*; par M. Lévy, (An. of Phil., 1826, p. 194.)

Cette espèce se présente en petits cristaux groupés, dont la forme est celle d'un rhomboèdre légèrement obtus et basé : le clivage n'a lieu que perpendiculairement à l'axe. L'angle des deux faces primitives est d'environ  $92^{\circ},30'$ . Ce minéral est d'un noir résineux et translucide, plus dur que le spath-fluor. Il vient de Hornhausen sur le Rhin : il est accompagné d'hématite fibreuse. Le docteur Wollaston n'y a trouvé que de l'oxide de plomb et de l'oxide de fer.

47. *Analyse du PLOMB ANTIMONIFÈRE d'Alsau sur le Rhin*; par M. Tromsdorf. (N. J. der pharmacie, t. 8, p. 3.)

Ce minéral est composé de :

Plomb. . .	0,490	ou sulfure de plomb. . .	0,5660
Antimoine. 0,224		sulfure d'antimoine. . .	0,3058
Cuivre. . .	0,010	sulfure de cuivre. . . . .	0,0123
Fer. . . . .	0,040	sulfure de fer. . . . .	0,0857
Manganès. 0,020		sulfure de manganèse. 0,0308	
Soufre. . .	0,209		
	0,993.		1,0006.

48. *Description de la ZINKENITE*; par M. G. Rose. (An. der Phys., 1826.)

Ce minéral a été découvert, il y a quelques années, à Wolfsberg, près de Stolberg, dans le Harz antérieur, par V. le conseiller des mines Zinken. Il en a été fait mention dans la *Description* que ce

savant a publiée du *Hartz oriental* (p. 130). On le trouve cristallisé en prismes à six faces, terminés par des pyramides à six faces placées sur les arêtes : les angles des faces du prisme sont d'environ  $120^{\circ}$ ; les angles des faces du prisme et des faces de la pyramide sont de  $102^{\circ},42'$ , les angles que deux faces opposées de la pyramide font entre elles sont de  $150^{\circ},36'$ ; et les angles que les faces de la pyramide font entre elles sont de  $165^{\circ},26'$ ; les faces du prisme sont profondément situées longitudinalement : cette circonstance m'a fait penser que le prisme pourrait bien n'être pas absolument régulier, et en effet ayant mesuré avec un très-grand soin un angle qui était plus net que les autres, je l'ai trouvé de  $120^{\circ},39'$  : dès-lors, on doit considérer l'hexaèdre de la zinkenite comme formé de six prismes rhomboïdaux dont les angles sont de  $120^{\circ},39'$  et  $59^{\circ},21'$  à-peu-près de la même manière que dans l'aragonite; trois de ces prismes se réunissent par leurs arêtes aiguës, de manière que leurs faces contiguës soient dans un même plan, et deux groupes semblables se juxta-posent : il en résulte un prisme hexaèdre dont les angles sont de  $120^{\circ},39'$ , mais qui présente deux faces opposées, qui ne sont pas tout-à-fait planes, et qui offrent une convexité de  $178^{\circ},3'$ .

La zinkenite a un grand éclat métallique : sa poussière est gris d'acier : elle est un peu plus dure que le spath-fluor; sa pesanteur spécifique est de 5,31.

Au chalumeau, sans addition, elle se fond aussi facilement que l'antimoine sulfuré, et couvre le charbon d'un dépôt jaune et blanc; dans le matras, elle se comporte comme l'antimoine sulfuré; dans le tube couvert, elle décrépité et se

fond, puis le tube se remplit d'une fumée épaisse et blanche, qui se condense sur les parois en une matière blanche volatile; l'air qui sort du tube exhale l'odeur de l'acide sulfureux, et la matière d'essai se change en oxide jaune de plomb fondu; avec la soude, elle donne un régule de plomb.

Ce minéral a beaucoup de ressemblance avec l'antimoine sulfuré gris et avec la bournonite. Il diffère de l'antimoine sulfuré en ce qu'il est plus dur, plus pesant et d'un gris moins foncé. Il diffère de la bournonite par la forme, quoique le système cristallin soit le même, par la couleur, qui est un peu moins foncée, et par sa dureté, qui est plus grande.

49. *Analyse de la ZINKENITE et de la JAMESONITE;* par M. H. Rose. (An. der Phys., 1826, p. 99.)

La *zinkenite* a été décrite par mon frère Gustave. Je l'ai trouvée composée de :

Plomb. . . . .	0,3184	} 0,9919.	sulf. de plomb. . . . .	0,5679
Antimoine. . . . .	0,4439		sulf. d'antim. . . . .	0,6100
Soufre. . . . .	0,2254			
Cuivre. . . . .	0,0042			

Sa formule est  $PbS^2 + 2SbS^3$  : elle est mêlée d'une petite quantité de sulfure de cuivre.

La *jamesonite* contient les mêmes élémens, mais dans des proportions différentes. Trois analyses m'ont donné :

	La 1 <sup>re</sup> .	La 2 <sup>e</sup> .	La 3 <sup>e</sup> .
Plomb. . . . .	0,4075	— 0,3871	— 0,4075
Antimoine. . . . .	0,3440	— 0,3490	— 0,5547
Soufre. . . . .	0,2215	— 0,2233	—
Cuivre. . . . .	0,0013	— 0,0019	— 0,0021
Fer. . . . .	0,0230	— 0,0265	— 0,0299
Plomb avec fer et zinc. . . . .		— 0,0071	—
	0,9973	— 0,9972.	

La formule de l'espèce est  $3PbS^2 + 4SbS^3$ , et il y a mélange de sulfure de cuivre et de sulfure de fer.

Dans le *rothgültigers*, le sulfure d'argent remplace le sulfure de plomb, et la quantité de soufre des deux sulfures élémentaires est égale; ce qui est exprimé par la formule  $3PbS^2 + 2SbS^3$ .

50. *Isomorphisme du TUNSTATE et du MOLYBDATE DE PLOMB;* par M. Lévy. (An. of Phil., novembre 1826; p. 564.)

Il y a dans la collection de M. Turner des cristaux de tunstate de plomb parfaitement nets : ces cristaux ont la forme d'un octaèdre très-aigu diversement modifié; leur forme primitive est un prisme rectangulaire; ils se clivent facilement perpendiculairement à l'axe, et dans un autre sens; ils sont blanchâtres et translucides. Ayant mesuré leurs angles, je les ai trouvés presque exactement les mêmes que ceux du molybdate de plomb : d'où il résulte que l'acide tunstique et l'acide molybdique sont isomorphes.

J'ai eu occasion aussi de mesurer les angles d'un superbe cristal de tunstate de chaux, qui existe dans la collection de la comtesse d'Ayrford, et j'ai trouvé que ces angles ne diffèrent que très-peu de ceux du tunstate de plomb; ce qui confirma l'isomorphisme de l'oxide de plomb et de la chaux, isomorphisme qu'on avait déjà été conduit à admettre en observant l'identité des formes du carbonate de plomb et de l'aragonite, et du phosphate de plomb et du phosphate de chaux.

51. *Analyse de MONNAIES D'ARGENT romaines trouvées à Famars* (département du Nord) par M. Feneulle. (An. de Ch., t. 52, p. 320.)

Le village de Famars (*fanum Martis*), situé à une lieue de Valenciennes, vers le sud, était, à l'époque de la domination romaine dans ces contrées, une forteresse considérable de la Gaule seconde Belgique. Les monumens trouvés à Famars à diverses époques déterminèrent une société d'amateurs à explorer cet endroit remarquable. Il faut compter parmi les découvertes vraiment intéressantes qu'on y fit, celle de plusieurs milliers de médailles romaines. La société d'émulation de Cambrai m'ayant remis quelques-unes de ces médailles, je me suis empressé de les analyser.

En les traitant par l'acide nitrique, elles ont laissé un précipité pourpre composé d'or et d'oxide d'étain; pour analyser ce précipité, je l'ai calciné, puis je l'ai chauffé d'abord avec de l'acide muriatique qui a dissous de l'étain, puis avec de l'eau régale qui en a enlevé l'or, et a laissé une autre portion d'oxide d'étain que la calcination avait rendue insoluble.

Les plus petites médailles pesaient 2<sup>es</sup>, les plus grandes 3<sup>es</sup>. J'en ai examiné treize, qui m'ont donné le résultat suivant :

Argent.	25,431	—	25,455	—	25,808	—	25,279	—	25,717	—	25,038
Cuivre.	0,589	—	0,341	—	0,661	—	0,381	—	1,053	—	0,497
Or. . . . .	trace				0,000		0,000		0,000		0,005
Étain. . . . .	0,000		0,004		0,001		0,010		0,100		0,005
	3,040		2,800		3,470		2,670		3,870		0,540
Argent.	25,326	—	25,806	—	15,814	—	05,941	—	15,508	—	12,158
Cuivre.	0,592	—	0,700	—	0,869	—	2,262	—	1,917	—	1,841
Or. . . . .	0,002		0,004		0,020		0,137		0,045		0,056
Étain. . . . .	0,000		0,000		0,020		0,137		0,045		0,056
	2,920		3,510		2,703		3,340		3,470		3,055
					3,340		3,470		3,055		3,758

## NOTICE GÉOLOGIQUE

*Sur les environs de Nemours, Puiseaux et Château-Landon ;*

PAR M. P. BERTHIER.

LA ville de Nemours est agréablement située sur le bord du Loing, dans une vallée couverte d'arbres et de prairies. Quoiqu'elle soit entourée de canaux et de ruisseaux qui sont alimentés par un grand nombre de fontaines, elle est très-salubre, parce que le sol étant léger, lorsque l'eau ne trouve pas d'écoulement elle est promptement absorbée, et ne peut pas former d'amas croupissans. On distingue deux étages dans les coteaux qui bordent la vallée : l'étage supérieur, qui constitue une plaine immense à l'ouest et au midi, et l'étage moyen, qui s'étend indéfiniment à l'est en formant une autre plaine ondulée et ascendante vers les rives de la Seine, et qui, sur les bords du Loing, entame les coteaux de l'ouest et du midi plus ou moins profondément, à-peu-près à la moitié de leur hauteur. Sur ce dernier étage, on voit çà et là des monticules composés de sable blanc et de blocs de grès, dont les sommets atteignent presque toujours le niveau de la plaine supérieure. Ces monticules nourrissent à peine quelques arbres verts et quelques bouleaux. Leur aridité et leurs formes bizarres donnent au pays un aspect très-pittoresque.

La ville est peu éloignée de la ceinture de craie qui entoure le bassin de Paris. Cette circonstance rend la contrée fort intéressante sous le point de

vue géologique. Il y existe cinq formations, 1°. la craie ; 2°. l'argile plastique ; 3°. le calcaire d'eau douce inférieur ; 4°. les grès et sable marins, et 5°. le calcaire d'eau douce supérieur.

1°. La craie se montre à 4 kil. au sud de la ville dans la vallée, au niveau de la rivière et jusqu'à mi-côte ; plus loin, elle se relève peu à peu ; et vers Soupes, ainsi qu'au-delà de Château-Landon, elle n'est plus recouverte que par un dépôt très-peu épais d'une des formations supérieures. Cette craie est généralement solide ; cependant à Moirépoix, un peu au-dessus de Soupes, sur la rive gauche, on exploite une carrière de craie tendre pour en faire du blanc d'Espagne ; mais la carrière a peu d'étendue. On trouve dans la craie beaucoup de silex tuberculeux, de formes bizarres et souvent délicates, et qui, sans aucun doute, ont pris naissance au sein même de la masse calcaire. Les corps organisés y sont rares, et les mêmes qu'à Meudon.

Les quatre formations qui recouvrent la craie ont, comme le sol sur lequel elles se sont déposées, une pente très-prononcée vers le nord ; aussi, du côté du midi, se présentent-elles toutes successivement sur leur tranche.

2°. L'argile plastique est la formation dominante dans le pays. Près de la ville, elle occupe le fond de la vallée, et elle s'élève presque jusqu'au niveau de l'étage moyen dont j'ai parlé. Au-delà de Soupes et de la petite rivière qui passe à Château-Landon, elle atteint le niveau de l'étage supérieur et elle couvre une grande partie de la plaine qui s'étend du Loing à la Loire. Elle consiste en silex brisés et roulés, en argile et en poudings. Les silex sont de toute

grosseur et de toutes couleurs ; ils proviennent probablement des bancs de craie qui ont été détruits : il y en a des amas immenses ; l'argile se trouve par places ; tantôt elle est nuancée de jaune, de rouge et de vert, on l'exploite alors pour en faire des briques ; et tantôt elle est blanche, comme à Plaignes, à la Colonne près Moret, etc., et on l'emploie pour fabriquer de la faïence dite *terre de pipe*. Les poudings sont composés des mêmes silex roulés que ceux qu'on trouve isolés, mais agglutinés par un ciment d'argile jaune ou rouge, durci par des infiltrations siliceuses ; ils sont très-durs et prennent un très-beau poli ; on les trouve çà et là en blocs souvent énormes.

3°. Le calcaire d'eau douce inférieur existe à Nemours précisément au niveau de l'étage moyen, et il se montre à découvert à l'est jusqu'au-delà de la Seine ; au sud, il remonte par une pente douce presque jusqu'au niveau de l'étage supérieur ; au nord et à l'ouest, il se cache sous les grès et le calcaire supérieur, et on ne le voit que sur le flanc des montagnes et dans les ravins. Au midi, sur la rive droite du Loing, il ne va pas au-delà de 6 à 7 kilomètres ; plus loin, toute la plaine est couverte par l'argile plastique et les silex roulés, qui lui sont inférieurs. Sur la gauche de la rivière, il s'étend sans interruption jusqu'à Château-Landon, et il se termine brusquement près de cette ville au bord de la petite rivière du Susain. On distingue par-tout dans cette formation deux bancs différens, mais qui souvent n'ont pas de limite tranchée : 1°. le banc inférieur, qui renferme beaucoup de silex roulés, semblables à ceux dont se composent les poudings, et qui, dans plusieurs

endroits, semblent se lier intimement à ces pouddings par des nuances; 2°. le banc supérieur, qui ne contient jamais de silex, mais dans lequel on trouve assez fréquemment des moules de coquilles d'eau douce. Ce dernier banc fournit des pierres de construction de grandes dimensions et d'excellente qualité. On l'exploite en plusieurs lieux, à Château-Landon, sur les hauteurs de Soupes, au Fay, à Nemours. Les carrières de Château-Landon, qui appartiennent au Gouvernement, et qui sont affectées au service de la capitale, sont situées précisément à l'extrême limite de la formation. M. Girault vient de rouvrir à Nemours d'anciennes carrières, desquelles on a évidemment extrait les matériaux qui ont servi à construire l'église et le château; on en tire de fort belle pierre, et qui prend même mieux le poli que celle de Château-Landon.

4°. La limite de la formation de grès et sables marins est encore plus rapprochée de Nemours que celle du calcaire inférieur. Sur la droite du Loing, elle se trouve près du lieu dit *la Roche de Pierre-le-Sot* et de la ferme appelée *la Forêt*; sur la gauche, elle suit une ligne qui passe par la Madeleine, le Tillet et Butteau, village situé à 2 kilomètres de Château-Landon. Entre Nemours et la ligne limite, le grès est à découvert; jusqu'au Fay, on le suit sans interruption; mais au-delà il ne forme plus que quelques amas discontinus et peu épais, comme à la Madeleine, à Quenonville, etc., et il laisse par conséquent le calcaire inférieur à nu. À l'ouest et au nord, le grès s'étend jusqu'à une très-grande distance sous le calcaire supérieur. Entre le Loing et l'Essonne, on le trouve par-tout en fouillant à une petite

profondeur, et il se montre même à découvert dans quelques dépressions du sol. A Malesherbes et à Dimancheville, l'Essonne coule dans le sable et dans le grès.

La formation de grès et sables marins se compose essentiellement de quartz hyalin en très-petits grains amorphes, mais non roulés. Ces grains sont souvent libres et à l'état de sable; d'autres fois ils sont agglutinés, et constituent ce qu'on appelle *du grès*. La matière qui a produit l'agglutination est le plus souvent calcaire, et quelquefois le calcaire s'est trouvé tellement abondant, qu'il a pu cristalliser sous des formes régulières, au milieu même du sable: de là le grès cristallisé de Fontainebleau qu'on trouve aussi à Nemours dans la vallée des Châtaigniers. Souvent aussi la matière agglutinante est siliceuse, alors la roche prend le nom de *grès lustré*, parce que sa cassure est luisante et comme lustrée: cette variété n'est pas commune aux environs de Nemours. Enfin, il y a des grès dont le ciment est métallique, mais ils ne se trouvent jamais en grandes masses. Près de Nemours, ils se présentent sous la forme de plaques contournées, ordinairement très-minces, qui courent au milieu des sables ou des grès calcaires: la matière métallique est un mélange d'hydrate de fer et d'hydrate de manganèse, mélange dans lequel le manganèse se trouve souvent en grande proportion.

On sait que les coquilles ne sont pas abondantes dans la formation des grès: on en rencontre rarement à Nemours, mais dans la carrière de sable de Butteau, près Château-Landon, il y a une si grande quantité d'huîtres, que sou-

vent on en trouve des amas considérables presque sans sable.

5°. Le calcaire d'eau douce supérieur n'existe à la droite de la vallée que sur les rochers de grès de Darveaux et de Poligny, encore n'y est-il qu'en couche très-mince et toute disloquée. A la gauche, il ne se présente non plus qu'en couche très-mince sur le bord des coteaux, à Puisselet, Ormesson, le Fay, Bougligny, le Tillet et Butteau; mais il s'étend sans discontinuité sur tout le plateau supérieur, et son épaisseur va continuellement en augmentant vers l'ouest. Autour de Puisseaux, il forme même des collines assez élevées; le pays qu'il recouvre est d'une grande fertilité, et produit beaucoup de blé et de vin. Le calcaire de cette formation a le même aspect que celui de la formation inférieure, et il renferme les mêmes coquilles. On n'y a jamais trouvé de cailloux roulés, mais on y voit assez fréquemment du silex à l'état de meulière. Il y en a un exemple intéressant dans la carrière de Bissau, sur l'Essonne, entre Briare et Malesherbes. Le fond de la carrière a atteint le grès et le sable; immédiatement au-dessus, on trouve un banc de calcaire pénétré de coquilles d'eau douce, puis vient un banc du même calcaire, dans lequel on rencontre des masses aplaties, et souvent d'un grand volume, de silex carié blanc ou grisâtre, et enfin, par-dessus, on exploite un troisième banc, qui est fort épais, et qui ne contient que très-peu de coquilles et pas du tout de silex.

Vers Château-Landon, le calcaire inférieur au grès dans lequel les carrières sont ouvertes, et le calcaire supérieur, atteignent à-peu-près le même

niveau, et comme sur tout le plateau qui est au nord de la ville jusqu'à Bassigny, le calcaire inférieur est à découvert, on l'a confondu pendant long-temps avec le calcaire supérieur. Les formations postérieures à l'argile plastique se terminent toutes trois à une très-petite distance de Château-Landon. La ville est bâtie sur un promontoire de craie dure à silex. Tout le pays au sud et à l'est, indéfiniment, est couvert de cailloux roulés et de poudings; il en est de même à l'ouest jusqu'à Gasson; plus loin commencent le grès et le calcaire supérieur. Au nord, on voit encore un petit plateau couvert de cailloux, et ensuite on arrive aux carrières. Les travaux s'enfoncent jusque sur le banc de calcaire d'eau douce contenant des cailloux; sur les pentes, on aperçoit la limite de ce banc, et immédiatement au-dessous les cailloux et poudings de l'argile plastique, etc.

Je ne terminerai pas cette notice sans dire un mot de la montagne de Villecerf, parce qu'elle offre une particularité remarquable. Cette montagne est située à peu de distance au nord-est de Villemer; elle est isolée au milieu de la plaine basse qui sépare le Loing de la Seine: aussi l'aperçoit-on de très-loin dans tous les sens. Sa forme est celle d'un cône elliptique très-allongé et tronqué. Le calcaire d'eau douce inférieur en fait la base; le reste de sa masse se compose de grès et de sables blancs. Le petit plateau qui occupe son sommet atteint à-peu-près le niveau de la plaine élevée que j'ai appelée l'étage supérieur. On exploite le grès en plusieurs points de ce plateau pour en faire du pavé; l'exploitation fait voir qu'il n'existe pas dans ce lieu le moindre

vestige de calcaire d'eau douce supérieur ; mais le grès n'est pas à nu sur le plateau , il est partout recouvert par un lit d'alluvion assez épais, et ces alluvions consistent uniquement en grains de quartz hyalin analogue au quartz des terrains primitifs : ces grains sont irréguliers et arrondis par le frottement ; les plus gros ont le volume d'une noix ; ils sont mélangés d'une petite quantité d'argile jaunâtre , mais on n'y trouve pas le plus petit débris soit de calcaire, soit de silex, minéraux qui existent en si grande masse dans la contrée, et qui recouvrent tout le sol de la plaine. Je crois pouvoir conclure de cette observation qu'à l'époque où le pays était nivelé par les formations du terrain parisien et recouvert de calcaire d'eau douce, il existait des courans qui venaient, comme aujourd'hui, du sud et du sud-est, et qui charriaient dans les vallées des débris du terrain primitif. Plus tard, la formation parisienne ayant été profondément entamée, les alluvions se sont trouvées par-tout remplies de fragmens de silex ; mais la montagne de Villecerf est restée comme un témoin de l'ancien état des choses.

NOTA. Pendant qu'on imprimait cet article dans les *Annales de Chimie et de Physique*, M. Héricart Ferrand publiait, dans les *Annales des Sciences naturelles*, un mémoire sur le même sujet. Dans ce mémoire, M. Héricart arrive, relativement à la position du calcaire de Château-Landon, à des conclusions diamétralement opposées à celles que j'ai adoptées. Je ne puis cependant changer d'avis : il me paraît que l'erreur dans laquelle je crois que M. Héricart est tombé

vient de ce qu'il a déterminé inexactement la position relative des poudings et des grès.

M. Héricart dit que le calcaire de Château-Landon repose sur une couche de pouding ; ce qui est incontestable ; mais il ajoute que l'ordre de stratification des roches est comme il suit dans la plaine : 1°. craie ; 2°. sable et grès ; 3°. pouding ; 4°. calcaire que l'on exploite dans les carrières, et il en conclut que ce calcaire appartient à la formation supérieure, parce qu'il a vu par-tout, dans la plaine, à l'ouest, le calcaire d'eau douce supérieur placé immédiatement sur le grès ; mais s'il était constaté que le grès est supérieur aux poudings, M. Héricart ne pourrait se refuser d'admettre que le calcaire de Château-Landon n'est point sur le grès, puisqu'il repose immédiatement sur le pouding, et que, par conséquent, il n'est pas de la même formation que celui qui existe dans la plaine du Gatinais : or, la position relative des poudings et du grès ne laisse pas la plus légère incertitude quand on parcourt la vallée du Loing depuis Château-Landon jusqu'à Nemours, car on voit par-tout les poudings dans les parties basses des coteaux se mêler à l'argile plastique, avec laquelle ils ne font qu'une seule formation, et le grès au contraire placé toujours sur les hauteurs.

M. Héricart a su par des ouvriers que le puits de Chenouteau, après avoir traversé le grès, est arrivé dans le *cliquart* ; mais le cliquart n'est que la partie inférieure du calcaire des carrières, celle qui renferme des silex roulés : il aurait donc pu trouver là la preuve que ce calcaire est inférieur au grès.

M. Héricart s'étonne de n'avoir pu trouver

nulle part le *terrain d'eau douce moyen* sur la gauche du Loing, et il croit que tout est en désordre dans les vallées du Fay et des Châtaigniers. Il est tout simple qu'il n'aperçoive pas le *terrain d'eau douce moyen*, puisqu'il le prend pour le *terrain d'eau douce supérieur*. S'il eût remonté le vallon du Fay jusqu'à son origine, il aurait vu celui-ci sur les hauteurs, et il aurait acquis la preuve que le terrain d'eau douce qui se trouve plus bas, et qui est le même que celui de Château-Landon, est de la formation moyenne. Rien n'est, selon moi, en désordre dans les vallées du Fay et des Châtaigniers : on trouve, au contraire, que tout y est très-régulièrement disposé lorsqu'on admet entre les formations qu'on y voit la relation que j'ai indiquée.

Je joins à cette notice une carte du pays compris entre Nemours, Puiseaux et Château-Landon (Pl. 3), et des coupes du terrain (Pl. 4), que l'on pourra comparer à celles que M. Héricart a publiées. J'ai profité pour dessiner ces coupes des recherches que M. Héricart s'est donné la peine de faire sur la pente des eaux et sur la hauteur des plaines. Les hauteurs sont mesurées à partir du zéro du pont de la Tournelle.

## EXPLICATION DE LA PLANCHE IV.

- Fig. 1. Coupe de Soupes à Château-Landon.  
 Fig. 2. Coupe de Buleau au Grand-Moulin par Brusel.  
 Fig. 3. Coupe transversale de la vallée du Loing à la hauteur du Fay.  
 Fig. 4. Coupe de Soupes à Château-Landon, d'après M. Héricart.  
 Fig. 5. Coupe de Buleau au Grand-Moulin, d'après M. Héricart.

*ITINÉRAIRE géognostique de Fontainebleau à Château-Landon, et composition du sol de la plaine de Château-Landon ;*

PAR M. le vicomte HÉRICART FERRAND, Docteur en Médecine (1).

(*Annales des Sciences nat.*, mai 1826.)

IL est admis que le terrain d'eau douce superficiel de Château-Landon appartient géologiquement au bassin de Paris (*Description géologique des environs de Paris*, p. 290), et que la partie superficielle du plateau qui s'étend des rives du Loing, à l'est, jusqu'à Épernon et Chartres, à l'ouest, appartient à la formation d'eau douce supérieure (*même ouvrage*, p. 283). D'après ces deux assertions et la situation de Château-Landon sur la rive gauche du Loing, ne semblerait-il pas évident que le terrain d'eau douce superficiel de Château-Landon appartient à la formation d'eau douce supérieure ? Cependant la plus grande incertitude subsiste encore à cet égard (*même ouvrage*, p. 289).

D'où vient donc que la *position réelle* du terrain d'eau douce de Château-Landon est encore incertaine ? C'est 1<sup>o</sup>. parce que ce terrain a paru lié sans interruption quelconque avec les calcaires d'eau douce, soit moyens, soit supérieurs, de la forêt de Fontainebleau, qui se prolongent vers le midi jusqu'à Château-Landon, et peut-

(1) Le mémoire de M. Héricart Ferrand renfermant des détails intéressans, nous le plaçons ici dans son entier. Le lecteur sera d'ailleurs, par là, plus à portée de prononcer entre l'opinion de ce géologue et celle de M. Berthier, relativement au gisement du calcaire de Château-Landon.

être un peu au-delà (*ouvrage cité*, p. 290); 2°. parce que ce terrain est à la surface du sol, et qu'aucun autre ne le recouvre (*même ouvrage*, p. 290); 3°. enfin parce qu'on ne sait pas sur quelles roches il repose (*même ouv. et même p.*).

Cette incertitude m'était d'autant plus pénible 1°. que, disciple de MM. Cuvier et Brongniart, j'avais, à la lecture de leur ouvrage, une propension irrésistible à adopter une opinion différente de la leur, lorsqu'ils concluent (*ouvrage cité*, page 293) qu'il est extrêmement probable que le calcaire lacustre de Château-Landon appartient à la formation d'eau douce moyenne ou gypseuse; et 2°. que, sans avoir été encore à Château-Landon, plus je recueillais de détails et de renseignemens sur son terrain d'eau douce, plus j'étais amené à le regarder comme de formation supérieure.

Convaincu que de nouvelles observations pouvaient seules détruire une telle incertitude, je me rendis à pied de Fontainebleau à Château-Landon, ayant pour but de *constater les liaisons du terrain d'eau douce superficiel de Château-Landon avec les terrains d'eau douce supérieurs et moyens de la forêt de Fontainebleau*; et, d'après ce que j'ai vu, je me permettrai de dire 1°. qu'autant ces liaisons me semblent évidentes avec le terrain d'eau douce supérieur, autant elles me semblent encore invisibles avec le terrain d'eau douce moyen; et 2°. qu'autant il est vrai que ce terrain est superficiel et n'est recouvert par aucun autre, autant il est certain qu'on peut voir sur quelles roches il repose.

Des faits vont servir de base à mes assertions. Je n'hésite plus à les publier, et si MM. Cuvier et Brongniart ont le loisir de les discuter, de les

combattre et de les démontrer erronées, il n'en sera pas moins glorieux pour leur élève d'avoir provoqué un moment leur attention.

Après deux jours de marche à travers les plaines du Gatinais, j'arrivai à Château-Landon sans avoir perdu de vue un seul moment le terrain d'eau douce supérieur, une fois que je l'eus atteint au-dessus de la grande formation des sables et des grès dans la forêt de Fontainebleau, sur la route de Malesherbes aux rochers du mauvais passage du côté d'Ury. Chaque fois que je m'étais dirigé vers l'est, entre Fontainebleau et Nemours, pour reconnaître les petites vallées qui vont s'ouvrir dans la vallée du Loing, j'avais retrouvé la formation des sables et des grès qui sortaient de dessous le terrain d'eau douce. Si la profondeur de ces diverses vallées met en évidence la grande épaisseur des sables et des grès, les puits des villages situés en plaine, tels que celui de Recloses, profond de 40 mètres, celui d'Ury de 50, et celui de la Chapelle-la-Reine de 72, doivent faire mettre en question, s'ils ne percent pas au-dessous du terrain d'eau douce, la formation des sables et des grès, et si cette formation ne reparaitrait pas lorsque les plaines à l'ouest de tous ces villages s'abaissent. Les observations de M. de Tristan témoignent en faveur de cette opinion; puisqu'il a constaté qu'aux environs de Boissy-aux-Cailles, à l'origine de la vallée de l'Ecolle, les grès sont à jour dans cette vallée, et qu'on les suit pendant un demi-myriamètre environ, dans la vallée de l'Essonne, au-dessus de Malesherbes, avant qu'ils ne disparaissent sous le terrain d'eau douce supérieur (1).

(1) Note sur la Géologie du Gatinais; par M. Jules de

Près de Nemours, à Larchant, et à Puiset, lieu élevé où il a été établi un télégraphe, je vis reparaître au-dessous du terrain d'eau douce la formation des sables et des grès toujours d'une puissance considérable.

Deux vallées, celle d'Ormesson et celle du Fay, qui descendent, dans la direction du sud-ouest au nord-est, des plaines du Gatinais dans la vallée du Loing au-dessus de Nemours, achevèrent de me convaincre que la formation des sables et des grès, dans laquelle ces deux vallées sont tranchées, ne disparaît sous le terrain d'eau douce que lorsqu'on entre en plaine. Au haut de la montagne d'Ormesson, le terrain d'eau douce paraît ne consister que dans un banc de calcaire blanc marneux. Plus vers le midi, dans la plaine au-delà de Chatenoy, il prend, à en juger, par la profondeur des puits, une grande épaisseur. En effet, dans le village d'Ichy (Pl. 3), où on creusait un puits, la fouille était déjà à 20 mètres de profondeur, toujours dans le terrain d'eau douce, et on s'attendait à arriver au sable. D'après les renseignemens que je recueillis, et l'examen que je fis des matières retirées, on avait traversé :

	mèt.	c.
1°. Terre végétale . . . . .	3	00
2°. Calcaire blanc marneux, ou tuf. . . . .	3	33
3°. Calcaire blanchâtre, solide, écailléux. . . . .	0	33
4°. Calcaire blanc, marneux, ou tuf. . . . .	13	33
TOTAL. . . . .	19	99

Tristan. — Voyez les *Mémoires de la Société des Sciences physiques, médicales et d'Agriculture d'Orléans*, année 1811.

On fondait la certitude qu'on touchait au sable sur ce qu'en creusant un puits, en 1824, dans le même village, on l'avait atteint à 20 mètres de profondeur. Je me rendis aussitôt sur l'emplacement de ce puits, et je vis encore sur place le monceau de sable blanc et les grès qui en avaient été extraits.

Suivant les détails qui me furent donnés, on avait traversé :

	mèt.	c.
1°. Terre. . . . .	2	66
2°. Calcaire blanc marneux, ou tuf. . . . .	1	33
3°. Calcaire blanchâtre solide. . . . .	3	33
4°. Calcaire blanc marneux, ou tuf. . . . .	14	00
5°. Grès. Le banc était rompu et disjoint. . . . .	0	33
6°. Sable blanc très-pur. . . . .	8	00
TOTAL. . . . .	29	65

A cette profondeur, l'eau affluant avec abondance, on ne creusa pas davantage, et on ne sait sur quelle roche repose le sable.

J'ai encore retrouvé les grès près du hameau de Maison-Rouge (Pl. 3), entre Aufferville et Bougligny, dans un vallon à peine sensible, qui est l'origine de la vallée du Fay, dont j'ai déjà fait mention. Ce ne sont pas des masses isolées, mais un banc en place sur un large espace, et dont on suit la continuation en remontant depuis le Fay; il disparaît sous le sol d'eau douce de la plaine, qui prend de la hauteur vers Bougligny.

Près des hameaux de Foljuif et de Quenouville, la nappe de grès disparaît encore sous le terrain d'eau douce.

A l'est de Bougligny, et au point le plus élevé de la plaine, il a été établi un télégraphe qui

répond, au nord, à celui de Puisselet, et au midi à celui de Château-Landon, dont j'étais alors éloigné d'un demi-myriamètre environ. Malgré cette distance, j'en découvrais si bien l'église, le télégraphe et les maisons, que tout concourait à m'affermir dans l'idée que la plaine de Château-Landon était une plaine élevée. Tout le sol de la plaine de Bougligny est de terrain d'eau douce; et persuadé que jusqu'à Château-Landon je ne devais plus retrouver apparente la formation des sables et des grès, je m'informai si les puits de Bougligny ne l'auraient pas fait connaître. Leur profondeur est de 50 mètres environ, et entre 17 et 18 mètres à partir de leur ouverture ils atteignent les sables et les grès.

De Bougligny à Chenouveau, tout le sol de la plaine est encore de terrain d'eau douce, et l'abaissement du terrain réel, quoique peu sensible. Le puits de ce hameau n'a que 52 mètres de profondeur, et, comme ceux de Bougligny, il perce les sables et les grès : il n'est point murailonné jusqu'au fond. Au-dessous du banc de grès, il a une vaste excavation dans le sable. Son fond, d'après les détails qui me furent donnés par un ouvrier qui y est descendu plusieurs fois, est creusé dans de la *mauvaise pierre* ou *cli quart*.

Tandis que mes observations ne me faisaient plus connaître que du terrain d'eau douce, mes informations me démontraient toujours au-dessous la formation des sables et des grès, et le même ouvrier qui m'avait donné des détails sur le puits de Chenouveau m'affirma qu'en me rendant à Château-Landon je trouverais en plaine des exploitations de sable. Ce renseignement me faisait conclure que la formation des sables et des

grès, que j'avais vue disparaître à Maison-Rouge, à Foljuif et à Quenouville, sous le terrain d'eau douce de la plaine, et que j'avais suivie sans la voir à travers les puits d'Ichy, de Bougligny et de Chenouveau, devait reparaitre du côté de Château-Landon. Rempli de l'espoir de convertir ce renseignement en fait irrévocable, je me dirigeai sur Buteau. Dans la partie de plaine que je traversai pour m'y rendre, en laissant Chenou à ma gauche, le sol en culture était souvent semé d'éclats de calcaire d'eau douce, et en si grande abondance, qu'ils annonçaient que la couche de terre végétale était bien mince. Enfin, j'arrivai au hameau de Buteau (Pl. 4, coupe 5), où près de la première maison, et depuis un temps immémorial, on exploite le sable.

Le lieu où cette exploitation est ouverte m'offrit la coupe suivante :

	mèt.	c.
1°. Terre végétale.....	0	50
2°. Calcaire blanc sans consistance.....	0	66
3°. Calcaire blanchâtre solide, en bancs irréguliers.....	0	33
4°. Calcaire blanchâtre solide écailleux, en bancs réguliers.....	0	50
5°. Sable blanc pur.....	0	33
6°. Sable et grès coquillier.....	1	33
7°. Sable blanc pur.....	4	55
8°. Grès non coquillier.....	0	33
TOTAL.....	8	53

Une formation d'eau douce à la surface du terrain, et en place, est ici hors de toute contestation; elle se lie, sans aucune interruption quelconque à celle que j'ai reconnue au-dessus des sables et des grès aux rochers du mauvais passage, dans la forêt de Fontainebleau, sur la route

de Malesherbes. Au-dessous, on retrouve la formation des sables et des grès dont le puits de Chenouveau, à trois kilomètres seulement de distance, a constaté la présence. La partie supérieure du sable offre ici une particularité : elle est coquillière ou contient des grès coquilliers. Les coquilles que j'y ai observées autorisent à établir que les sables et les grès marins supérieurs existent en cet endroit. Je n'ai pu voir ce qu'il y a sous le sable, mais d'après les renseignements que j'ai obtenus des ouvriers, on trouve au-dessous une roche dure qui n'a pas été percée.

A 200 mètres environ, plus vers le midi, une seconde excavation présente une coupe à-peu-près pareille, seulement la formation d'eau douce de la surface est plus épaisse.

De Maison-Rouge, de Foljuif, et de Quenouville à Buteau, la distance est-elle trop grande pour croire que les sables et les grès qui se trouvent dans cette dernière localité n'appartiennent pas à la même formation que les sables et les grès des trois premières, lorsqu'on voit la continuation des uns et des autres dans la partie intermédiaire, par la perforation des puits de Bougligny et de Chenouveau ?

De Buteau au Ménil, le sol de la plaine ne varie point ; le calcaire d'eau douce est en éclats dans la terre. A peu de distance du Ménil, et au sud-est, en tête du vallon qui descend par Brusel à Château-Landon, en cernant cette ville par le nord, je trouvai, comme à Buteau, le sable sous la formation d'eau douce : il est mis à jour et extrait dans plusieurs places peu éloignées les unes des autres ; mais je n'y ai point trouvé, comme à Buteau, le grès coquillier. Je n'étais

alors qu'à 5 kilomètres au plus de Château-Landon, et j'avais acquis la conviction de l'existence des sables et des grès sous une grande étendue de plaine d'un terrain d'eau douce non interrompu depuis la forêt de Fontainebleau.

Du Ménil à Château-Landon, le sol de la plaine, au nord du vallon de Brusel, et de celle qui est au midi, où est le télégraphe qui correspond à celui de Bougligny, est toujours de la même formation d'eau douce. L'épaisseur que cette formation acquiert est bien visible dans le vallon de Brusel à Château-Landon (Pl. 4, coupe 5) sur la pente gauche, dans les champs en culture. Ce sont d'abord des roches qui percent çà et là la terre, et ensuite des bancs réguliers, dont on a tenté l'exploitation à diverses époques. Je ne m'arrête point aux caractères minéralogiques de ces roches, parce qu'ils sont ceux des roches calcaires de Château-Landon.

Encore quelques pas de plus, et j'atteignis une vaste exploitation en grande activité. La nature des bancs calcaires et des blocs qu'on en tirait ne pouvait plus me laisser de doute, et j'étais fondé à croire que j'étais dans la carrière de Château-Landon, qui, depuis plus de vingt ans, a fourni tant de pierres pour Paris ; je n'étais cependant encore que dans une exploitation toute récente, celle de Brusel ou du télégraphe, mais en quelque sorte sous les murs de Château-Landon. Deux bancs y sont présentement exploités : le plus bas contient quelquefois dans sa partie inférieure des silex roulés ; c'est celui par lequel on a commencé l'exploitation : le supérieur s'est montré peu à peu en décombrant davantage vers la plaine, et on a

l'espoir de voir s'établir un troisième banc supérieur aux deux précédens.

Des mouvemens considérables de terre et de déblais, que j'aperçus à un kilomètre environ au nord-est de Château-Landon, sur la gauche du vallon que je venais de suivre, mais plus bas relativement à son cours, fixèrent alors toute mon attention, et marchant constamment sur le sol d'eau douce, j'entrai enfin dans les carrières de Château-Landon, celles d'où on tire toute la pierre qui vient à Paris sous cette désignation, ou celles qui ont été ouvertes pour le compte du Gouvernement, sous le ministère de M. Cretet.

C'étaient moins les carrières de Château-Landon et la formation d'eau douce supérieure qui devaient alors m'arrêter et attirer mes recherches, que toute la plaine où ces carrières ont été ouvertes, et la base de cette plaine; c'est-à-dire que je devais alors avoir pour but de découvrir les formations inférieures à la formation d'eau douce. Mes observations ont été très-multipliées, et m'ont convaincu que l'emplacement où ces carrières ont été ouvertes n'est qu'un point de la grande et haute plaine de Château-Landon, qui n'est qu'une fin des vastes plaines du Gâtinais et de la Beauce.

Sous cette dénomination de grande et haute plaine de Château-Landon, je comprends (Pl. 3) l'espace qui est borné au midi par la vallée du Susain, à l'est par la vallée du Loing, et qui se rattache au nord, malgré la dépression de quelques légers vallons, à la plaine de Besigny et de la Madeleine, et à l'est à celle de Chenou.

En présentant la plaine de Château-Landon comme une plaine haute et élevée, je dois préve-

nir que je manque des données suffisantes pour fixer sa véritable hauteur au-dessus du zéro du pont de la Tournelle, à Paris; aussi ne l'ai-je indiquée que d'une manière approximative et sujette à rectification. J'y suis parvenu d'après la pente connue de la Seine, qui est de  $14^m,620$  du zéro du pont de la Tournelle, à Paris, jusqu'à Saint-Mamert, à l'embouchure du canal du Loing (Pl. 3); et de celle du canal du Loing, qui est de  $42^m,850$  du lieu de son embouchure, que je viens d'indiquer, jusqu'à son origine à la fin du canal d'Orléans, au-dessous de Montargis. D'après le nombre des écluses et leur chute de Saint-Mamert à Soupes et au port Cretet, au-dessus de Grand-Moulin, il n'était pas difficile d'avoir, relativement à Saint-Mamert, la hauteur de ces deux endroits, situés sur le canal à une distance moyenne, entre son origine et son embouchure. Je l'ai fixée, pour le premier, à 24 mètres, et pour le second, à 26 mètres; par conséquent, la véritable hauteur de Soupes, au-dessus du zéro du pont de la Tournelle, sera de  $38^m,62$  (Pl. 4, coupe 4), et celle du port Cretet sera de  $40,62$  (Pl. 4, coupe 5).

Quant à la hauteur de la plaine de Château-Landon au-dessus de Soupes et du port Cretet, je n'ai connaissance d'aucune donnée quelconque pour l'établir; je l'ai évaluée à 50 mètres au-dessus du canal du Loing à Soupes; conséquemment, sa hauteur au-dessus du zéro du pont de la Tournelle sera de  $88^m,62$  (Pl. 4, coupe 4, et coupe 5). Il suit de là que cette hauteur pourra être contestée; mais en attendant qu'elle soit assignée par des nivellemens et des obser-

vations barométriques, je me crois fondé à la maintenir. Un fait qui affermit encore dans l'idée que la plaine de Château-Landon, d'un niveau presque uniforme, est d'une grande hauteur, c'est qu'elle a été choisie pour y placer un télégraphe, et que la bâtisse qui le porte a fort peu d'élévation (Pl. 4, coupe 5).

Les carrières de Château-Landon sont au bord de la plaine (Pl. 4, coupe 4) et exploitées à ciel découvert. Les bancs calcaires se montrent à jour par places, à gauche, au haut du vallon Saint-Severin, qui vient de Brüssel, et sur le bord gauche de la vallée du Susain. Ils ne sont d'abord recouverts que par une terre brune argileuse; mais à mesure que l'exploitation avance vers la plaine, des bancs de calcaire blanc marneux, sans consistance, et de calcaire blanc solide, qui n'est d'aucun emploi, s'interposent entre la terre argileuse brune et les bancs calcaires exploités. Il en résulte que les déblais deviennent de plus en plus considérables en avançant vers la plaine.

La carrière ouverte pour le compte du Gouvernement est la plus vaste, celle qui a le plus attaqué la formation d'eau douce, et celle qui fait bien connaître sur quelles roches cette formation repose.

J'y ai remarqué, de haut en bas, les couches suivantes :

1°. Terre végétale et terre argileuse brune, d'une épaisseur variable, mais qu'on peut évaluer à 0 <sup>m</sup> . 50.		
2°. Calcaire blanc marneux . . . . .	} . . . . . 2	50
3°. Calcaire solide écaillé fendillé . . . . .		
4°. Premier banc exploité . . . . .	1	00
5°. Deuxième banc exploité . . . . .	2	00
6°. Troisième banc exploité; il est coloré . . . . .	1	50.

7°. Banc d'argile jaunâtre qui manque souvent . . . . .	0	16
8°. Poudingue . . . . .	1	34

TOTAL . . . . . 9 00

Toutes les diverses couches de la formation d'eau douce vont en s'amincissant et se perdant de la plaine vers le bord de la vallée. En entrant en exploitation, les bancs calcaires sont fort minces et très-souvent réduits à un seul. Après 10, 20 à 30 mètres environ d'exploitation vers la plaine, ils se régularisent. Jusque-là leur surface est très-inégale, et ils sont constamment rompus; les bords des masses disjointes sont arrondis, usés, et les intervalles qui les séparent sont remplis de la terre argileuse brune inférieure à la terre végétale.

Dans le banc calcaire marneux n°. 2, et dans le banc calcaire solide écaillé fendillé n°. 3, je n'ai remarqué aucun silex et aucun corps organisé fossile.

La nature des trois bancs exploités, nos. 4, 5 et 6, est tellement connue (*Description géologique des environs de Paris*, p. 290), que je ne m'y arrêterai point: il en sera de même pour les coquilles qu'ils contiennent (*même ouvrage*, p. 291).

Ces bancs présentent des fissures et des ruptures qui déterminent, lors de l'exploitation, le volume des blocs; il n'est pas rare d'en voir de 8 à 9 mètres cubes. Le plus volumineux qui ait été extrait était de 52 mètres; il a été débité sur place, faute de moyens de transport.

Les fissures dans les bancs sont si multipliées, que des espaces assez étendus ne donnent point de blocs. Il suit de là que tout ce qui est mis au

rebut l'emporte de beaucoup pour la masse sur celle qui représente les blocs qui seront employés. Ce fait n'est pas à dédaigner, il se lie à celui dont j'ai fait mention précédemment, la rupture et la disjonction des bancs calcaires à leur apparition sur le bord de la vallée.

Au-dessous du troisième banc, le banc inférieur ou le banc coloré, on trouve par places une couche d'argile jaunâtre de 0<sup>m</sup>,16 c., qui repose sur un poudingue de 1<sup>m</sup>,34 c. d'épaisseur (Pl. 4, coupe 4), ou une couche de silex roulés, liés par une pâte sableuse et siliceuse. La description du poudingue siliceux du Fay, page 292 de la *Description minéralogique des environs de Paris*, est applicable à cette couche de silex qui fait le fond de la carrière, et qui est constante. Elle paraît à jour sur le flanc de la vallée du Susain, et du vallon de Saint-Severin, qui est la prolongation de celui de Brusel, ou par l'immensité de cailloux roulés qu'on observe à une certaine hauteur, ou par des masses qui sont restées agrégées, ou par d'autres masses sans consistance, qu'on découvre pour peu qu'on fouille la terre.

Plus bas enfin paraît la craie. Elle règne sur une assez grande longueur dans le vallon de Saint-Severin, qui cerne la ville par le nord (Pl. 5). Elle contient un grand nombre de silex. Le passage immédiat de la couche de cailloux ou de poudingue à la craie y est difficile à juger. Il est plus facile à saisir à la coupe de terrain faite récemment sur la grande route en sortant de la ville, et montant dans la plaine pour aller à Soupes.

Le cap aigu et élevé qui porte Château-Lan-

don (Pl. 3), et qui résulte de la réunion du vallon de Saint-Severin avec la vallée du Susain, offre de ses deux côtés la craie avec silex. Supérieurement elle est un peu jaunâtre, les ouvriers lui donnent le nom de *castine*; inférieurement elle est blanche, et ils l'appellent *blanc*.

Je ne saurais trop fixer l'attention des géologues qui ont fait une étude spéciale du bassin de Paris, sur cette craie jaunâtre désignée à Château-Landon sous le nom de *castine*. N'est-elle que de la craie, ou est-elle un passage de la craie à une des formations qui lui sont supérieures, et notamment au calcaire grossier marin, ou au calcaire siliceux? C'est une considération que je ne dois pas omettre: mais toujours est-il certain qu'il ne semble plus devoir rester de doute sur les roches sur lesquelles repose la formation d'eau douce de Château-Landon. S'il en était ainsi, les faits nouveaux que je vais exposer les dissiperaient complètement.

Tout le pourtour de la plaine, dont l'emplacement des carrières de Château-Landon n'est qu'un point, présente des carrières pareilles à celles de Château-Landon. De celles-ci à ces diverses exploitations, soit anciennes, soit nouvelles, la continuation de la même formation d'eau douce est sans aucune interruption. Ce sont celles du haut de la côte du port<sup>s</sup> Cretet au nord-est de Mocquepois (Pl. 3 et Pl. 4, coupe 5), de la plaine de la My-Voye entre Château-Landon et Soupes, et du cap qui est circonscrit par le vallon de Chausepois et celui de la My-Voye (Pl. 5 et Pl. 4, coupe 4). Dans ce dernier endroit, la plaine baisse vers la vallée du Loing, les bancs calcaires éprouvent le même mouvement, et ils

finissent n'étant plus recouverts que d'une terre argileuse brune, semblable à celle qui recouvre le commencement des bancs calcaires dans les carrières de Château-Landon. Outre cela, leur surface est très-irrégulière, et ils présentent des perforations de diverses grandeurs, dont quelques-unes sont susceptibles de recevoir le bras. Ils offrent, en un mot, tous les effets d'une grande action destructive. Les fossiles sont les mêmes qu'à Château-Landon.

La couche de poudingue ou de cailloux roulés, inférieure à la formation d'eau douce dans les vastes carrières de Château-Landon, paraît s'étendre sur toute cette plaine de formation d'eau douce jusqu'à la vallée du Loing. Je l'ai reconnue :

1°. Sur tout le coteau gauche de la vallée du Susain, depuis Château-Landon jusqu'à son embouchure dans la grande vallée du Loing, en passant par le hameau de Pont-Freau (Pl. 3);

2°. Sur la pointe de la plaine du hameau de Mocquepois (Pl. 5 et Pl. 4, coupe 5), où les cailloux roulés semblent former uniquement le sol de cette plaine : après bien des recherches, un d'eux m'a présenté une empreinte d'oursin;

3°. Sur divers points le long de la côte du port Cretet et de Grand-Moulin (Pl. 3 et Pl. 4, coupe 5);

4°. Dans le vallon qui descend de la plaine de la My-Voye à la vallée du Loing (Pl. 5);

5°. Enfin à la coupe récemment faite sur la droite de la grande route, en descendant de la plaine de Château-Landon au pont de Soupes, et dans le vallon de Chausepois (Pl. 3 et Pl. 4, coupe 4).

Avoir constaté que la formation d'eau douce de la haute et vaste plaine de Château-Landon, liée sans interruption quelconque avec les terrains d'eau douce supérieurs de la forêt de Fontainebleau, repose sur une couche de poudingue ou de cailloux roulés dans une pâte siliceuse, est-ce simplifier ou compliquer la question de savoir à quelle formation d'eau douce il faut rapporter le calcaire de Château-Landon, et à quoi peut répondre ce poudingue dans les diverses formations du bassin de Paris?

La difficulté pourrait devenir excessive si de nouveaux faits ne venaient se grouper encore aux précédents. En effet, après avoir constaté 1°. que ce n'est qu'à trois kilomètres environ à l'ouest, et au nord-ouest de Château-Landon, que la formation des sables et des grès cesse d'être visible, et 2°. que la formation d'eau douce de Château-Landon repose sur une couche de poudingue; en multipliant encore mes observations, j'ai reconnu que le poudingue est superposé aux sables ou aux grès.

Je dis d'abord qu'il repose sur les sables : c'est de toute évidence 1°. à la coupe récente que j'ai déjà indiquée en descendant par la grande route de Château-Landon au pont de Soupes, et 2°. dans un lieu opposé dans le vallon qui descend de la plaine de Mocquepois à Pont-Freau, dans la vallée de Susain (Pl. 3).

Je dis ensuite qu'il repose aussi sur les grès : c'est ce qui n'est pas moins évident dans le vallon qui descend de la ferme de la My-Voye dans la vallée du Loing (Pl. 3 et Pl. 4, coupe 4). Des masses de grès encore en place y sont surmontées par des masses de poudingue d'une

grande ténacité. Ce fait, qui s'offrit à moi pour la première fois dans ce vallon, me le fit rechercher ailleurs, et je le retrouvai à peu de distance dans le vallon qui remonte de Soupes à Chausepois (Pl. 3). Dans le bas je vis d'abord des masses de grès, de poudingue et de calcaire d'eau douce isolées et confondues; mais à une certaine hauteur le grès en place sort du flanc du vallon, et il est couronné par le poudingue. Plus haut, je vis des roches de calcaire d'eau douce formant un banc continu; et j'entrai dans la plaine de Chausepois, qui se lie immédiatement à celle de Château-Landon.

Les grès d'une part, qui sont encore en place et couronnés par les poudingues, et de l'autre ces sables, qui sont aussi surmontés de ces mêmes poudingues, sont-ils contemporains et de la même formation? C'est probable: et n'appartiennent-ils pas à la formation des sables et des grès, qui disparaît à Maison-Rouge, à Foljuif, à Quenouville (Pl. 3), mais reparait par les puits d'Ichy, de Bougligny, de Chenouteau (Pl. 3), et les fouilles de Buteau et du Ménil (Pl. 3 et Pl. 4, coupe 5)? C'est encore probable. A la vérité, je n'ai pas vu les grès et les sables sous le poudingue des carrières de Château-Landon; mais peut-on refuser d'admettre qu'ils se prolongent 1°. du Ménil à Pont-Freau et à la montagne qui descend de Soupes, deux localités où se voient les sables, et 2°. du Ménil aux deux vallons, de la My-Voye et de Chausepois, deux autres localités où se voient les grès?

J'ai encore observé quelques grès sur la droite de la vallée du Susain dans un léger vallon près des Gautiers, en face de Château-Landon. Je

doute qu'ils soient en place; mais je dois les indiquer pour les naturalistes qui pourraient étendre leurs observations plus loin que les miennes. Toute la plaine au-dessus de ce léger vallon est de terrain d'eau douce, que je ne puis hésiter un seul instant de rapporter à la même formation que celui de Château-Landon. L'immensité de cailloux roulés que je vis encore en m'élevant de la vallée dans la plaine constate que la couche de poudingue s'étend de ce côté. Au bas du coteau, la craie est à jour et exploitée. Je n'ai pas étendu mes observations au-delà de ce canton, qui fait la limite de ma coupe 5.

La craie règne encore constamment:

1°. Sur la gauche de la vallée du Susain, depuis Château-Landon jusqu'à son embouchure dans la vallée du Loing (Pl. 3);

2°. En descendant sur toute la gauche de la vallée du Loing (Pl. 3). A Grand-Moulin, près du port Cretet, elle est très-relevée. Dans le bas, elle y est exploitée pour être convertie en *blanc d'Espagne*; dans le haut, elle est jaunâtre, d'une cassure très-écailleuse, et semblable à celle qui est désignée à Château-Landon par les ouvriers sous le nom de *castine*. Ici, comme à Château-Landon, faut-il voir dans cette couche de *castine* un passage de la craie à une des formations qui lui sont supérieures? C'est un point à discuter;

3°. Dans le bas de la montagne qui descend de la plaine de Château-Landon et de la ferme de la My-Voye au pont de Soupes (Pl. 3 et Pl. 4, coupe 4).

La coupe toute récente de la montagne de Soupes pour adoucir la pente de la grande route qui va à Château-Landon, et qui s'élève sur le côté droit du vallon qui vient de Chausepois,

ne semble, au premier abord, présenter que de la confusion et du désordre; mais après m'y être arrêté plusieurs fois, et avoir rapproché, comparé tout ce qu'elle présente avec ce que j'avais observé sur les autres points du pourtour de la plaine de Château-Landon, j'ai vu que l'ordre le plus parfait y règne, et que la stratification, en allant de bas en haut, de la craie, du sable, du poudingue et du terrain d'eau douce y est bien régulière, malgré la très-grande ondulation de ces diverses formations, qui sont coupées autant de fois que leurs ondulations sont apparentes.

De toutes mes observations et de tous les faits précédens, je me crois autorisé à conclure que la stratification de la haute et vaste plaine de Château-Landon ne peut plus être contestée, et premièrement qu'elle se compose de bas en haut des formations suivantes (Pl. 3, coupes 4 et 5):

- 1°. De la craie,
- 2°. Du sable et du grès,
- 3°. Du poudingue,
- 4°. Du terrain d'eau douce supérieur.

Secondement, que le terrain d'eau douce superficiel doit incontestablement être admis pour appartenir à la formation d'eau douce supérieure, par la raison qu'il se lie, sans aucune interruption quelconque, avec les terrains d'eau douce de formation supérieure de Fontainebleau, de Malesherbes et d'Étampes, par les terrains d'eau douce des plaines intermédiaires, aussi de formation d'eau douce supérieure, et sur lesquels on ne peut élever le plus léger doute, puisqu'on voit la grande formation des sables et des grès supérieurs se transmettre sous toutes ces plaines jusqu'auprès de Château-Landon, et qu'on la retrouve au-delà aux Gautiers, à Pont-Freau,

et dans le vallon de la My-Voye et de Chausepois. Troisièmement, que le poudingue ou la couche de cailloux roulés dans une pâte sableuse et siliceuse, sur lequel repose la formation d'eau douce de Château-Landon, n'est que le couronnement ou la partie la plus élevée de la grande formation des sables et des grès supérieurs, et que les cailloux roulés de ce poudingue diminuent de volume à mesure qu'on approche de Fontainebleau.

Quatrièmement enfin, que, malgré toutes mes recherches, je n'ai pu découvrir sur la gauche de la vallée du Susain, jusqu'à son embouchure dans la vallée du Loing, sur la gauche aussi de celle-ci jusqu'au pont de Soupes, et à la coupe de la droite du vallon de Chausepois, pour adoucir la grande route qui monte de Soupes à Château-Landon, aucun indice de terrain d'eau douce moyen, à moins qu'on ne veuille admettre qu'il soit représenté par cette portion élevée de la craie à Château-Landon et à Grand-Moulin que les ouvriers appellent *castine*, et que j'ai proposé un moment de regarder comme un passage de la craie à une des formations qui lui sont supérieures. Si cette idée pouvait un jour prévaloir, cette zone de craie ou de *castine* ne pourrait en aucune manière établir la liaison du terrain d'eau douce de Château-Landon avec les terrains moyens de Fontainebleau et de ses environs, par la raison qu'elle est inférieure aux sables et aux grès, et au poudingue, qui entrent dans la stratification de la plaine de Château-Landon.

Le calcaire d'eau douce moyen des deux vallées du Fay et des Châtaigniers (*Description géologique des environs de Paris*, page 292), au sud

de Nemours, peut-il autoriser à rapporter celui de Château-Landon à la même formation? De nouvelles observations me semblent indispensables pour prononcer affirmativement, tant le désordre de ces deux vallées me paraît grand et la liaison de leur terrain d'eau douce moyen avec celui de Château-Landon encore peu établie.

L'analyse chimique enfin sera-t-elle plus puissante? Démontrera-t-elle assez de silice dans le calcaire d'eau douce de Château-Landon pour le maintenir dans le calcaire siliceux? Non: par la raison que M. Berthier, ingénieur au corps royal des mines, n'y a pas trouvé un centième de silice. Mille parties de ce calcaire d'eau douce contiennent, d'après son analyse, 970 de carbonate de chaux, 20 de carbonate de magnésie, et 10 de silice, alumine et oxide de fer (1).

Si je ne suis point assez heureux pour faire tomber l'incertitude qui subsistait sur le terrain d'eau douce de Château-Landon, et si je me suis de plus en plus enfoncé dans l'erreur, en voulant faire prévaloir sur l'opinion de ses maîtres celle de leur élève, que le terrain d'eau douce de Château-Landon appartient aux terrains d'eau douce de formation supérieure, au moins sera-t-il reconnu et me sera-t-il accordé que dans la question qui serait encore incertaine, j'y aurais apporté de nouveaux faits qui viendraient la compliquer, et par conséquent réclamer pour la résoudre tous les efforts des géologues qui font une étude spéciale du bassin de Paris.

(1) *Annales des Mines*, t. VII, page 484.

## MÉMOIRE

*Sur une nouvelle méthode pour l'essai et le traitement de la pyrite aurifère;*

PAR M. J.-B. BOUSSINGAULT.

LES mineurs donnent le nom de *mines d'or* aux substances minérales, quelles qu'elles soient, qui renferment une suffisante quantité de ce métal pour être traitées avec profit. Parmi les minéraux aurifères on doit distinguer la pyrite de fer. Souvent mélangée avec différens sulfures, tels que la blende, la galène, le cuivre sulfuré, etc., elle constitue des masses minérales qui sont l'objet d'exploitations importantes; mais dans une semblable réunion l'argent se trouve presque toujours en plus grande proportion que l'or, et la séparation de ce dernier métal n'est plus alors qu'une opération secondaire.

Parmi les véritables minerais d'or, c'est-à-dire les minerais qui ne fournissent que de l'or, c'est encore la pyrite de fer qui est le plus important par sa richesse et sur-tout par son abondance; on peut y joindre le fer oxidé, hydraté, qui, comme elle, forme des gîtes aurifères souvent considérables. Dans quelques localités la blende et le sulfure d'antimoine sont aussi exploités comme mines d'or.

Il y a deux méthodes connues pour traiter les minerais aurifères et argentifères: l'une, appelée *amalgamation*, consiste à enlever, par le moyen du mercure, l'or et l'argent des minerais préalablement préparés; l'autre, nommée *traitement*

par la fonte, s'exécute en fondant les minerais, soit avec des matières plombifères, soit seuls, de manière à obtenir des mattes riches, qui sont ensuite soumises à l'action dissolvante du plomb fondu; les métaux précieux sont alors séparés du plomb par la coupellation.

Quoique ces deux méthodes soient très-ré- pandues, et qu'une d'elles, celle de l'amalgamation, ait pris naissance en Amérique, elles n'ont cependant pas encore pénétré dans tous les ateliers des mineurs américains: ainsi à la Vega de Supia, où il existe d'abondantes mines d'or exploitées depuis longues années, aucune de ces méthodes n'est mise en pratique. La seule qu'on y connaisse est celle du lavage.

Le lavage a été appliqué également à l'extraction de l'or des pyrites aurifères, et avec un tel succès, qu'il a permis de tirer parti d'un minéral quelquefois trop pauvre pour être traité par l'amalgamation ou par la fonte; et sous ce rapport, on doit le considérer comme une méthode qui, convenablement modifiée, promet sur celles déjà connues de grands avantages: c'est ce que j'essaierai d'établir dans ce Mémoire, après avoir exposé le procédé tel que je l'ai vu pratiquer.

C'est sur les mines de Marmato, situées au N.-E. de la Vega, sur le versant du Rio-Cauca qu'on extrait l'or de la pyrite par le lavage. Le terrain dans lequel se trouvent ces mines appartient à la grande formation de syénite et de grünstein porphyrique qui renferme les riches gisemens d'or de la province d'Antioquia. A Marmato, il existe de nombreux filons de pyrite aurifère qui, par leur puissance, en font un point très-important; ces filons sont bien réglés;

leur direction presque constante est de l'E. à l'O. La pyrite repose ordinairement sur la roche, et n'est que rarement mêlée de gangue; l'or s'y trouve disséminé en particules, quelquefois visibles à l'œil nu, mais le plus souvent non-seulement il est impossible de l'apercevoir, mais encore des essais chimiques en décèlent à peine la présence, et ce métal y existe alors en si petite quantité, qu'il ne faut rien moins que l'extrême abondance du minéral pour que le travail soit productif.

Pour extraire l'or de la pyrite on la pulvérise et on la lave: voici comme cela se pratique à Marmato.

L'atelier est placé sur la pente de la montagne; il se compose d'un hangar, sous lequel peuvent tenir une douzaine de travailleurs; dans le sol on a pratiqué un grand trou circulaire ayant environ six pieds de profondeur et dix pieds de diamètre. Des femmes (négresses) occupées à broyer sont rangées autour de cette excavation; elles sont au nombre de dix, ayant chacune devant soi une pierre de porphyre élevée d'environ deux pieds au-dessus du sol, et inclinée vers le réservoir; cette pierre est semblable à celles employées dans le pays à broyer le maïs; la molette dont elles se servent est pour l'ordinaire un morceau de pyrite qui contient du quartz.

Le minéral à moudre est placé près d'elles; c'est de la pyrite en morceaux: elles mettent un de ces morceaux sur la partie la plus élevée de leur pierre, et le réduisent en poudre à coups de molette; ensuite elles broient en ajoutant de l'eau pour faciliter le travail; la pyrite, à mesure

qu'elle est broyée, glisse en consistance d'une pâte liquide dans le réservoir.

Lorsque, par le travail continu des broyeuses, le réservoir est rempli de pyrite moulue, on y fait arriver un courant d'eau qu'on laisse couler pendant une semaine, en ayant soin de remuer de temps à autre la matière; la pyrite étant ainsi débarrassée des terres qu'elle pouvait contenir, on procède au lavage.

Le lavage se fait dans un plat de bois nommé *batea*, qui a la forme d'un cône très-aplati, dont la base peut avoir 15 à 18 pouces de diamètre, et la hauteur 3 à 4 pouces. Des négresses exécutent le lavage avec une rare habileté. Elles mettent environ 20 livres de pyrite broyée dans la *batea* et la plongent dans l'eau, où elles sont elles-mêmes à mi-jambes: alors, après avoir délayé la pyrite avec la main, elles donnent à la *batea* un mouvement giratoire très-rapide, ayant soin de lui donner de temps en temps différentes inclinaisons pour faciliter la sortie des matières qui se trouvent en suspension dans l'eau. Après avoir continué cette manœuvre pendant quelques minutes, elles sortent la *batea* de l'eau, et la tenant d'une main sous une inclinaison d'environ 45°, elles font tomber avec l'autre une grande partie de la pyrite qui se trouve étalée sur le plan incliné formé par la position de la *batea*. Elles opèrent sur ce qui reste comme il a été dit ci-dessus, jusqu'à ce qu'il ne reste qu'une petite quantité de pyrite très-riche en or: alors elles redoublent d'attention, et finissent par obtenir l'or presque pur, qu'elles mettent dans une espèce de boîte de corne appelée *cache*. Lorsqu'elles ont réuni ainsi une certaine quantité d'or, elles le

repassent à la *batea* pour bien le nettoyer, puis elles le font sécher dans une petite poêle de fer, qui porte le nom de *secadera*. Après cette opération, la pyrite qui a été successivement séparée est soumise à un second et à un troisième lavage; elle fournit constamment de l'or. Lorsqu'elle a subi trois lavages, elle est mise en tas et abandonnée à l'air pendant huit ou dix mois; au bout de ce temps, on la broie comme si c'était du minéral neuf, et elle donne une nouvelle quantité d'or presque égale à celle du premier traitement; ce qui reste est encore jeté en tas et lavé, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle ait disparu dans les lavages.

L'eau provenant du lavage s'écoule vers le Cauca et dépose une pyrite très-divisée, qui est lavée par des nègres libres, qui se nomment *masamoreros*; ils en retirent encore de l'or.

L'or qu'on retire des pyrites de Marmato n'est pas très-fin; il a une couleur sale qui lui est particulière: à la maison des monnaies, où il est envoyé, on paie pour 5 livres de cet or en poudre 2 livres d'or monnoyé.

Toutes les pyrites de Marmato sont aurifères, mais la quantité d'or qu'elles peuvent fournir varie considérablement; quelquefois il arrive qu'en brisant un morceau de pyrite on trouve des groupes de cristaux d'or qui pèsent plus d'une demi-once; mais ces rencontres ne sont pas très-communes, et dans la plupart des cas la quantité d'or qu'elles contiennent est assez petite, et comme ce métal y est probablement très-inégalement disséminé, on conçoit qu'un essai chimique fait sur moins d'une once de minéral doit inspirer fort peu de confiance.

Pour connaître la richesse d'une pyrite considérée comme pauvre, mais qui était néanmoins travaillée avec bénéfice par les nègres, j'en ai fait broyer environ un quintal, et après avoir fait sécher la pâte, on en a pesé 80 livres 5 onces 12 gros (*trois*). Par trois lavages successifs, on a obtenu 52,7 grains d'or en poudre.

Broyée de nouveau et lavée, cette pyrite a encore donné 40,3 grains de métal; je ne poussai pas plus loin l'opération. Ainsi le poids total de l'or fourni par les 80 livres 5 onces 12 grains, ou, en réduisant en grains, par les 463212 grains de pyrite, a été de 93 grains : donc la pyrite a produit  $\frac{1}{5000}$  d'or. Ce nombre est sans doute au-dessous de la réalité, puisque cette pyrite aurait encore pu fournir de l'or si on l'avait exposée à l'air pendant quelques mois.

Si on analyse les différentes opérations pratiquées à Marmato pour l'extraction de l'or de la pyrite, on trouve que ces opérations sont fondées sur un bon principe, celui de la différence de pesanteur spécifique. En effet, l'or pesant de 14 à 19 (1), et la pyrite seulement 5, on conçoit qu'il doit être assez facile de séparer le métal par le lavage. L'exposition à l'air de la pyrite déjà lavée est également bien calculée : par cette exposition, une portion du minéral passe à l'état de sulfate, qui est enlevé par les eaux pluviales; l'action atmosphérique s'exerce principalement sur le sulfure très-divisé, car après avoir été exposés plusieurs mois à l'air, les tas de minéral diminuent de volume, et la pyrite restante est en petits morceaux, de forme cubique.

(1) Beaucoup de variétés de poudre d'or ne pèsent que 14 à 16, l'eau étant prise pour 1.

C'est, sans aucun doute, dans l'intérieur de ces petits fragmens qui ont résisté au broyage, et par suite à la décomposition, que réside l'or qu'on peut encore retirer en traitant la pyrite une seconde et une troisième fois.

Quant au moyen par lequel les nègres de Marmato écrasent la pyrite, il est entièrement défectueux; mais il serait facile de la broyer par des machines de manière à abréger considérablement l'opération; néanmoins, quel que soit le mode de broyage qu'on adopte pour réduire le minéral aurifère en poudre, on doit craindre de ne pouvoir pas l'amener à l'état de ténuité désirable, car il est facile de pulvériser la pyrite; mais une fois arrivée à un certain degré de finesse, la difficulté augmente, particulièrement si c'est la variété cubique; on prévoit cependant l'importance qu'il y a à réduire la pyrite en poudre très-fine, puisque l'or peut rester caché dans de très-petits fragmens de ce minéral.

Il y a deux voies qui peuvent conduire à perfectionner la méthode suivie à Marmato : 1°. en diminuant la masse de minéral à traiter, la quantité d'or restant la même; 2°. en transformant la pyrite par un moyen peu dispendieux en une matière plus légère qui se laisse entraîner aisément par l'eau de manière à faciliter le lavage.

La première idée qui se présente pour diminuer la masse de minéral est de le mettre dans des conditions favorables pour qu'il s'effleurisse avec rapidité; la pyrite passerait ainsi à l'état de sulfate, dont on se débarrasserait ensuite par l'eau : malheureusement la pyrite cubique, au moins celle de Marmato, ne semble pas s'effleurir aisément; car après un temps très-long cette efflorescence n'est encore que partielle.

J'ai pensé que, par le grillage, on pourrait satisfaire à toutes les conditions en obtenant un oxide de fer plus tendre et plus léger que la pyrite, et qui par conséquent se laisserait moudre et laver beaucoup plus facilement. Par le grillage, on diminuerait d'ailleurs le poids de la matière à traiter, puisque la pyrite de Marmato, qui est le sulfure de fer  $Fe S^2$  composé de 100 de fer et 117 de soufre, deviendra, par le grillage, l'oxide de fer  $Fe$ , contenant 100 de fer et 45 d'oxygène.

Il est donc évident que la quantité de fer restant la même, les 117 de soufre seront remplacés par les 45 d'oxygène, et que ce qui pesait 217 ne devra plus peser que 145: ainsi, par cette transformation, la pyrite perdra environ 0,53.

Guidé par ces considérations théoriques, j'ai soumis mes idées à l'expérience en opérant sur les petites quantités de pyrite que j'avais à ma disposition, et je me suis ainsi assuré que le meilleur procédé pour extraire l'or des pyrites aurifères consiste à les transformer en oxide de fer par le grillage, et à broyer l'oxide en poudre très-fine; le lavage s'exécute alors avec une telle facilité que, par cette méthode, on parvient à découvrir la présence de l'or dans des pyrites qui n'en renferment qu'une quantité à peine appréciable.

Le grillage de la pyrite  $Fe S^2$  ne présente aucune difficulté; à la température rouge, le soufre brûle avec flamme, bientôt la flamme disparaît, et la matière se maintient quelque temps au rouge cerise: il faut alors agiter continuellement pour renouveler les surfaces; la couleur devient de plus en plus sombre, et l'on s'aperçoit que l'opération est terminée quand on ne sent plus l'odeur de l'acide sulfureux, et que, malgré l'élé-

vation de température, la matière reste comme éteinte. Lorsque le grillage a été bien conduit, il ne se forme pas une quantité sensible de sulfate de fer, et le bisulfure est entièrement converti en oxide rouge. C'est ce qui résulte des expériences suivantes, qui ont été faites dans le but de constater la perte éprouvée par la pyrite  $Fe S^2$  lorsqu'elle est soumise au grillage.

N<sup>o</sup>. 1. Pyrite de Marmato; jaune de bronze, compacte; on y voit quelques cristaux cubiques; elle ne renferme pas de gangue.

Soumis au grillage. . . . . 10000 grains.  
Oxide rouge de fer produit. 6550

Perte au feu. . . . . 3450 = 34,5 pour 100.

N<sup>o</sup>. 2. Pyrite de Marmato; compacte, d'un jaune foncé, sans gangue.

Soumis au grillage. . . . . 10000 grains.  
Oxide rouge obtenu. . . . . 6750

Perte au feu. . . . . 3250 = 32,5 pour 100.

N<sup>o</sup>. 3. Pyrite de Marmato; en petits cristaux cubiques.

Soumis au grillage. . . . . 16000 grains.  
Oxide obtenu. . . . . 10600

Perte au feu. . . . . 5400 = 33,7 pour 100.

N<sup>o</sup>. 4. Pyrite de Veragua près Panama; très-grand éclat, cassure largement conchoïde; elle est exploitée comme mine d'or.

Soumis au grillage. . . . . 10000 grains.  
Oxide obtenu. . . . . 6670

Perte au feu. . . . . 3330 = 33,3 pour 100.

On voit donc que la perte faite par les différentes pyrites diffère très-peu de 0,35, qui est celle indiquée par le calcul. On pense bien que cet accord ne peut plus avoir lieu dès que la pyrite soumise au grillage contient des substances étrangères, par exemple, comme cela arrive fréquemment à Marmato, où elle est mêlée de blende : ainsi 8000 grains d'une semblable pyrite ont perdu 1620 grains; ce qui répond seulement à une perte de 0,21. La faiblesse de cette perte est due à ce que, à la température nécessaire au grillage du fer sulfuré, la blende n'éprouve presque aucune altération; c'est ce dont je me suis assuré en dissolvant une portion du minéral grillé dans un acide faible et examinant le résidu.

D'après ces résultats, on voit qu'on peut compter sur une diminution d'à-peu-près 0,25 dans le poids du minéral aurifère : cette diminution doit par conséquent apporter une économie notable dans le broyage et dans le lavage; mais le plus grand avantage que présente le grillage de la pyrite provient de ce que l'oxide de fer qui en résulte peut passer au moulin.

L'oxide de fer aurifère une fois bien moulu, il est aisé d'en retirer l'or; car il se délaie si complètement dans l'eau, qu'il suffit, pour effectuer le lavage, de faire tomber un filet de ce liquide sur l'oxide placé dans un vase, par exemple, dans un mortier, et d'agiter avec précaution, pour que bientôt la plus grande partie de l'oxide soit enlevée; on aperçoit l'or mélangé avec des grains d'oxide de fer mal broyés. Avec un peu d'habitude, on le débarrasse promptement de toutes matières étrangères.

La propriété que possède l'oxide de fer moulu de se délayer facilement dans l'eau est due probablement à l'extrême ténuité de ses parties, du moins on ne saurait admettre que l'avantage que présente l'oxide sur la pyrite provienne de la différence de pesanteur spécifique de ces deux substances, car on peut s'assurer que cette différence n'est pas considérable; en effet j'ai trouvé qu'une pyrite mêlée de blende pesait 4,2. 150 grains d'oxide provenant de cette pyrite ont déplacé 50,6 grains d'eau, ce qui établit la pesanteur spécifique de l'oxide = 3. Une autre pyrite pure pesant 4,9 a donné un oxide dont 96,3 grains ont déplacé 19,9 grains d'eau d'une pesanteur spécifique = 4,8.

C'est par le lavage que j'ai déterminé la quantité d'or contenue dans les différentes pyrites soumises au grillage.

L'oxide de la pyrite n<sup>o</sup>. 1 a donné 27,0 grains d'or.

*Id.* ————— n<sup>o</sup>. 2 a donné 27,5 *id.*

L'oxide de la pyrite n<sup>o</sup>. 3 a donné 01,0 grains d'or.

*Id.* ————— n<sup>o</sup>. 4 a donné 0,1 *id.*

J'ai essayé plusieurs fois de séparer l'or des matières avec lesquelles il est mélangé vers la fin du lavage, par le mercure; je m'en suis bien trouvé, principalement lorsque l'or était en poudre très-fine.

Comme moyen d'essai, le lavage de la pyrite grillée me paraît être très-exact, et je le crois préférable aux essais par la voie sèche ou humide, autant par sa facile exécution que parce qu'il permet d'agir sur des quantités beaucoup plus fortes. Pour m'assurer de l'exactitude de l'essai par le lavage, j'ai essayé un même échantillon de pyrite aurifère de trois différentes manières.

Après avoir grillé la pyrite, on a divisé l'oxide en trois parties, chacune de 210 grains.

(a) 210 grains ont été traités par l'acide hydrochlorique; on a obtenu un résidu composé presque entièrement de blende noire, qui avait échappé au grillage: ce résidu, qui pesait 23 grains, a été dissous dans l'eau régale; le sulfate de fer a précipité de la dissolution 0,1 grain d'or.

(b) 210 grains ont été scorifiés par du plomb qui n'était pas exempt d'argent; le plomb, passé, coupellé, a laissé 0,15 grains d'or argentifère, qui dans l'acide nitrique s'est réduit à 0,1 grain d'or.

(c) 210 grains, broyés et lavés dans un mortier, ont fourni 0,2 grains de poudre d'or, qu'on a fondue sous la moufle avec du plomb et un peu d'argent; le plomb coupellé a laissé un bouton, qui par le départ a donné 0,1 grain d'or pur.

Ces trois essais s'accordent parfaitement et rassurent sur l'exactitude du lavage.

Pour la pyrite aurifère, il importe moins de connaître exactement sa richesse que de constater la présence de l'or; car une fois démontré qu'elle est aurifère, il est certain qu'elle mérite d'être livrée au travail: or, il est aisé de connaître promptement si une pyrite contient de l'or par le moyen du grillage. Pour cela, il suffit d'opérer sur 40 à 50 grains de pyrite; l'oxide qui provient du grillage est lavé dans un tube de verre long de 5 à 6 pouces et d'environ  $\frac{3}{4}$  de pouce de diamètre; en quelques minutes l'or est rassemblé au fond du tube, et n'y en aurait-il qu'une particule, qu'on l'apercevrait distinctement. Ce moyen d'épreuve, qui peut s'exécuter par-tout, est susceptible d'une grande précision; je l'ai toujours fait précéder les nombreux essais que j'ai faits sur la pyrite aurifère, et il ne m'a jamais

trompé. Si, par les procédés combinés du grillage, du broyage et du lavage, on est parvenu à extraire de l'or en agissant sur de petites quantités de pyrite aurifère, on doit être convaincu que les mêmes procédés s'appliqueront aussi avantageusement en opérant sur une plus grande échelle; le succès de ces opérations ne saurait être douteux, puisqu'elles sont journellement pratiquées là où il y a des travaux métallurgiques.

Dans le traitement en grand de la pyrite, le grillage pourra s'effectuer dans des fourneaux à réverbère; il ne présentera sans doute pas de plus grandes difficultés que celui des minerais mélangés de sel qu'on grille pour l'amalgamation.

Le grillage en tas, comme il se pratique dans le Hartz et à Chessy, conviendrait peut-être comme plus économique; un semblable grillage, où il peut entrer 5000 quintaux de minerai, s'il était composé de pyrite de Marmato, pourrait renfermer depuis 1 jusqu'à 13 quintaux d'or.

Pour moudre l'oxide de fer provenant du grillage de la pyrite, on pourra se servir de moulin à blé, ainsi que cela se pratique dans les usines d'amalgamation. Dans ces usines, un semblable moulin peut débiter environ 24 quintaux de minerai grillé dans un jour; on doit penser qu'il moudra la même quantité de pyrite grillée.

L'oxide de fer moulu pourra se laver dans trois ou quatre grands bassins placés en amphithéâtre; pour nettoyer l'or des matières étrangères avec lesquelles il est mêlé vers la fin du lavage, on pourrait achever cette opération dans la batea, ou employer le mercure pour enlever l'or.

Tels sont les moyens généraux qui me paraissent devoir être employés pour extraire l'or de la pyrite. Quant aux détails d'exécution, ils

seront saisis facilement par les personnes habituées au travail des mines.

La méthode du grillage est également convenable pour extraire l'or de la blende et du sulfure d'antimoine.

La blende exige, pour se griller, une température plus élevée que la pyrite; mais le produit du grillage se lave très-bien.

Le sulfure d'antimoine offre encore moins de difficulté que la pyrite; il se grille facilement à une très-basse température: l'oxide gris qui se produit est très-promptement entraîné par l'eau; la perte éprouvée par le sulfure d'antimoine pendant le grillage s'élève quelquefois à 0,47; cette énorme perte est due à la volatilisation d'une partie du sulfure. Un minéral composé en grande partie de sulfure d'antimoine, qui provenait des environs de Pamplona, essayé par le grillage, a donné les résultats suivans:

1000 grains soumis au grillage.	1000 gr.
Ont produit minéral grillé. . . .	528

La perte a été de . . . . .  $472 = 0,47$ .

L'oxide d'antimoine broyé a laissé par le lavage 1,5 grains en poudre.

On peut donc espérer d'étendre la méthode par le grillage au traitement de tous les sulfures aurifères. Quant aux avantages que présente cette méthode sur celles de la fonte et de l'amalgamation, il est facile de les apprécier dès à présent, puisqu'elle n'est autre chose que l'application de procédés connus et généralement pratiqués, à un cas particulier.

### *ANALYSE de la pouzzolane de Naples et du trass des bords du Rhin;*

PAR M. P. BERTHIER.

ON connaît le rôle important que ces deux matières jouent dans la confection des mortiers hydrauliques préparés avec la chaux grasse; on en fait une consommation immense pour cet usage. Comme elles n'ont pas encore été analysées d'une manière exacte, on les a souvent assimilées à tort, d'après leur aspect seulement, à des matières avec lesquelles elles n'ont pas le moindre rapport, et l'on a fait sur leur origine des hypothèses qui n'ont aucun fondement. On a avancé, par exemple, qu'elles n'étaient pas d'origine volcanique, et que ce n'étaient que des bancs d'argile chauffés en place, par des laves incandescentes. C'est pour rectifier ces idées et pour fournir aux personnes qui s'occupent de la théorie des mortiers, les données qui leur sont nécessaires, que j'ai soumis de nouveau la pouzzolane et le trass à l'examen chimique.

M. le général Treussart a bien voulu me procurer un échantillon de pouzzolane qu'il avait fait venir de Naples. Cette substance est grenue, à gros grains, rude au toucher, un peu poreuse, d'un rouge brun foncé, et très-fortement magnétique; elle n'est pas homogène, on y distingue entre autres substances des particules blanches terreuses et des fragmens compactes et noirs.

La pouzzolane perd facilement environ 0,09 d'eau par la calcination; elle est complètement attaquable par l'acide sulfurique et même par l'acide muriatique concentré et bouillant: la partie, qui ne se dissout pas, est de la silice à-peu-près pure. Elle a donné à l'analyse:

Silice.....	0,445	} 0,997.
Alumine.....	0,150	
Chaux.....	0,088	
Magnésie.....	0,047	
Potasse.....	0,014	
Soude.....	0,041	
Oxide de fer et de titane.....	0,120	
Eau.....	0,092	

Chauffée, sans addition, dans un creuset brasqué, à la chaleur de 150° pyrométriques, elle a très-bien fondu, et elle a produit 0,06 de fonte et une scorie pesant 0,82, vitreuse, noire, opaque, et enduite à la surface d'une pellicule métallique, d'un rouge de cuivre : on sait que ces caractères annoncent la présence d'une assez forte proportion d'oxide de titane.

Il suffit de jeter un coup-d'œil sur le résultat de l'analyse, pour se convaincre que la pouzzolane n'est pas de l'argile cuite : ce même résultat et la propriété qu'a la substance minérale d'être attaquable par les acides forts prouvent également qu'on ne peut pas la considérer comme du feldspath, ou de l'albite, réduit en sable par les agens volcaniques et grossièrement agrégé ensuite. Il est plus probable que les élémens de la pouzzolane sont des minéraux de la famille des zéolithes, tels que la chabassie, l'analcime et la stilbite, et en outre de fer titané qui abonde dans toutes les roches produites par les volcans.

Trass.

C'est dans la vallée du Brohlbach, près Andernach, que l'on exploite le trass ; il y en a d'énormes amas : à l'inspection des lieux, on ne saurait douter que la vallée n'en ait été autrefois complètement remplie, ainsi que tous les vallons adjacens. Le trass est un conglomérat volcanique, qui, dans la vallée du Brohlbach, repose sur un

schiste argileux de transition ; mais, dans d'autres localités, comme à Niedermenich, les roches qui le supportent sont des laves. L'exploitation se fait ordinairement à ciel ouvert, et dans les parties inférieures, près du ruisseau ; les parois des carrières sont taillées verticalement sur une grande hauteur, et se soutiennent ainsi pendant longtemps. Quoique cette matière soit très-facile à écraser, elle a pourtant assez de consistance dans les carrières ; quelquefois même on se hasarde à creuser de grandes galeries dans la masse, mais ce mode de travail présente toujours quelques dangers. Le trass n'est pas par-tout de même qualité : on dit que celui qui se trouve dans les parties supérieures n'est point propre à faire des mortiers, parce qu'il est trop sableux et pas assez ponceux. Dans les carrières de la partie inférieure, il faut même le trier avec soin. Le trass trié est écrasé sous des bocards à sec et tamisé avant d'être mis dans le commerce.

Le trass est de couleur blonde ; sa structure est grenue, presque terreuse ; il tache les doigts comme une argile ; il est très-poreux. Il a l'odeur argileuse et il happe fortement à la langue ; il est très-sensiblement magnétique. On y distingue plusieurs substances en petits fragmens ; les unes blanches et terreuses, d'autres noires en cristaux aciculaires, d'autres grises ressemblant aux laves de Niedermenich. On y rencontre quelquefois des morceaux de bois carbonisé et des ossemens.

L'acide sulfurique, et même l'acide muriatique concentré, l'attaquent assez fortement, mais non pas complètement. Il a donné à l'analyse :

Silice . . . . .	0,570	} 0,992.
Alumine . . . . .	0,160	
Chaux . . . . .	0,026	
Magnésie . . . . .	0,010	
Potasse . . . . .	0,070	
Soude . . . . .	0,010	
Oxide de fer et titane . . . . .	1,050	
Eau . . . . .	0,096	

Quand on le traite par l'acide sulfurique concentré bouillant, il s'en dissout à-peu-près le tiers, et si l'on fait digérer ensuite le résidu dans une dissolution de potasse caustique, ce résidu se réduit aux 0,28 du poids du trass; la partie dissoute par l'alcali est de la silice gélatineuse. Les 0,28, inattaquables par l'acide sulfurique et par la potasse, se composent d'environ :

Silice . . . . .	0,85	} 0,98.
Alumine . . . . .	0,05	
Chaux . . . . .	0,04	
Alcali . . . . .	0,06	

La quantité d'alcali qui y reste équivaut au quart de la quantité totale contenue dans le trass.

M. Nœggerath ayant observé sur le trass des efflorescences composées de sulfates et de muriates alcalins, j'ai dû rechercher si la pierre contenait de l'acide sulfurique et de l'acide muriatique; mais je n'y ai pas trouvé la plus petite trace de l'un ou de l'autre acide.

Il y a de grands rapports de composition entre la pouzzolane et le trass; mais celui-ci est moins ferrugineux et paraît contenir une certaine quantité de feldspath qui n'existe pas dans la pouzzolane.

### ANALYSE du fer météorique de Toluca au Mexique;

PAR M. P. BERTHIER.

L'ÉCHANTILLON m'a été remis par M. de Humboldt. Il était très-pur, sans scories, gercé en tous sens, mais bien ductile et fort tenace; il s'est plié et contourné plusieurs fois sur lui-même avant de se rompre. Il contient 0,0862 de nickel, ou environ 1 atome pour 12 atomes de fer; mais on n'y a pas trouvé la plus petite trace de cobalt non plus que de chrome.

Si l'expérience faisait reconnaître que les alliages de fer et de nickel sont réellement supérieurs au fer pur par leur ductilité et leur ténacité, il pourrait devenir utile de les préparer artificiellement: cela serait facile, parce que les deux métaux ont une grande tendance à se combiner ensemble. On y parviendrait de deux manières :

1°. En chauffant un mélange d'oxide de fer pur (tel que des battitures) et d'oxide de nickel, dans un creuset brasqué de charbon, à une température suffisante pour produire la fusion, et alors on aurait une sorte d'acier que l'on pourrait soumettre à l'affinage; ou en fondant dans un fourneau dit à la Wilkinson de l'oxide de nickel avec un minéral de fer de bonne qualité et des laitiers, ce qui donnerait de la fonte que l'on transformerait en fer malléable par les procédés ordinaires; comme le nickel est beaucoup moins oxidable que le fer, on doit croire qu'il n'en passerait que très-peu dans les scories;

2°. En chauffant dans un creuset, à la chaleur

blanche naissante seulement, un mélange des deux oxides très-purs et de la proportion de charbon strictement nécessaire pour en opérer la réduction ; le tout amené à l'état de poudre très-fine. La masse réduite ne serait que faiblement agglomérée, mais elle ne contiendrait pas de carbone en combinaison ; elle serait ductile, et l'on pourrait la souder et la forger à-peu-près comme du platine en éponge, en la chauffant, après l'avoir saupoudrée de borax, pour dissoudre la portion d'oxide qui se formerait, ou celle qui aurait échappé à l'action réduisante du charbon.

Si l'on n'avait à préparer que de très-petites masses d'alliage, on pourrait chauffer le mélange des oxides dans un creuset brasqué, sans y ajouter de charbon ; la réduction s'effectuerait sans difficulté par voie de cémentation, et l'on serait encore plus assuré que les métaux ne contiendraient pas de carbone combiné.

### FABRICATION du packfong ; par M. DE GERSDORFF.

(An. de Poggendorf, 1826, p. 103.)

APRÈS avoir concassé le nickel en morceaux de la grosseur d'une noisette et divisé le cuivre et le zinc, on mélange les trois métaux et on les met dans un creuset, mais de manière qu'il y ait du cuivre dessus et dessous ; on recouvre le tout de poussier de charbon et on chauffe dans un fourneau à vent. Il est nécessaire de remuer fréquemment le mélange, afin que le nickel, qui est difficile à fondre, entre en combinaison avec les autres métaux, et que l'alliage soit homogène ; il faut aussi tenir pendant long-temps cet alliage en fusion, au risque d'en séparer quelques centièmes de zinc par volatilisation. Il ne conviendrait pas de chauffer d'abord le cuivre et le nickel et de projeter ensuite dessus des morceaux de zinc, parce qu'il pourrait y avoir explosion.

La proportion relative des trois métaux, qui entre dans le packfong, doit varier selon l'usage que l'on veut en faire. Le packfong propre à la fabrication des cuillers, fourchettes, etc., doit contenir 0,25 nickel, 0,25 zinc et 0,50 cuivre. Lorsqu'il doit servir à faire des garnitures de couteaux, mouchettes, etc., il doit contenir 0,22 nickel, 0,23 zinc et 0,55 cuivre. Le packfong qui convient le mieux pour le laminage est celui que l'on prépare avec 0,20 nickel, 0,20 zinc et 0,60 cuivre. Pour les objets qui doivent être soudés, comme les chandeliers, les éperons, etc., le



Mines de  
houille de  
Bosmoreau,  
Thauron et  
St.-Dizier.

ORDONNANCE du 19 juillet 1826, portant concession des mines de houille de Bosmoreau, Thauron et Saint-Dizier (Creuse).

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Il est fait concession au sieur Moulard des mines de houille de Bosmoreau, Thauron et Saint-Dizier, arrondissement de Bourgneuf, département de la Creuse, sur une étendue de six kilomètres carrés quatre hectares, conformément aux plans ci-joints.

ART. II. La concession est limitée ainsi qu'il suit :

Au sud-ouest, par une ligne droite menée du clocher de Bosmoreau à l'angle occidental du principal bâtiment de l'ancienne abbaye du Palais, appartenant à la damé Soubrebost;

A l'est, par une ligne droite partant de ce dernier point et dirigée vers l'angle oriental de la maison d'André Bouteille au village de Monchier; puis, par une ligne droite partant de ce dernier point et menée à l'angle sud-est de la maison d'Antoine Busson, au village de Rapissat;

Au nord, par une ligne droite partant de ce dernier point et dirigée vers la croix de Maucry; puis, par une ligne droite menée de cette croix à l'angle oriental de la grange du sieur Desmagnés, au village de Pommier;

A l'ouest, par une ligne droite menée de ce dernier angle à l'angle nord-est de la maison du sieur Brousse, au village des Betouilles;

Enfin, revenant au sud-ouest, par une ligne droite menée de ce dernier angle à l'angle sud-est de la maison du sieur Gourmy, au village de Chez-Rejassé; puis, par une ligne droite menée de ce dernier point au clocher de Bosmoreau, point de départ.

ART. III. Dans le délai de trois mois, à dater de la présente ordonnance, il sera posé des bornes sur tous les points servant de limites à cette concession, où cette mesure sera reconnue nécessaire. L'opération aura lieu aux frais du concessionnaire, à la diligence du préfet et en présence de l'ingénieur des mines, qui en dressera procès-

verbal en deux expéditions, dont l'une sera déposée aux archives de la préfecture et l'autre à celles de la commune de Bosmoreau.

Il sera donné avis de ce dépôt au Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

ART. VII. A la partie inférieure du versant occidental de la montagné de Chez-Freisseix, le concessionnaire fera ouvrir un canal d'écoulement, destiné à assécher les couches de houille déjà connues, et celles qui pourraient exister dans le voisinage de ces couches.

Le point de départ de ce canal, qui sera percé soit médiatement, soit immédiatement, sur l'une des couches de houille, sera ultérieurement déterminé par le préfet, sur la proposition du concessionnaire et sur le rapport de l'ingénieur des mines. Sa pente vers son embouchure ne devra pas excéder un quatrè centième; sa hauteur sera de deux mètres et sa largeur d'un mètre cinquante centimètres dans œuvre. Par-tout, où il ne traversera pas un terrain solide, il sera murillé sur une épaisseur de cinquante centimètres; enfin, il sera garni d'un plancher, de manière à ménager dans sa partie inférieure un aqueduc pour le passage des eaux.

ART. VIII. Les diverses couches seront mises en communication avec le canal par des galeries menées à travers bancs. A partir des points où la galerie de traverse rencontrera les couches, et de part et d'autre de cette galerie, il sera percé une galerie montante sur une pente moyenne, entre l'inclinaison et la direction de la couche. Cette galerie sera traversée par des galeries d'allongement inclinées suffisamment pour servir à l'écoulement des eaux et au roulage. Celles-ci seront recoupées à angle droit par des traverses menées sur l'inclinaison de la couche. La distance des galeries, leurs dimensions, celles des traverses, et par conséquent l'épaisseur des piliers, ainsi que les moyens de soutènement, seront réglés par le préfet, d'après le mode indiqué ci-dessus, selon la puissance des couches et la solidité du toit; l'enlèvement des piliers, si toutefois il est jugé praticable, aura lieu à partir de l'extrémité des travaux, en revenant vers la galerie d'écoulement. On rentblaiera successivement, autant que possible, les excavations en employant pour cela les débris stériles

de l'exploitation ; mais, dans tous les cas, le concessionnaire sera tenu de faire enlever au dehors les matières pyriteuses ou autres, susceptibles d'occasionner un incendie souterrain.

ART. IX. La sortie de la houille au jour et la descente des ouvriers dans la mine auront lieu soit par des puits verticaux, qui seront approfondis jusqu'à la couche inférieure, soit par des galeries de roulage.

Le nombre, la situation, le mode de soutènement de ces puits et galeries seront ultérieurement déterminés par le préfet, sur la proposition du concessionnaire et sur le rapport de l'ingénieur des mines.

ART. X. Lorsque l'exploitation devra être portée au-dessous du niveau de la galerie d'écoulement, la disposition des travaux, le mode d'extraction de la houille et celui de l'épuisement des eaux, seront déterminés par le Ministre de l'intérieur, d'après la demande du concessionnaire, sur l'avis du préfet et le rapport de l'ingénieur des mines.

Il sera pourvu de même à ce que pourraient exiger soit la découverte de nouveaux gîtes houillers, soit toute circonstance non prévue par la présente ordonnance, et qui serait de nature à faire modifier ou changer le plan d'exploitation ci-dessus détaillé.

ART. XI. Les orifices des excavations débouchant au jour, qui seront jugées inutiles, seront fermés et bouchés solidement, d'après le mode indiqué par l'ingénieur, à la diligence des maires des communes sur lesquelles s'étend la concession.

Mines de fer de Bosmoreau, Thauron et Saint-Dizier. *ORDONNANCE du 19 juillet 1826, portant concession des mines de fer de Bosmoreau, Thauron et Saint-Dizier (Creuse).*

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. 1<sup>er</sup>. Il est fait concession au sieur Moulard des mines de fer de Bosmoreau, Thauron et Saint-Dizier, arrondissement de Bourgneuf, département de la Creuse, sur une étendue de six kilomètres carrés quatre hectares, conformément au plan annexé à notre ordonnance de ce

jour, qui concède au sieur Moulard la mine de houille de Bosmoreau.

ART. II. Cette concession est limitée ainsi qu'il suit :

( Voir l'art. 2 de l'ordonnance précédente. )

ART. VII. Les couches de fer carbonaté et hydraté de Bosmoreau alternant avec des couches de houille, le mode d'exploitation prescrit pour ces deux dernières par notre ordonnance de ce jour, est applicable aux gîtes de fer qui existent dans le même périmètre.

ART. VIII. Les galeries d'écoulement, les puits d'extraction et autres travaux, qui seront percés pour l'exploitation de la houille, serviront également pour l'exploitation du minéral de fer.

*ORDONNANCE du 2 août 1826, portant que le Verrerie de sieur Aubert aîné est autorisé à établir au lieu Rozerieulles dit la Maison-Neuve, commune de Rozerieulles (Moselle), conformément au plan joint à la présente ordonnance, une verrerie à bouteilles de verre noir. Dans cette verrerie, qui sera composée de deux fours de six pots, de la contenance de quatre cents bouteilles chaque, l'impétrant ne pourra employer d'autre combustible que la houille.*

*ORDONNANCE du 9 août 1826, portant autorisation de conserver et tenir en activité une usine à fer établie au lieu dit Lafarge (Dordogne).*

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. 1<sup>er</sup>. Le sieur Maxime de Mallet est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine à fer qu'il possède au lieu dit Lafarge, commune de Saint-Médard, arrondissement de Périgueux, département de la Dordogne.

ART. II. La consistance de cette usine, située sur la rive droite de la Eone, est et demeure fixée conformément

aux plans de situation et de détails joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

Un haut-fourneau pour fondre le minéral de fer au charbon de bois ; deux affineries pour la conversion de la fonte en fer, également par le charbon de bois ; un bocart à crasse, un marteau à drôme ; des halles à charbon et bâtimens accessoires.

Lavoirs à  
bras de Cres-  
sancey.

ORDONNANCE du 16 août 1826, portant que les sieurs Ardaillon père et fils et Bessy sont autorisés à établir, pour le lavage du minéral de fer, au territoire de Cressancey ( Haute-Saône ), huit lavoirs à bras, dont quatre à la fontaine dite Faux-Martin, et quatre dans l'ancien étang dit Jean-des-Moulins, conformément aux deux plans joints à la présente ordonnance.

Usines à fer  
de Baudy.

ORDONNANCE du 23 août 1826, concernant les usines à fer dites de l'étang de Baudy ( Haute-Vienne ).

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. 1er. Le sieur Jean-Baptiste Robert, propriétaire des usines à fer dites de l'étang de Baudy, commune de Saint-Yriex, département de la Haute-Vienne, est autorisé :

1°. A conserver et tenir en activité lesdites usines, lesquelles se composent, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, de deux affineries et d'un marteau ;

2°. A construire un haut-fourneau dans l'emplacement indiqué en rouge sur le plan joint au rapport de l'ingénieur en chef des ponts et chaussées, en date du 24 octobre 1825 ;

3°. A conserver la vanne de sa forge, ayant soixante centimètres de largeur sur un mètre soixante-dix-neuf centimètres de hauteur, entre le dessous du déversoir de l'étang et le seuil de ladite vanne, situé à un mètre vingt-huit centimètres au-dessous de celui de la porte de l'écurie, pris pour point de repère ;

4°. A supprimer la vanne de l'ancienne manufacture et à rétablir celle indiquée au plan comme inutile, sur les mêmes dimensions que celle à conserver.

ORDONNANCE du 23 août 1826, portant autorisation au sieur de Montarby d'établir, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, quatre lavoirs à bras pour le lavage du minéral de fer, sur les terrains qui lui appartiennent ; savoir : deux au lieu dit les Cornes du Pré-Longeot, et deux au climat de la Bonnardière, le tout au territoire de la commune du Trembloy ( Haute-Saône ).

Lavoirs à  
bras du  
Trembloy.

ORDONNANCE du 23 août 1826, portant que le sieur Jean-Baptiste Robert, propriétaire des usines à fer dites de l'Étang dernier, commune Saint-Yriex ( Haute-Vienne ), est autorisé à conserver et à tenir en activité les mêmes usines, dont la consistance est et demeure fixée à deux feux d'affinerie et un marteau, conformément aux plans joints à la présente ordonnance.

Usine à fer  
de Saint-  
Yriex.

ORDONNANCE du 30 août 1826, portant que les sieurs Ardaillon père et fils, et Bessy, sont autorisés à construire, conformément au plan joint à la présente ordonnance, en remplacement du moulin de l'Étang de la Bonde, et sur le cours d'eau de ce moulin, commune de Delain ( Haute-Saône ), deux patouillets destinés au lavage du minéral de fer, et qui seront mus par une seule roue.

Patouillets  
de Delain.

Lavoirs  
à bras  
d'Apré-  
mont.

*ORDONNANCE du 30 août 1826, portant que le sieur Martin est autorisé à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance ; huit lavoirs à bras pour le lavage du minéral de fer, dans le pré dit le Grand-Pasquier, commune d'Aprémont ( Haute-Saône ).*

Mines de fer  
de Villebois.

*ORDONNANCE du 30 août 1826, portant que les mines de fer de Villebois ( Ain ), formeront cinq arrondissemens de concession.*

( Extrait. )

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I<sup>er</sup>. Les mines de fer existant sur le territoire des communes de Villebois, Soudon, Souclin, Saint-Sorlin, Lagmieu et Vaux, généralement connues sous le nom de Villebois, arrondissement de Belley, sont et demeurent divisées, conformément au plan général joint à la présente ordonnance, en cinq arrondissemens de concession, désignés sous les noms de Villebois, Soudon, Souclin, Saint-Sorlin et Vaux.

ART. II. 1<sup>o</sup>. La concession de Villebois est faite aux sieurs Étienne Mariotte, Jean-Humbert Monier, Laurent-Gabriel Escoffier, Étienne Rigolet, Gabrielle Nodet, Victor-Amédée Detard, Joseph Gorras, Anthelme-Rosalie Mollet et consorts, tous dénommés en la pétition enregistrée à la préfecture de l'Ain, le 12 juillet 1823.

Elle est limitée ainsi qu'il suit :

Au nord-ouest, par une ligne A B, passant par le moulin Escoffier et le domaine de la Roche : le point A appartient à une ligne droite tirée du clocher de Villebois au domaine de Gratet ; le point B appartient à une ligne droite tirée de la Chartreuse de Porte au Gollet d'Art ;

Au nord-est, par une ligne droite tirée du point B à la Chartreuse de Porte ;

Au sud-est, par une ligne droite tirée de la Chartreuse de Porte au bâtiment dit Cellies-des-Salettes ;

Au sud-ouest, par une ligne tirée du domaine dit Cel-

lies-des-Salettes au clocher de Villebois, et par une autre ligne tirée du clocher de Villebois au point A.

Les limites ci-dessus renferment une surface de huit kilomètres carrés quatre-vingt-quatre hectares.

2<sup>o</sup>. La concession de Soudon est faite aux sieurs Jean-François-Marie Compagnon de la Servette, André-Jean-Baptiste-François Leclerc de la Verpillière, Marie-Philippe Cordier, Nicolas Leclerc, Claude-Crozier et consorts, tous dénommés en la pétition enregistrée à la préfecture de l'Ain, le 24 décembre 1823.

Elle est limitée ainsi qu'il suit :

Au sud-est, par une ligne A B passant par le moulin Escoffier et le domaine de la Roche : le point A appartient à une ligne droite tirée du clocher de Villebois au domaine de Gratet ; le point B appartient à une droite tirée de la Chartreuse de Porte au Gollet d'Art ;

Au nord-est, par une ligne droite tirée du point B au Gollet d'Art ;

Au nord-ouest, par une ligne droite tirée du Gollet d'Art au moulin de Taroz ; puis, à partir de ce moulin, le cours du ruisseau du moulin, en descendant jusqu'au point où il est coupé par une ligne droite tirée du domaine de Gratet au clocher de Saint-Sorlin ;

Au sud-ouest, par une dernière ligne, depuis le point où elle est coupée par le ruisseau de Taroz jusqu'au domaine de Gratet ; puis par une ligne droite tirée de ce domaine au point A, dont la position a été définie ci-dessus.

Les limites de cette concession renferment une surface de six kilomètres carrés.

3<sup>o</sup>. La concession de Souclin est faite à la compagnie anonyme des forges et fonderies de la Loire et de l'Isère.

Elle est limitée ainsi qu'il suit :

Au nord-est, par une ligne droite dirigée du Gollet d'Art à la Borne de Termant, mais terminée ( du côté de la Borne de Termant ) en un point A A, pris à trois mille mètres du Gollet d'Art ;

Au sud-est, par une ligne droite tirée du Gollet d'Art au moulin de Taroz ; puis, à partir de ce moulin, par le ruisseau du moulin, en descendant jusqu'au point où il est coupé par une ligne droite tirée du domaine de Gratet au clocher de Saint-Sorlin ;

Au sud-ouest, par une ligne droite dirigée du point

d'intersection ci-dessus au clocher de Saint-Sorlin, mais terminée, du côté de Saint-Sorlin, en un point BB, pris à deux mille deux cent cinquante mètres du domaine de Gratet ;

Au nord-ouest, par une ligne droite tirée du point AA au point BB, dont les positions ont été définies ci-dessus.

Les limites de cette concession renferment une surface de sept kilomètres carrés deux hectares.

4°. La concession de Saint-Sorlin est faite à la compagnie des mines de fer de Saint-Etienne.

Elle est limitée ainsi qu'il suit :

Au sud-ouest, 1°. par une ligne droite dirigée du clocher de Saint-Sorlin au domaine de Gratet, mais terminée (du côté du domaine de Gratet) en un point BB, pris à deux mille deux cent cinquante mètres de ce domaine ; 2°. par une ligne droite tirée du clocher de Saint-Sorlin à Lagnieu, mais terminée (du côté de Lagnieu) en un point DD, pris à mille mètres du clocher de Saint-Sorlin ;

Au sud-est, par une ligne droite tirée du point BB à un point AA, pris (à trois mille mètres du Gollet d'Art) sur une ligne droite tirée du Gollet d'Art à la Borne de Termant ;

Au nord-est, 1°. par une ligne droite tirée du point AA à la Borne de Termant ; 2°. par une ligne droite tirée de la Borne de Termant au clocher de Vaux, mais terminée (du côté de Vaux) en un point CC, pris à mille mètres de la Borne de Termant ;

Au nord-ouest, par une ligne droite tirée du point CC au point DD, dont les positions ont été définies ci-dessus.

Les limites de cette concession embrassent une surface de six kilomètres carrés soixante-treize hectares.

5°. La concession de Vaux est faite aux sieurs Jacques-Marie-Gabrielle-Suzanne Leviste, comte de Montbrian, André-Jean-Baptiste-François Leclerc de la Verpillière, Joseph-Pavy Miège frères, Nicolas Leclercq, Pierre-Marie Allard et consorts, tous dénommés dans la pétition enregistrée à la préfecture de l'Ain, le 24 septembre 1824.

Elle est limitée ainsi qu'il suit :

Au nord, par une ligne droite tirée du clocher de Vaux à la pointe du rocher du Banc ; à l'est, déclinant au nord, par une ligne droite tirée de la pointe du rocher du Banc à la Borne dite de Termant ; au sud et à l'ouest, par une

dernière ligne droite tirée de la Borne de Termant au clocher de Vaux, point de départ.

Les limites ci-dessus embrassent une surface de deux kilomètres carrés cinquante hectares.

*ORDONNANCE du 6 septembre 1826, portant autorisation d'établir un feu d'affinerie dans une usine située à Quingey (Doubs).*

Usine de  
Quingey.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Le lieutenant général Lepin, propriétaire de la tréfilerie de Quingey, département du Doubs, est autorisé à établir dans cette usine, conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, un feu d'affinerie pour convertir les fontes en fer.

ART. V. L'impétrant, ainsi qu'il s'y est formellement obligé par sa déclaration du 10 juin 1826, ne pourra tirer le charbon végétal nécessaire à l'activité de l'usine que de ses propriétés, ou de la forêt royale de la Chaux.

ART. VI. Les recuites des fils de fer ne pourront jamais se faire qu'à la houille, si, par un motif quelconque, l'impétrant trouve convenable par la suite de changer ses fours de recuites et de les faire aller au bois, il sera tenu de détruire son feu d'affinerie.

*ORDONNANCE du 6 septembre 1826, portant autorisation d'établir une fabrique d'acier en la commune de Percy-sous-Thil (Côtes-d'Or).*

Fabrique  
d'acier de  
Percy-sous-  
Thil.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. Le sieur Pierre-Marie-Eugène Champion de Nansouty est autorisé à établir une fabrique d'acier au lieu dit le Moulin au Lièvre, à lui appartenant, sur la rivière de Serin, commune de Percy-sous-Thil, département de la Côte-d'Or.

ART. II. Cette usine sera composée, conformément aux

352 ORDONNANCES SUR LES MINES.

trois plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit ; savoir :

- 1°. D'un fourneau d'affinerie ;
- 2°. De deux fourneaux à réverbère ;
- 3°. D'un fourneau de fusion pour la fabrication de l'acier fondu ;
- 4°. D'un martinet ;
- 5°. D'un cylindre pour étirer les barres de fer et d'acier.

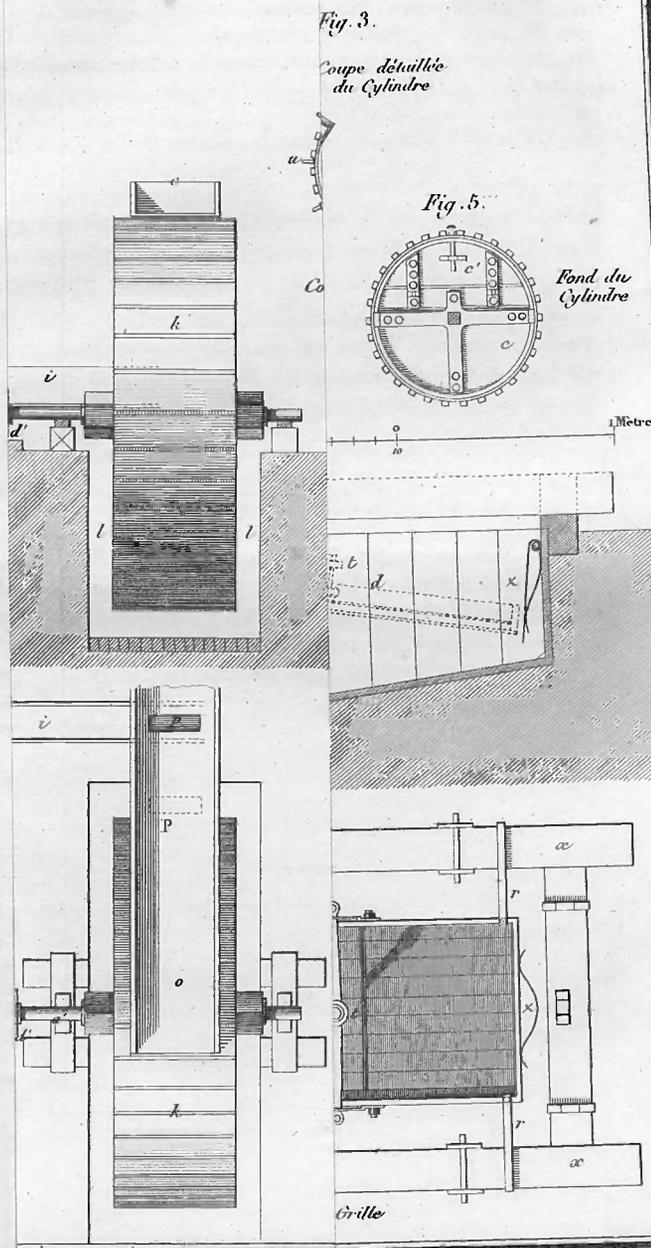
Lavoir à bras et lavoir à cheval de Nantilly.

ORDONNANCE du 6 septembre 1826, portant que les sieurs Ardaillon père et fils et Bessy sont autorisés à établir dans la commune de Nantilly ( Haute-Saône ), pour le lavage du minéral de fer, un lavoir à bras et un lavoir à cheval, sur le cours de la source dite Tiercedin, conformément au plan joint à la présente ordonnance.

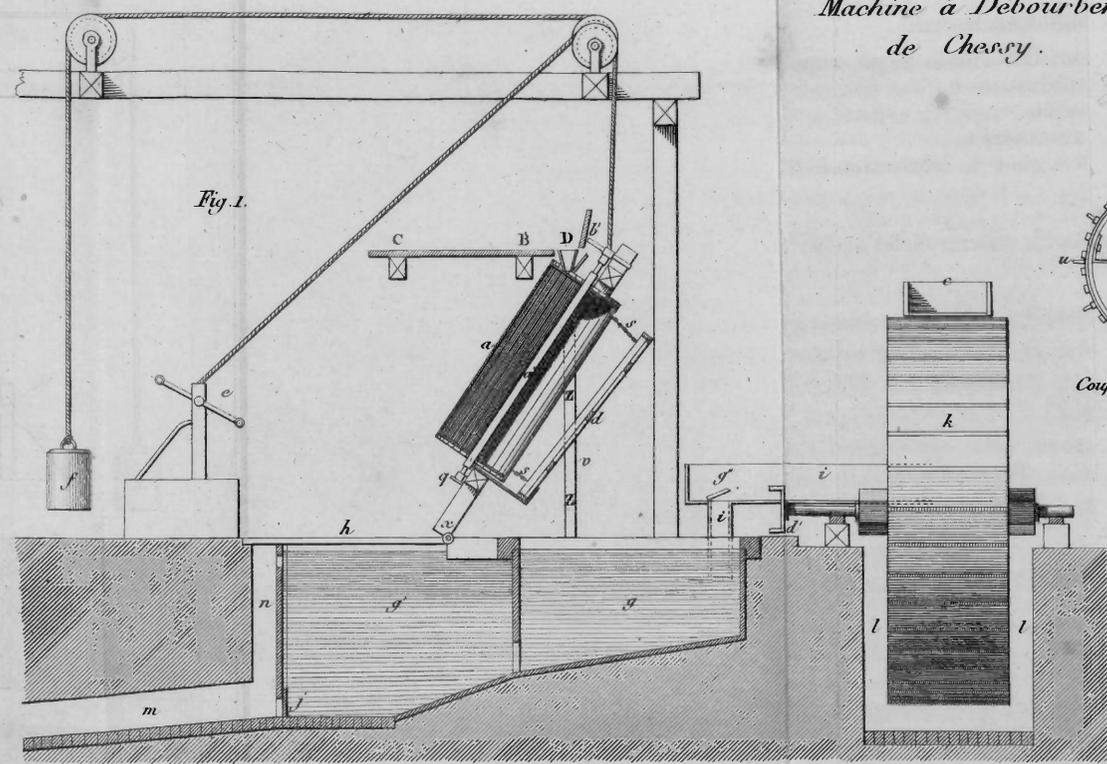
Patouillet à roue de Malans.

ORDONNANCE du 6 septembre 1826, portant que la dame Anne-Marie-Victoire d'Haussonville, veuve du sieur de Sorans, et le sieur Joseph Gauthier, sont autorisés à tenir et conserver en activité le patouillet à roue qu'ils ont établi, pour le lavage du minéral de fer, sur la rivière de l'Ognon, au moulin de Malans, commune de Malans ( Haute-Saône ).

Machine à Débours  
de Charvy.



# Machine à Débourber de Chesry.



Coupe suivant l'axe du Cylindre

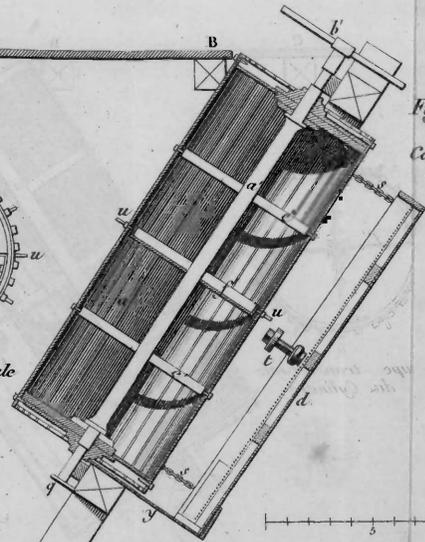
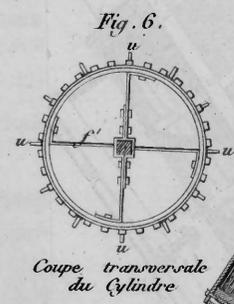


Fig. 3.  
Coupe détaillée du Cylindre

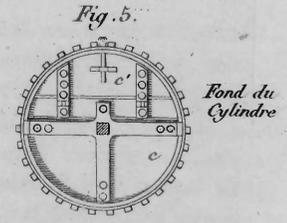


Fig. 5.

Fond du Cylindre

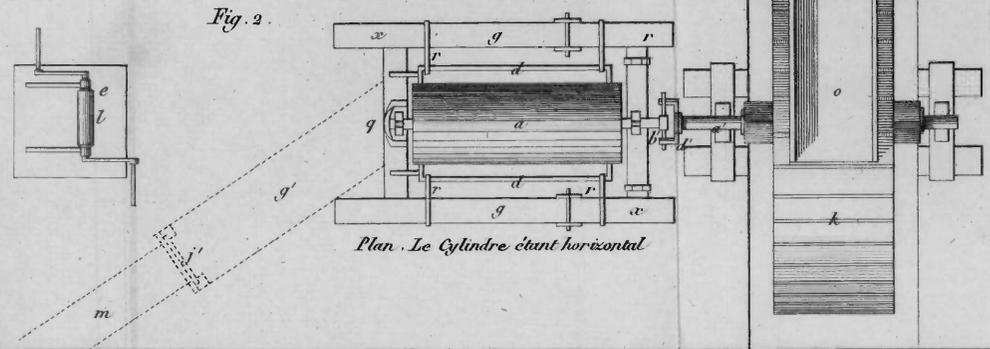
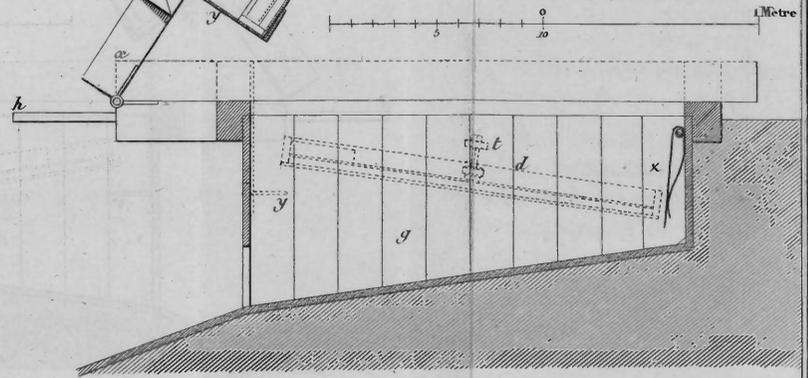


Fig. 2.

Plan. Le Cylindre étant horizontal

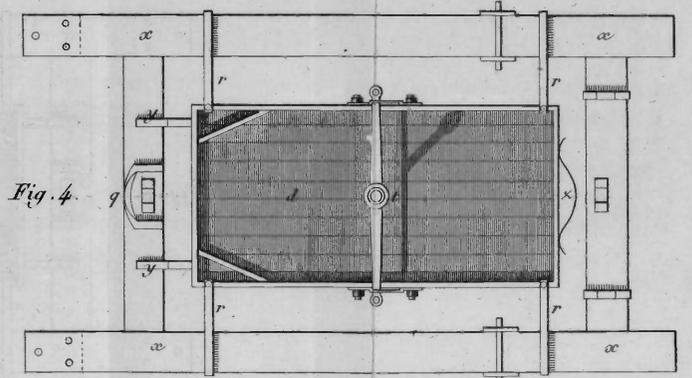


Fig. 4.

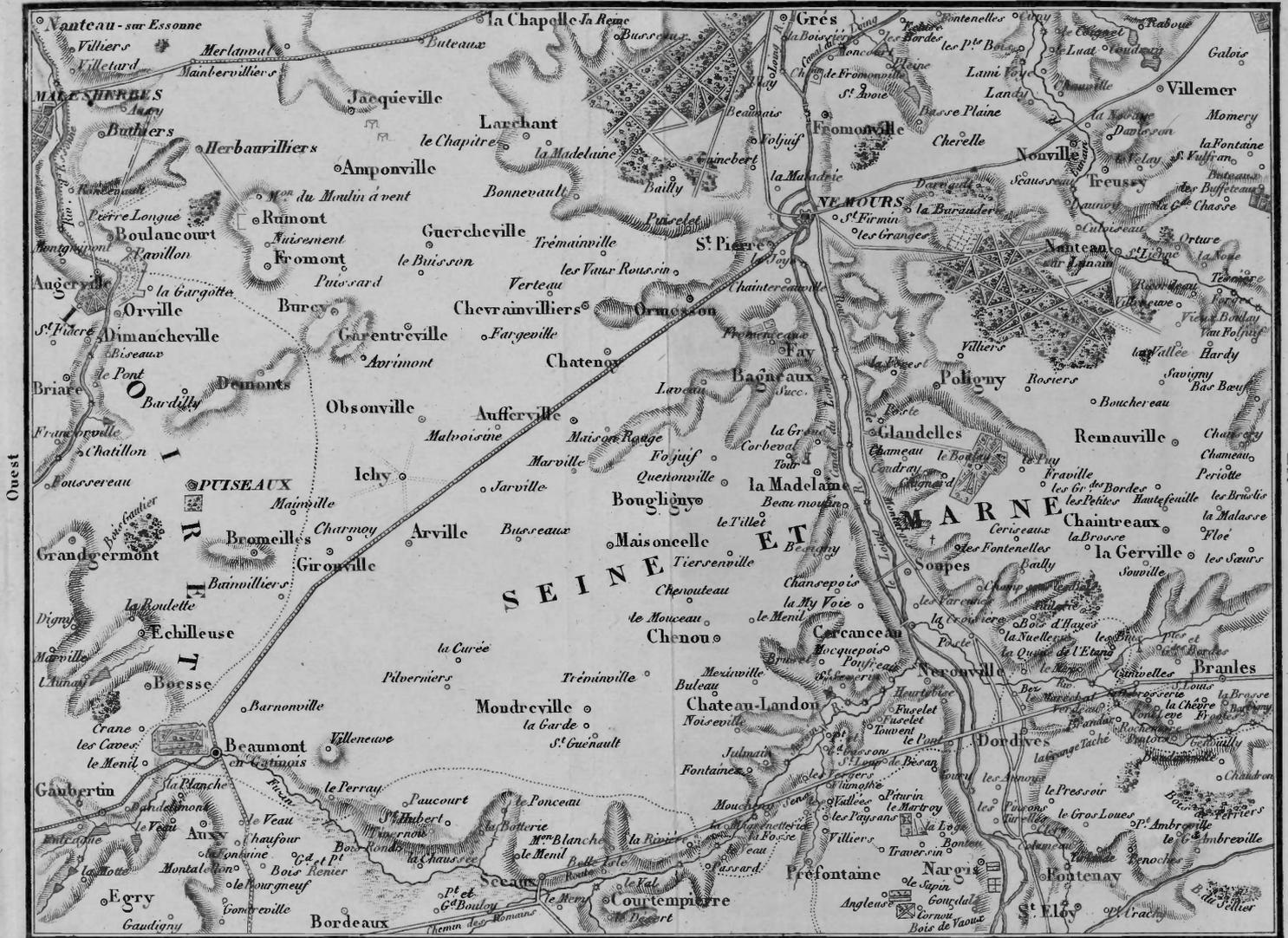
Détail de la Grille

# CARTE DES ENVIRONS DE NEMOURS, PUISEAUX ET CHATEAU-LONDON.

Annales des Mines Tome 1<sup>er</sup> (1837)

Nord

Pl. III.



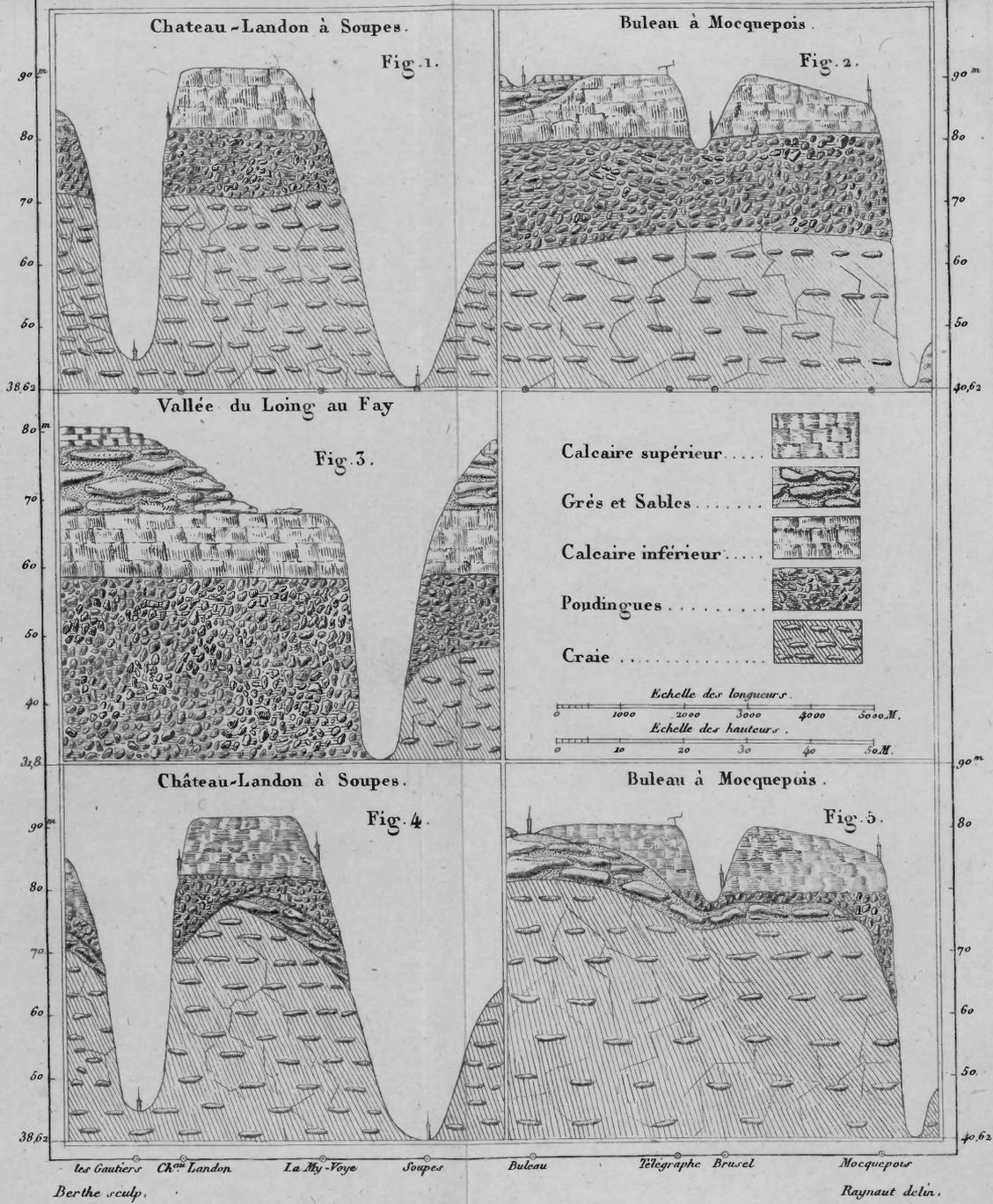
Echelle de Toises

Sud

Echelle de Mètres

C. Leblanc delin.  
10,000

Gravée par Berthe  
Rue St. Jacques, N° 68.



## FABRICATION

DE

LA FONTE ET DU FER EN ANGLETERRE,

PRÉCÉDÉE

D'UN APERÇU SUR LES DIFFÉRENS DÉPÔTS HOUILLERS  
DE CE PAYS ;PAR MM. DUFRÉNOY ET ÉLIE DE BEAUMONT,  
Ingénieurs au Corps royal des Mines.

VERS la fin du siècle dernier, la fabrication du fer a éprouvé en Angleterre une révolution très-importante par la substitution de la houille (1) au charbon de bois, seul combustible employé précédemment dans cette opération. Cette substitution a eu l'avantage non-seulement de diminuer beaucoup les frais de fabrication, mais encore de fournir au commerce une fonte douce et propre à beaucoup d'usages nouveaux à cette époque. Elle a en même temps donné à ce genre d'industrie un développement immense, qui lui a fait faire de nouveaux progrès, parmi lesquels on doit compter au premier rang l'établissement des machines ingénieuses au moyen desquelles on façonne le fer en barres, de toutes formes, avec autant d'économie que de célérité.

(1) D'après les renseignemens que nous avons recueillis en Angleterre, il existait encore, en 1824, dans le Lancashire trois hauts-fourneaux qui marchaient au charbon de bois.



La grande abondance de la houille et sur-tout sa réunion avec le minerai de fer des houillères, appelé en anglais *iron-stone* (*fer carbonaté terreux, argileux ou lithoïde*), ont, jusqu'à ce jour, procuré à l'Angleterre une supériorité marquée, dans ce genre de fabrication, sur toutes les autres contrées de l'Europe; il est permis d'espérer que la France ne restera pas toujours étrangère à cette nouvelle source de prospérité. Il y a déjà quarante ans qu'on a établi pour la première fois, près de la mine de houille du Creusot (département de Saône-et-Loire), des hauts-fourneaux, dans lesquels, depuis lors, on fond, au moyen du coke, des minerais de fer, soit d'alluvion, soit extraits du terrain de calcaire oolithique. Depuis long-temps, des hommes chargés par état de veiller au perfectionnement de l'industrie minérale de la France ont pressenti les avantages qu'elle pourrait retirer de l'introduction complète ou partielle des procédés anglais. En 1802, M. de Bonnard, maintenant inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines et secrétaire du Conseil général, fit un voyage en Angleterre dans le but principal d'y étudier les nouveaux procédés de la fabrication du fer. Un mémoire, qu'il inséra dans le tome 17, p. 245 du *Journal des Mines*, fit le premier connaître à la France cette industrie presque nouvelle. Depuis la paix, les ingénieurs et les maîtres de forges français ont essayé de naturaliser cette industrie en France; et c'est à la persévérance de feu M. de Gallois, l'un des membres les plus distingués du Corps royal des Mines, que nous devons le premier établissement dans lequel on ait essayé de reproduire complètement la méthode anglaise pour la fabrication du fer.

Ayant été à portée, dans le voyage que nous avons fait dans le pays de Galles et dans le Staffordshire, d'étudier le travail du fer avec quelque détail, nous nous faisons un devoir de publier les données que nous avons recueillies, dans l'espérance que, tout incomplètes qu'elles sont, elles pourront être de quelque utilité aux maîtres de forges français. Désirant avant tout donner une idée exacte de la disposition du minerai de fer des houillères, presque le seul employé dans les nombreuses usines de la Grande-Bretagne (1), nous ferons précéder la description du travail du fer par quelques aperçus sur les différens bassins houillers que possède l'Angleterre, et par une description succincte de ceux qui, présentant une grande abondance de minerais, alimentent un grand nombre d'usines.

Nous diviserons notre travail en deux parties.

Dans la première, nous donnerons un aperçu sur les différens bassins houillers de l'Angleterre.

La seconde sera consacrée à la fabrication de la fonte et du fer dans ce pays.

#### PREMIÈRE PARTIE.

##### *Aperçu sur les différens bassins houillers de l'Angleterre.*

##### § 1<sup>er</sup>. Les différens terrains formant en Angle-

(1) On emploie comme auxiliaire, dans quelques usines, du fer hématite rouge du Lancashire; mais il paraît que nulle part dans la Grande-Bretagne on ne traite en ce moment les minerais que présentent la formation oolithique, celle du grès ferrugineux et du grès vert et les dépôts d'alluvion.

terre des bandes assez suivies qui courent du nord-est au sud-ouest, et dont les couches plongent au sud-est, et les environs de Londres étant composés de dépôts tertiaires et de dépôts secondaires très-récens, on conçoit que les différens dépôts houillers existent à l'ouest et au nord de cette ville.

Division en  
3 groupes.

Pour qu'on puisse saisir plus facilement la disposition générale de ces différens districts, nous les diviserons en trois groupes, comme le font MM. Phillips et Conybeare, dans leur excellent ouvrage sur la géologie de l'Angleterre (1).

1<sup>er</sup>. groupe.

§ 2. Le premier groupe, qu'on peut appeler celui du nord de l'Angleterre, comprend tous les dépôts houillers au nord des rivières du Trent et de la Mersey, et s'étend jusqu'aux frontières de l'Écosse.

Ces dépôts sont disposés sur les flancs Est, Sud et Ouest d'une chaîne de montagnes de transition, désignée sous le nom de *chaîne penine* par M. Conybeare, et qui s'étend du nord au sud depuis les frontières de l'Écosse jusqu'au centre du Derbyshire.

Le terrain houiller ne forme pas autour de cette chaîne une ligne continue, mais une série de bassins détachés, dont plusieurs ont une étendue assez considérable. On peut en distinguer sept, qui sont :

1<sup>o</sup>. Le grand dépôt houiller des comtés de Northumberland et de Durham, connu sous le nom de dépôt houiller de Newcastle ;

(1) L'un de nous, M. Dufrénoy, a fait depuis plusieurs années une traduction de cet ouvrage, que des circonstances n'ont pas encore permis d'imprimer.

2<sup>o</sup>. Quelques petits bassins houillers, dans le nord du Yorckshire ;

3<sup>o</sup>. Le grand dépôt houiller du sud du Yorckshire et des comtés de Nottingham et de Derby ;

4<sup>o</sup>. Le bassin du nord du Staffordshire ;

5<sup>o</sup>. Le grand bassin de Manchester, ou du sud du Lancashire ;

6<sup>o</sup>. Le bassin du nord de Lancashire ;

7<sup>o</sup>. Le bassin de White-Heaven.

Il existe en outre quelques indices de houille auprès d'Ashborne et au pied du Cross-Fell, dont nous ne ferons pas mention.

§ 3. Nous désignerons le second groupe sous le nom de groupe houiller central. Il comprend trois bassins :

1<sup>o</sup>. Celui qui existe sur les confins du Leicestershire et du Staffordshire ;

2<sup>o</sup>. Celui du Warwickshire ;

3<sup>o</sup>. Celui du sud du Staffordshire ou de Dudley, à 2 lieues ouest de Birmingham.

§ 4. Le troisième groupe comprend les différens bassins houillers qui sont disposés autour des terrains de transition du pays de Galles. Ils se divisent en trois groupes différens :

1<sup>o</sup>. Celui du nord-ouest, renfermant les bassins de l'île d'Anglesey et du Flintshire ;

2<sup>o</sup>. Ceux à l'ouest ou du Shropshire, comprenant le bassin houiller de la plaine de Shrewsbury, et ceux de Coal-Brook-Dale, de Clee-Hills et de Billingsley ;

3<sup>o</sup>. Enfin ceux au sud-ouest, comprenant les trois bassins houillers importants du sud du pays de Galles, du Montmouthshire et celui du sud du Gloucestershire et du Somersetshire.

Outre ces nombreux dépôts houillers situés

dans l'intérieur même de l'Angleterre, l'Écosse en renferme un très-considérable; il en existe aussi de fort importans en Irlande. L'exploitation de ces derniers ne paraît pas avoir encore pris une aussi grande activité.

Quelques-uns de ces bassins seulement contiennent du minerai de fer.

§ 5. Tous ces bassins houillers, riches en houille, ne le sont pas, à beaucoup près, autant en fer carbonaté lithoïde; et l'abondance de ce minerai n'est en relation ni avec la puissance des couches houillères ni avec l'étendue du bassin dans lequel il existe. Nous appuyons sur cette circonstance, parce qu'en France, où l'industrie du fer prend de jour en jour plus d'extension, nous voyons souvent des spéculateurs fonder l'espérance d'établissements importans sur quelques indices de minerai de fer que présentent les bassins houillers, persuadés qu'il doit toujours s'y trouver en abondance. Mais ce minerai est, comme la houille elle-même, un membre du terrain houiller qui peut manquer dans certains cas.

Parmi tous les bassins houillers que nous venons de citer, il en est deux qui fournissent, à eux seuls, plus des trois quarts de la fonte que fabrique l'Angleterre: ce sont ceux de Dudley et du sud du pays de Galles; plusieurs autres alimentent quelques hauts-fourneaux, et la plupart ne paraissent pas donner une quantité de minerais suffisante pour que l'on puisse y établir des usines de ce genre, ainsi qu'on peut le conclure du tableau des usines à fer, § 11.

Bassin houiller de Newcastle.

§ 6. Le bassin de Newcastle, l'un des plus considérables des bassins houillers de l'Angleterre par son étendue, et surtout par la prodigieuse quantité de houille qu'il renferme, ne fournit que très-peu de fer carbonaté lithoïde, qui même

n'est guère qu'un grès houiller, fortement imprégné de fer carbonaté, comme cela a lieu dans le bassin houiller de Saint-Étienne, avec lequel celui de Newcastle présente, sous beaucoup de rapports, la plus grande analogie; il paraît qu'il n'existe dans ce dernier qu'une seule usine à fer, encore n'est-elle pas complètement alimentée par le minerai qu'il produit; on y emploie en même temps une certaine quantité de fer hématite rouge tiré des montagnes de transition.

La formation houillère de Newcastle recouvre une grande partie des comtés de Durham et de Northumberland. Elle commence près de la rivière de Coquet, au nord, et s'étend jusqu'à la Tees, au sud. Sa longueur est d'environ 58 milles; et sa plus grande largeur environ de 24. La plupart des nombreuses mines de ce district sont ouvertes sur l'une et sur l'autre rive de la Tyne, à peu de distance de cette rivière. Il en existe plusieurs dans le nord de ce bassin, et quelques-unes à 5 milles au sud de la Tyne, à moitié chemin de Newcastle à Durham. On évalue la surface des champs d'exploitation, ou des parties dans lesquelles on a entrepris des travaux, à environ 180 milles carrés.

Ce bassin renferme quarante couches de houille; un grand nombre d'entre elles ont une si petite épaisseur qu'on ne peut les exploiter. Il y en a deux principales, désignées sous les noms de *High-main-coal* et *Low-main-coal*. L'épaisseur de la première est de 6 pieds; celle de la seconde, de 6 pieds 6 pouces. La couche dite *High-main-coal* est environ à 110<sup>m</sup>,88 (60 fathoms) au-dessus de la seconde. Entre ces deux couches il en existe 8 plus minces. Une d'elles a 4 pieds.

d'épaisseur, l'autre 3. Au-dessous du *Low-main-coal*, on a reconnu sept couches de houille; mais elles produisent du charbon de qualité inférieure.

Nombre et puissance des couches.

Pour donner une idée de cette immense richesse souterraine, le docteur Thomson remarque que la puissance réunie des couches est de 44 pieds anglais, dont 14 pieds ne sont pas exploités, parce que les couches sont trop minces pour payer les frais : il reste donc un massif de houille de 30 pieds d'épaisseur, qui, en lui supposant une étendue de 180 milles carrés, donne une quantité de houille évaluée à-peu-près à 5,575,680,000 yards cubiques (4,258,485,000 mètres cubes), 180 milles carrés correspondant à 557,568,000 yards carrés (environ 466 kilomètres carrés).

Aperçu de sa richesse.

La quantité de houille exportée excède deux millions de tonnes : outre le charbon exporté dans les différentes parties de l'Angleterre et à l'étranger, on en consomme une grande quantité dans les deux comtés, et on en détruit beaucoup. Depuis trente ans environ, on a la coutume de séparer, au moyen d'une claie, le gros charbon du menu; ce dernier n'ayant presque aucune valeur, et payant au propriétaire de la surface, lorsqu'on le vend, la même redevance que le gros charbon, est brûlé près de l'orifice des puits. On peut estimer au moins à 280,000 tonnes la quantité qui est ainsi détruite annuellement sur les bords de la Tyne et de la Wear. Les cendres produites par cette combustion sont employées pour l'amendement des terres. On peut sans exagération évaluer à 3,700,000 tonnes, ou à-peu-près à 3,700,000 yards cubiques (2,800,000 mètres cubes), la quantité de houille dont les travaux

d'exploitation appauvrissent chaque année les mines de Newcastle.

D'après les bases précédentes, le docteur Thomson calcule que les houillères de Newcastle supposées intactes ne seraient épuisées par la continuation des travaux actuels, poussés avec la même activité qu'aujourd'hui, que dans l'espace de 1,500 ans. Il faut observer que dans ce calcul on ne tient pas compte de ce que toutes les couches de houille ne se prolongent pas dans toute l'étendue du bassin houiller, sans interruption ni rétrécissement, et de ce que, dès à présent, beaucoup de houille a été exploitée ou rendue inexploitable. Si on pouvait tenir compte rigoureusement de ces deux élémens, on serait peut-être conduit à réduire d'un tiers ou de la moitié l'évaluation de la durée probable de l'exploitation.

Les couches de houille sont accompagnées d'argile schisteuse et de grès, qui alternent ensemble. Les couches de schiste sont ordinairement plus minces que celles de grès. Elles forment indifféremment le mur et le toit des couches de houille; mais cependant le schiste est le plus souvent en contact avec le combustible. Parmi les couches de grès, il en est une dont la puissance est de 66 pieds, qui se montre dans la colline appelée *Gates-head-fell*, au sud de Newcastle, et qui fournit des meules à aiguiser d'une excellente qualité. Toute la Grande-Bretagne et même une grande partie du Continent les tirent de cet endroit.

Ce bassin houiller présente de nombreuses failles, qui produisent souvent dans les couches du terrain des dérangemens considérables. L'une de ces failles, connue sous le nom de *ninety-fathoms-dyke*, traverse le dépôt houiller de l'est à

l'ouest en produisant un abaissement dans les couches du côté du nord de 90 fathoms (166 mètres). Ces failles sont remplies, soit de matière argileuse, soit de roches porphyriques, qui sont mélangées d'une substance d'un vert sombre ayant beaucoup d'analogie avec l'amphibole et le pyroxène. On désigne ces failles en anglais par le mot *dyke*, qu'en France on croit assez généralement ne s'appliquer qu'aux filons de roches étrangères, tandis qu'il correspond exactement à notre mot *faille*, et qu'on l'a seulement appliqué par extension aux masses mêmes de ces filons de porphyre, qu'on appelle en anglais *basaltic dykes*.

N'ayant pas l'intention de donner la description géologique des mines de houille, et croyant cependant utile d'indiquer les phénomènes principaux que présentent ces dykes, nous présentons quelques détails à leur égard dans la note ci-jointe (1).

(1) Le *dyke* porphyrique le plus considérable des environs de Newcastle est celui que l'on observe à Coley-Hill, environ à 4 milles ouest de la ville. On y a ouvert des carrières pour en extraire des pavés; l'une d'elles nous a permis de l'étudier jusqu'à 50 pieds de profondeur et de reconnaître sa largeur, qui est de 24 pieds. Dans cette partie découverte, le dyke est sensiblement vertical. Il est rempli d'une roche d'un vert foncé, à cassure grenue, qui contient du calcaire spathique et des lamelles d'une autre substance assez analogue à du feldspath. Entre la masse qui remplit le dyke et ses parois, il existe des veines minces d'une argile charbonneuse endurcie, qui se divise en petits prismes perpendiculaires à la surface de la masse qui remplit le dyke.

Ce dyke coupe la couche de houille supérieure à 35 pieds au-dessous de la surface. La houille en contact avec la

Nous aurions quelques détails à donner sur l'exploitation des mines de Newcastle, sur la disposition des chemins de fer, ainsi que sur les moyens employés pour transporter la houille, tant au jour que dans l'intérieur des travaux; mais nous craindrions d'allonger beaucoup trop cet article, en nous jetant dans cette espèce de digression; d'ailleurs, on trouvera beaucoup de renseignements sur ces objets dans un mémoire

masse du dyke présente le même aspect que si elle avait été carbonisée; elle forme une masse poreuse, d'un gris d'acier, qui se divise en petites parties colonnaires analogues à celle que présente le coke que l'on obtient en distillant la houille dans des vases clos. Cette altération de la houille est un des principaux argumens invoqués par les personnes qui regardent ces dykes comme le produit d'une action souterraine, et on doit avouer que les faits, ainsi que la position des dykes, paraissent favoriser cette supposition. Cependant il reste une objection assez forte, c'est que les roches environnantes, telles que les schistes et les grès, ne présentent pas des altérations en rapport avec celles de la houille.

Le *dyke* de Tockloy, situé à 5 milles de Newcastle, nous montre les mêmes phénomènes que celui de Coley-Hill; la masse du dyke offre en outre cette circonstance remarquable qu'elle est divisée en trois parties. Les deux masses, en contact avec les parois, sont de trapp, tandis que le milieu est composé de débris du terrain houiller, c'est-à-dire de fragmens de grès et de schiste mélangés de fragmens et de boules de trapp analogue à celui qui forme le dyke. Les deux parties trappéennes ont chacune 6 pieds; celle du milieu peut en avoir 12.

La houille en contact a subi la même altération que dans le dyke précédent; nous avons pu nous assurer que cette altération était due à l'action du trapp, parce qu'une coupe faite dans le terrain nous a permis de voir qu'à mesure qu'on s'écartait du dyke, la houille était moins altérée. A 10 pieds, elle était dans son état naturel.

de M. de Gallois, inséré dans les *Annales des Mines*, tome III, p. 129.

Bassin  
houiller de  
Dudley.

§ 7. Le bassin houiller de *Dudley* ou du sud du Staffordshire s'étend sur une longueur de 20 milles (32 kilomètres), depuis les environs de Stourbridge, au sud-ouest, jusqu'à Beverton près Badgeley, au nord-est. Sa plus grande largeur, près Dudley, est de 4 milles, et sa surface peut être évaluée à 60 milles carrés (155 kilomètres carrés). On peut le diviser en deux parties; celle au nord, depuis Cannock-Chase jusqu'à Darlaston et Bilston, renferme plusieurs couches de houille, de 4, 6 et même 8 pieds d'épaisseur. La partie sud, s'étendant des lieux que nous venons de nommer jusqu'à Stourbridge, a 7 à 8 milles de long et 4 en largeur. C'est dans cet espace si limité qu'existe le plus grand nombre des exploitations de houille; c'est également lui qui fournit principalement la prodigieuse quantité de minerai de fer qui alimente tous les hauts-fourneaux des environs, qui étaient au nombre de plus de soixante-douze à l'époque où nous visitâmes cette contrée. Ce nombre s'est encore accru.

Aperçu  
géologique  
des environs  
de Dudley.

Ce district houiller est traversé du nord-ouest au sud-est par une ligne de collines qui présente une dépression, dans laquelle est bâtie la ville de Dudley. Les collines au nord de la ville sont d'une composition différente de celles au sud, quoique ayant la même direction. La partie au nord est composée de trois collines oblongues isolées, formées de calcaire, contenant des trilobites, des ortocératites, et beaucoup d'autres fossiles. Ce calcaire, appelé *de transition* par les géologues anglais, nous paraît devoir être regardé comme la partie moyenne des terrains qu'on

nomme sur le continent terrains de transition, le *calcaire de montagne*, appelé aussi *calcaire carbonifère*, et le vieux grès rouge, étant pour nous l'étage supérieur des terrains de transition.

Les couches du terrain houiller s'appuient sur les flancs de ces collines, et présentent d'abord une inclinaison considérable, qui diminue à mesure qu'on s'éloigne du terrain de transition. L'autre partie de la chaîne, au sud de Dudley, est composée de roches de trapp, dont les relations avec le terrain houiller n'ont pas encore été déterminées d'une manière satisfaisante. Les couches du terrain houiller conservent leur niveau en s'approchant de cette partie de la chaîne, sans se relever vers elle comme autour des collines calcaires.

Disposition  
des couches  
houillères.

A l'ouest, près de Wolverhampton, et au sud de Stourbridge, les couches du terrain houiller paraissent plonger sous celles du *grès bigarré* (*new-red-sandstone* des Anglais). A la limite Est de ce bassin près de Walsall, le même calcaire que celui de Dudley sort de dessous le terrain houiller, ce dernier s'appuyant sur ses flancs.

Il existe onze couches de houille dans ce bassin : cinq au-dessus et cinq au-dessous de la couche de houille principale, la seule exploitée aux environs de Dudley. Cette dernière a 9 mètres de puissance (10 yards); elle est appelée *main-coal* ou *ten-yards-coal*. Aucune des couches supérieures n'est susceptible d'être exploitée; les couches inférieures ont une épaisseur considérable, et elles approvisionnent le pays situé au nord de Bilston et vers Cannock-Chase. La couche de houille principale, *main-coal*, est composée de treize petits lits, dont quelques-uns sont conti-

Des couches  
de houille.

gus et ne se distinguent que par leur qualité, et dont les autres sont séparés par des couches minces d'argile schisteuse, appelées *partings*. Ces différens lits de houille ne sont pas tous d'une qualité également bonne. Il existe environ 5 mètres en tout qui fournissent le charbon de première qualité, réservé aux usages domestiques; la houille produite par l'autre partie de la couche est consommée dans les usines à fer. La houille est de la variété désignée sous le nom de houille *schisteuse*. Elle ne colle pas; elle brûle plus rapidement que celle de Newcastle, et laisse des cendres blanches après la combustion.

Qualité de la houille.

Outre la variété schisteuse, on trouve aussi de la houille compacte, que les Anglais désignent sous le nom de *cannel-coal*; elle est exploitée dans le parc du marquis d'Anglesea, appelé *Beau-desert*. On sait que la cassure de ce charbon est conchoïde; qu'il ne tache pas les doigts et qu'il n'est pas schisteux. Ce canton ne fournit qu'une petite quantité de cette variété; mais elle existe en très-grande abondance aux environs de Wigan (Lancashire), où elle est exploitée par plusieurs mines. Elle y est, comme à Dudley, à Newcastle et aux environs de Glasgow, intercalée dans un véritable terrain houiller.

Les couches du bassin houiller de Dudley ont une grande régularité. Un canal ouvert, il y a quelques années, par lord Dudley pour le service de ses carrières de pierre à chaux, a fait connaître les couches inférieures du terrain houiller, depuis celles qui touchent le calcaire de transition, jusqu'à la couche dite *main-coal*; et comme les couches supérieures sont traversées par les nombreuses exploitations qui existent dans ce dis-

trict, il s'ensuit que toutes les couches de ce terrain sont connues. Nous allons donner deux coupes de ce terrain, prises à deux extrémités, qui feront voir cette régularité et la disposition des couches de minerai de fer, relativement à la houille. Nous commencerons par les couches inférieures, pour que les deux coupes soient plus faciles à comparer.

*Coupe à Tividale près Dudley.*

	yards.	p. aug.	p <sup>e</sup> . angl.
1. Argile schisteuse.....	30	»	»
2. Calcaire.....	10	»	»
3. Argile schisteuse.....	76	»	»
4. Houille, 1 <sup>re</sup> . couche.....	0	2	»
5. Argile schisteuse.....	40	»	»
6. Houille, 2 <sup>e</sup> . couche.....	5	»	»
7. Argile schisteuse.....	2	2	»
8. Houille, 3 <sup>e</sup> . couche (bonne qualité)..	3	1	»
9. Grès grossier.....	2	»	»
10. Houille, 4 <sup>e</sup> . couche (bonne qualité).	3	»	»
11 et 12. Argile schisteuse.....	11	»	»
13. Houille, 5 <sup>e</sup> . couche appelée HEATHING-COAL.....	2	»	»
14. Argile schisteuse mélangée de minerai de fer.....	7	»	»
15. Houille, 6 <sup>e</sup> . couche. C'est celle qui est exploitée. Elle est désignée par le nom de MAIN-COAL.....	10	1	6
16 et 17. Argile schisteuse et bitumineuse.....	»	3	4
18. Houille, 7 <sup>e</sup> . couche appelée chance-coal.....	»	»	10
19, 20, 21 et 22. Argile schisteuse.....	5	7	5
23. Houille, 8 <sup>e</sup> . couche. <i>Chance-coal</i> .....	»	»	9
24. Argile schisteuse.....	»	»	10
25, 26, 27 et 28. Grès houiller.....	8	4	»
29. Argile schisteuse avec minerai de fer, couche exploitée.....	4	2	»

Coupe du terrain houiller à Tividale.

	yards.	p. angl.	p. angl.
30. Grès . . . . .	5	2	»
31. Argile schisteuse avec minéral de fer, couche très-peu riche . . . . .	»	2	9
32. Argile schisteuse . . . . .	8	2	»
33. Argile schisteuse avec minéral de fer, couche exploitée . . . . .	2	1	»
34. Houille, 9 <sup>e</sup> . couche . . . . .	»	1	3
35. Argile schisteuse . . . . .	2	1	»
36. Houille, 10 <sup>e</sup> . couche appelée <i>breach-coal</i> . . . . .	1	»	»
37. Argile schisteuse . . . . .	»	1	»
38, 39, 40, 41. Grès . . . . .	2	5	3
42 et 43. Argile schisteuse à pâte très-finie, appelée <i>fire-clay</i> : c'est elle qui fournit l'argile réfractaire employée pour la construction des briques des hauts-fourneaux . . . . .	5	1	»
44. Houille, 11 <sup>e</sup> . couche . . . . .	»	1	6
45, 46, 47. Argile schisteuse contenant quelques rognons de fer carbonaté . . . . .	6	4	11
48. Grès . . . . .	2	2	»
49. Argile mélangée de charbon . . . . .	»	»	3
50. Grès houiller . . . . .	»	1	»
51, 52, 53. Argile schisteuse . . . . .	10	5	2
54. Grès houiller . . . . .	1	1	»
55, 56, 57, 58, 59. Argile schisteuse contenant quelques rognons de fer carbonaté dans sa partie supérieure . . . . .	18	7	1
60. Grès . . . . .	1	2	»
61, 62, 63. Argile schisteuse . . . . .	3	3	»
64. Argile rouge employée pour la fabrication des briques . . . . .	1	2	6
65. Terre végétale . . . . .	»	1	»
Epaisseur totale . . . . .	313	1	3
correspondant à 287 mètres.			

D'après cette coupe, empruntée à un mémoire de M. le docteur Thomson, publié dans le 8<sup>e</sup>.

volume des *Annales de philosophie*, on voit que le nombre des couches qui composent ce bassin houiller est de soixante-cinq, dont la puissance totale est de 287 mètres (313 yards); qu'il y a onze couches de houille, et que le carbonate de fer se trouve dans plusieurs couches, mais que dans deux seulement il est en quantité considérable. Il y est disséminé en rognons très-allongés, et quelquefois en plaques au milieu de l'argile schisteuse. Souvent ces rognons forment continuité comme une espèce de couche. La couche n<sup>o</sup>. 14 de schiste argileux présente plusieurs bandes de ce minéral.

*Coupe des couches observées dans la mine de Bradley, près Bilston.*

	yards.	p. angl.	po. angl.	Coupe du terrain houiller Bradley.
1. Houille. La 5 <sup>e</sup> . couche de la coupe précédente, désignée sous le nom de <i>heathing-coal</i> . . . . .	2	»	»	
2 et 3. Argile schisteuse et schiste argileux . . . . .	3	3	3	
4. Houille . . . . .	»	»	6	
5. Argile schisteuse . . . . .	»	1	»	
6. Minéral de fer carbonaté mêlé d'argile . . . . .	1	»	»	
7, 8 et 9. Différentes variétés d'argile schisteuse . . . . .	»	4	»	
10. Houille. Couche principale, désignée sous le nom de <i>main-coal</i> . . . . .	8	1	3	
11. Argile schisteuse . . . . .	»	2	6	
12. Minéral de fer carbonaté . . . . .	»	»	8	
13 et 14. Argile schisteuse . . . . .	2	3	»	
15. Houille . . . . .	1	2	»	
16, 17, 18. Argile schisteuse . . . . .	7	2	»	
19. Grès . . . . .	»	1	»	
20. Argile schisteuse . . . . .	»	1	6	

T. I, 3<sup>e</sup>. livr. 1827.

	yards.	p. angl.	p <sup>o</sup> . angl.
21 et 22. Grès. . . . .	1	2	»
23. Argile schisteuse. . . . .	6	»	»
24. Grès. . . . .	1	»	»
25. Argile schisteuse. . . . .	8	»	»
26. Grès rougeâtre. . . . .	10	»	»
27. Terre végétale. . . . .	»	2	»

Puissance totale. . 58    2    5  
correspondante à 54 mètres.

L'examen de cette coupe montre que les couches se sont relevées de ce côté et que les couches supérieures ont disparu, puisque la couche principale de ce bassin, désignée sous le nom de *main-coal*, se trouve seulement à quarante-cinq yards de profondeur; tandis qu'on ne la rencontre qu'à cent vingt et un yards aux environs de Dudley.

Le minéral de fer existe dans deux couches, l'une au-dessus, l'autre au-dessous de la couche de houille, dite *main-coal*.

Du minéral  
de fer.

§ 8. Ce minéral de fer, qui est le fer carbonaté des houillères, est mélangé d'une plus ou moins grande quantité d'argile, ou, pour mieux dire, il semblerait que ce serait plutôt de l'argile solidifiée par une filtration ferrugineuse. D'après cette supposition, on conçoit en effet que l'argile soit plus ou moins chargée de fer, et qu'il y ait par conséquent plusieurs qualités de minéral de fer. On en distingue cinq; les deux plus estimées sont appelées *guddin* et *blue flatt*. La première est la plus riche; sa teneur est de 36 à 40 pour 100 (non grillée); elle forme des rognons moins allongés que la seconde. Sa couleur est foncée; elle pré-

Variétés dif-  
férentes du  
minéral de  
fer.

sente au centre des fentes analogues à celles d'un *ludus*, qui sont tapissées de chaux carbonatée lamelleuse. Les différentes variétés sont classées par leur richesse, qui varie de 20 à 40 pour 100. Nous n'avons pas observé près de Dudley la variété de minéral assez commune à Saint-Etienne et aux environs de Sarrebruck, consistant en un grès à grains fins, imprégné de fer carbonaté, qui se décompose par couches concentriques. Le véritable minéral de fer des houillères, lorsqu'il est exposé à l'air pendant long-temps, présente bien une apparence de décomposition; mais ce sont seulement les masses qui l'enveloppaient qui se désagrègent et se détachent du minéral. On a même soin de faciliter ce triage naturel en exposant le minéral pendant plusieurs mois à l'action de l'air.

Le minéral contient en grande quantité les empreintes végétales propres au terrain houiller; on y trouve aussi assez fréquemment des moules de coquilles, très-imparfaits à la vérité, qui paraissent appartenir au genre *unio*; ce qui tendrait à faire penser que le dépôt des houilles s'est fait au milieu de lacs d'eau douce.

Empreintes  
et coquilles  
dans le mi-  
néral de fer.

Les schistes qui accompagnent la houille présentent souvent dans ce bassin un accident assez singulier, qui paraît dû à une compression perpendiculaire aux couches; ils affectent la forme de petits cônes, qui rentrent les uns dans les autres et qui sont sillonnés sur leurs surfaces par des lignes ondulées. Ces cônes, désignés sous le nom de *cone-in-cone-coral*, s'observent dans plusieurs mines, quelquefois même la houille les présente. Ce qui nous a fait naître l'idée

Présomp-  
tions de  
la compres-  
sion des  
couches.

d'une compression verticale, c'est que nous avons vu des échantillons de cette nature venant de Richmond en Virginie (États-Unis), qui étaient accompagnés de tiges d'une plante (désignée par M. Adolphe Brongniart sous le nom de *stylodendron loshii*), dont les différens anneaux étaient rentrés les uns dans les autres, et présentaient en outre, au milieu de leur longueur, un renflement analogue à celui qui aurait lieu si on comprimait les deux extrémités.

Nature de  
l'exploita-  
tion.

L'exploitation de la houille et celle du minéral de fer s'exécutent à Dudley par des puits différens. Ils ont ordinairement les uns et les autres 6 pieds de diamètre. Ils sont murillés en briques; souvent les assises de maçonnerie reposent sur des cercles en bois, et plus généralement sur des cercles en fer. Ces derniers sont composés de fer, en barres carrées, d'environ 2 pouces, et dont chaque portion a 3 pieds; ils sont assemblés les uns aux autres à mi-fer et boulonnés convenablement. On en remarque de 4 pieds en 4 pieds anglais.

La largeur des galeries est variable et en raison inverse de l'épaisseur de la couche que l'on exploite. Le boisage est très-simple; il consiste souvent en un poteau placé dans l'axe de la galerie, qui supporte une semelle. Ces poteaux sont loin d'être prodigués, le bois étant extrêmement cher dans ce pays et venant presque toujours de l'étranger. La houille s'exploite par gradins renversés; quant au minéral de fer, on fait une entaille à la partie inférieure de la galerie, et on détache les blocs avec des coins, que l'on

enfonce successivement à la partie supérieure de chaque lit.

La valeur de la houille variant beaucoup avec sa grosseur, pour ne pas la briser par des transvasemens successifs, elle est chargée, dans les ateliers, dans les mêmes bennes ou paniers qui doivent être élevés au jour. On décroche au haut du puits les bennes pleines et on les remplace par des bennes vides. Pour que cette opération s'exécute avec plus de facilité, le puits est recouvert d'un pont roulant, qui joint à son utilité immédiate l'avantage d'empêcher les accidens qui arrivent quelquefois à l'embouchure des puits. Il serait à désirer que cette disposition simple fût adoptée en France.

Le minéral, monté au jour, est arrangé en tas, appelés *blooms*, qui ont 4 pieds de long sur 3 de large et 22 pouces de hauteur. Ces tas sont considérés comme pesant 35 quintaux, de chacun 120 livres, avoir du poids (en tout 1778 kilogrammes). Mille ou douze cents de ces tas sont ordinairement le produit d'une acre de bonne mine.

Les puits d'extraction sont disséminés près des usines; leur nombre est considérable. Ils sont desservis par des machines à vapeur, dont le nombre s'élève, dans ce bassin circonscrit, à plus de deux mille. Leur force totale surpasse la puissance de trente mille chevaux. Les chemins de fer, qui se croisent dans tous les sens, font communiquer les mines et les usines; tandis que des canaux, qui arrivent jusqu'aux usines et se réunissent au grand canal du Staffordshire, donnent la facilité d'écou-

ler les produits sur tous les points de l'Angleterre.

Nous ferons remarquer, en terminant cet aperçu sur le bassin houiller de Dudley, combien ce canton est favorisé par la nature. On y a trouvé réunis la houille, le minéral de fer, la pierre à chaux, nécessaire comme fondant, et même une argile réfractaire propre à la construction des briques de l'intérieur des fourneaux. Cette argile, exploitée à *Stourbridge*, est exportée dans une grande partie de l'Angleterre. C'est avec elle que l'on fabrique les creusets pour la fonte de l'acier à *Sheffield* et à *Newcastle-upon-Tyne*.

Bassin houiller du sud du pays de Galles.

§ 9. Le terrain houiller du sud du pays de Galles forme un bassin indépendant; il s'étend de *Pontypool*, à l'est, jusqu'à la baie dite *St.-Bride's-Bay*, à l'ouest. Le calcaire carbonifère, le plus récent des terrains de transition, analogue au calcaire bleu de la Belgique, sort de dessous la houille et l'environne de tous les côtés, excepté dans les points où la continuité est interrompue par les baies de *Swansea* et de *Caermarthen*. Aux environs de *Neath*, les couches de houille les plus inférieures sont presque à 1280 mètr. (700 fath.) plus bas que les affleuremens les plus élevés des couches de houille les plus basses de ce district. La couche de houille qui est la plus près de la surface à *Neath* est à 110 mètr. (60 fath.) de profondeur; elle vient se montrer au jour à un mille environ de ce point. Les couches se relèvent ainsi d'une manière très-régulière vers les extrémités du bassin, et si l'on mène un plan vertical de *Pontypool* à *St.-Bride's-Bay*, on peut dire que toutes les couches qui sont au nord de ce plan présentent

leur affleurement de ce côté et à des distances proportionnelles à leur profondeur sous cette espèce d'axe. Il en est de même pour les couches qui sont du côté du sud.

Quoique nous ayons indiqué que la couche de houille la plus basse est à 1280 mètr. (700 fath.) au-dessous de la plus grande élévation de ce district, cependant les nombreuses vallées qui sillonnent le pays dans une direction nord et sud coupent les couches en travers et procurent la facilité d'exploiter les immenses richesses souterraines de ce bassin sans creuser profondément.

D'après la description que *M. Martin* a donnée de ce bassin, il renferme douze couches de houille, dont la puissance varie de 3 à 9 pieds, ayant ensemble une épaisseur de 70 pieds  $\frac{1}{2}$ ; et onze couches dont la puissance varie de 18 pouces à 3 pieds et dont l'ensemble forme une épaisseur de 24  $\frac{1}{2}$  pieds. Ainsi il y a 95 pieds de houille exploitable, sans compter de nombreuses couches qui, ayant une épaisseur au-dessous de 18 pouces, ne peuvent pas être mises à profit. Si on suppose que les couches gardent une épaisseur constante, ce qui a été trouvé vrai jusqu'ici par de nombreuses exploitations, on conclura que ce bassin qui, suivant le mode d'exploitation qu'on y pratique, produit 100,000 tonnes par acre, en donnera 64,000,000 par mille carré, et comme, d'après les dimensions des parties de ce bassin, dans lesquelles on a ouvert jusqu'à présent des champs d'exploitation, on peut évaluer leur surface à plus de 100 milles carrés (259 kilomètres carrés), on voit que sa richesse est immense.

Nombre et puissance des couches de houille.

Nature de la houille.

La houille qui existe dans la partie nord-est de ce bassin est bitumineuse ; dans la partie nord-ouest, elle est au contraire très-sèche et analogue à l'antracite. Elle est appelée *stone-coal* (*charbon de pierre*). Ce charbon est peu propre au travail du fer. Lorsqu'il est en fragmens, il reçoit le nom de *culm* ; dans cet état, il est employé pour la cuisson de la chaux. Il est aussi mélangé avec le minéral d'étain pour le désoxyder, ainsi que nous l'avons indiqué en donnant la description de la fonte de ce métal, page 131. Au sud, depuis Pontypool jusqu'à la baie de Caermarthen, le charbon est très-bitumineux et un peu pyriteux.

Disposition du grès et des schistes houillers.

Les parties inférieures du terrain houiller, celles qui sont exploitées à Merthyr-Tydvil, centre des usines à fer du pays de Galles, se distinguent par la prédominance des argiles schisteuses. Dans les couches qui les surmontent, au contraire, le grès existe en plus grande abondance. Il est d'un grain assez gros, d'un tissu lâche, et contient une grande quantité de matière charbonneuse et d'impressions. Les caractères de ce grès s'accordent très-bien avec ceux du grès de la partie moyenne du terrain houiller, appelé *pennant-grit* dans le Sommersetshire. Ces grès sont souvent schisteux, et se divisent quelquefois en feuillets assez minces pour être employés comme ardoises. Les membres inférieurs du terrain houiller sont séparés des supérieurs par une grande épaisseur de ce grès. C'est aussi le grès qui constitue presque toutes les sommités qui existent dans l'intérieur du bassin houiller.

Relation entre les

§ 10. Les couches de houille sont plus nom-

breuses et plus puissantes dans la partie inférieure que dans la supérieure, le minéral de fer y est également plus abondant ; il y forme seize couches, ou, pour mieux dire, il y existe dans seize couches d'argile schisteuse ; quelquefois il est en plaques assez longues, contiguës les unes aux autres, de manière à donner l'idée de couches ; le plus souvent, il est en rognons plus ou moins abondans. Ces rognons sont quelquefois tellement nombreux qu'on peut dire qu'il forme des couches. On trouve ce minéral au-dessus et au-dessous de la houille ; nous avons eu l'occasion de l'observer de ces deux manières. Plusieurs des couches qui en sont le mieux pourvues sont situées au-dessous de la couche de houille la plus basse. On distingue huit variétés de minéral qui appartiennent à des couches différentes. On les nomme *black balls*, *black pinns*, *six inch wide vein*, *six inch jack*, *blue vein*, *blue pinns*, *grey pinns*, *seven pinns*.

On compte en tout seize couches d'argile schisteuse contenant des lits de minéral de fer carbonaté. Celui qui forme la première qualité est analogue au minéral noir du Staffordshire, appelé *gubbin* ; il est souvent fendillé à l'intérieur, comme les septaria, et les cavités sont tapissées de chaux carbonatée, et quelquefois de cristaux de quartz. Dans les couches supérieures, il existe des minerais qui présentent la décomposition en couches concentriques, et dans lesquels le centre est argileux. Ces variétés sont assez analogues à celles que nous avons désignées sous le nom de grès ferrifère, et qui nous paraissent devoir être essentiellement distinguées

gisemens de la houille et du minéral de fer.

Variétés de minéral de fer.

du véritable fer carbonaté des houillères en rognons. La richesse du dernier est beaucoup plus constante que celle du premier.

Titane et co-  
quilles dans  
le minéral  
de fer. Il existe quelquefois des cristaux de titane oxydé au milieu de ces rognons de fer carbonaté : c'est à leur présence qu'est dû le titane métallique que l'on trouve souvent dans les cavités qui existent dans le creuset des hauts-fourneaux.

Comme à Dudley, on trouve dans le fer carbonaté du pays de Galles des moules de coquilles qui paraissent appartenir au genre unio. Les schistes et la houille présentent aussi cette structure appelée *cone-in-cone-coral*, que nous avons attribuée à une compression verticale.

Richesse  
moyenne des  
minerais de  
fer. La richesse moyenne des minerais de fer du pays de Galles est un peu plus élevée que celle des minerais du Staffordshire. On évalue la première à trente-trois, tandis que la seconde n'est guère que de trente sur cent parties de minéral cru. C'est cette richesse, réunie à la modicité du prix des charbons, qui permet de fabriquer le fer à plus bas prix dans le pays de Galles que dans le Staffordshire. La proximité de la mer, à laquelle les usines communiquent par des canaux, est aussi un avantage considérable pour ce comté.

La disposition du terrain est telle, que presque par-tout l'exploitation a lieu par galeries horizontales, auxquelles on donne le nom de *levels*; quelquefois on se sert à-la-fois de puits et de galeries d'écoulement : dans ce cas, on emploie l'eau comme contre-poids pour élever les minerais au jour.

Cette réunion de richesses souterraines a pro-

duit un grand développement du travail du fer dans ce district.

Le nombre des hauts-fourneaux dans la paroisse de Merthyr-Tydvil s'élève au moins à trente. La fonte qu'ils produisent est rarement livrée au commerce. Elle est presque toute transformée en fer forgé. Des chemins de fer nombreux, et dont le développement s'élève à 220 milles de longueur, facilitent le transport tant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Dans le pays de Galles comme dans le Staffordshire, toutes les circonstances favorables au travail du fer sont réunies. On y trouve de même un calcaire employé comme fondant, et la couche d'argile qui sépare les deux couches supérieures de charbon exploitées à Merthyr-Tydvil est réfractaire et excellente pour la fabrication des briques employées dans l'intérieur des hauts-fourneaux. Cette propriété lui a fait donner le nom de *fire-clay*.

Le bassin du sud du pays de Galles n'est pas moins intéressant sous le rapport géologique que sous le rapport industriel. Le *vieux grès rouge*, le *calcaire carbonifère*, le *millstone-grit* (grès inférieur du terrain houiller) et le *terrain houiller* se montrent successivement; le chemin de Brecon à Merthyr-Tydvil présente une très-belle coupe de tous ces terrains. C'est même dans ce lieu que la liaison entre le calcaire métallifère et le *millstone-grit* s'observe peut-être le mieux. On voit, à la limite de ces deux formations, les deux roches alterner ensemble à plusieurs reprises.

Les failles (dykes), qui courent généralement du nord au sud, élèvent ou rejettent les couches de 50

Argile réfractaire. *fire-clay*, dans le terrain houiller.

Failles dans ce bassin.

380 FABRICATION DE LA FONTE ET DU FER, etc.  
à 100 toises. Elles sont ordinairement remplies  
d'argile. M. Townsend en cite une énorme, dont la  
puissance est de plusieurs toises et qui est remplie  
de fragmens de roches environnantes brisées.  
Elle occasionne un changement de niveau de  
240 pieds dans les différentes couches du terrain  
houiller.

( *La suite à la prochaine livraison.* )

---

## NOTICE

SUR

### UNE CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE,

Entreprise par ordre de M. BECQUEY,

Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

---

L'UTILITÉ d'une carte géologique de la France a été appréciée dans tous les temps non-seulement par les savans, mais aussi par le Gouvernement. On se rappelle que sous Louis XVI et même un peu avant la fin du règne de Louis XV, à une époque où l'on commençait à peine à se livrer à l'étude de la géologie, une mission spéciale pour cet objet avait été donnée à Guettard, dont Lavoisier fut, dans l'origine, un des coopérateurs, et auquel, plus tard, on adjoignit l'inspecteur des mines Monne; mais, malgré le zèle avec lequel cette première entreprise a été conduite, les résultats qu'elle a donnés, quoiqu'en général fort exacts, sont nécessairement assez vagues et incomplets, à cause de l'état d'imperfection où la science était alors: elle n'a pu d'ailleurs être suivie que sur environ un quart du territoire de la France, l'exécution en ayant été suspendue par différentes circonstances.

A la fin de 1794, lors de la première réorgani-

sation du Corps des Mines, on chargea les ingénieurs de recueillir tous les documens relatifs à la description géologique de la France, et l'ancien *Conseil des Mines*, qui a dirigé l'administration pendant seize ans, a employé tous les moyens qui étaient en son pouvoir pour mettre en activité cette utile opération. Des notices minéralogiques sur quelques départemens, fruit des vastes et précieuses recherches de M. Coquebert de Montbret, furent publiées successivement dans le *Journal des Mines*, ainsi qu'un assez grand nombre de mémoires statistiques et géologiques envoyés par les ingénieurs, et dont le Conseil des Mines avait provoqué et encouragé la rédaction. Ces publications ont été continuées dans le *Journal* et ensuite dans les *Annales des Mines*, sous les divers directeurs généraux qui ont été à la tête de l'Administration des mines depuis la fin de 1810.

En 1816, l'ordonnance royale du 5 décembre, relative à l'organisation et à l'administration de l'École des Mines, a chargé spécialement le Conseil de cette école de recueillir tous les matériaux nécessaires pour compléter la description minéralogique de la France.

M. le conseiller d'état Becquey, nommé une année après Directeur général des ponts et chaussées et des mines, a senti, dès l'origine, la grande utilité de ce travail et a pensé à le mettre en activité; mais il fallait divers moyens d'exécution, et, pendant plusieurs années, les circonstances ne lui permirent pas de fournir au Conseil de l'École tous ceux qu'il réclamait: ce ne fut qu'en 1822 que M. Becquey, ayant enfin l'espérance de

pouvoir réaliser cette entreprise, put accueillir le projet qui lui fut adressé par ce Conseil pour l'organiser.

Voici quelles sont les bases de ce projet et le plan d'exécution qui a été adopté par M. le Directeur général.

Une description minéralogique d'une contrée, pour être complète, doit comprendre toutes les indications relatives à la nature du sol, qui peuvent intéresser à-la-fois la géologie, l'art des mines, et tous les autres arts qui s'exercent sur les substances minérales. Tous ces objets doivent être distingués sur la carte qui accompagne cette description; mais on conçoit que, pour un royaume aussi étendu que la France, il faudrait une carte d'une très-grande échelle pour que toutes les indications minéralogiques dont on vient de parler pussent y être réunies sans confusion; et cette carte, qui, en raison de son étendue, serait nécessairement divisée en un grand nombre de feuilles, aurait le très-grand inconvénient qu'on ne pourrait y suivre les rapports géologiques généraux et les différens genres de terrains, lesquels, outre qu'ils sont l'objet d'étude le plus important pour les savans, sont le seul moyen de donner une idée nette de la position des gîtes de minéraux utiles.

On a donc senti qu'il était nécessaire de dresser deux sortes de cartes géologiques: d'abord une *carte générale*, d'une étendue moyenne, pouvant être réunie en une seule feuille, qui ne présenterait le plus souvent que les indications géologiques générales, et ensuite des *cartes de détail* pour chaque département, ou même pour certains

cantons, lesquelles contiendraient toutes les autres indications.

Cette première carte, ou la *carte géologique générale*, est celle dont on s'est occupé, comme devant être la base essentielle de toute la description minéralogique de la France.

On a su apprécier toute l'importance des matériaux déjà existans. L'*Essai d'une carte géologique de la France*, publié en 1822 par MM. Omalius de Halloy et Coquebert de Montbret, était déjà un excellent cadre, dans lequel les grandes masses de terrain se trouvaient tracées. Les nombreux mémoires géologiques, insérés dans le *Journal* et les *Annales des Mines*, dans le *Journal de Physique* et dans d'autres recueils scientifiques, et plusieurs descriptions de contrées assez étendues, notamment celle des Pyrénées par M. de Charpentier, fournissaient aussi une foule de documens infiniment précieux.

Mais ces matériaux sont loin d'embrasser tout le territoire de la France; il y a beaucoup de contrées sur lesquelles on n'a que des données vagues et incertaines; en outre, à l'exception d'un petit nombre de mémoires ou d'ouvrages remarquables, à la tête desquels on doit placer le travail classique de MM. Cuvier et Brongniart sur les terrains tertiaires des environs de Paris, ouvrage qui peut être considéré comme un travail complet, on a reconnu que la plupart des documens existans ayant été recueillis à des époques plus ou moins reculées, antérieures aux derniers progrès de la science, exigeaient de nouvelles vérifications, particulièrement pour la détermination des diverses natures de terrains. On a

même jugé que les contrées sur lesquelles on possédait les matériaux les plus nombreux et les plus parfaits, devaient être également visitées de nouveau, au moins rapidement, afin de pouvoir coordonner avec leur constitution géologique celle des contrées adjacentes.

Il était donc indispensable d'organiser des voyages géologiques. Les ingénieurs des mines stationnés sur les divers points de la France auraient pu sans doute être chargés de les exécuter; mais il eût été bien difficile de combiner ces voyages géologiques avec leurs travaux de cabinet, et avec les excursions qu'exigent les fonctions administratives qui les occupent pendant la belle saison. D'ailleurs, ces excursions concentrent chacun d'eux dans l'enceinte étroite d'un ou deux départemens, et souvent ne les conduisent que sur quelques points riches en exploitations ou en usines; or on sait que les recherches géologiques exigent presque toujours de suivre un même terrain, ou une série de terrains à de grandes distances, pour être en état de les déterminer exactement, d'en bien saisir les rapports et les véritables caractères généraux, et de les distinguer de ce qui n'est que local et accidentel.

M. le Directeur général a donc préféré faire faire les voyages pour la carte géologique générale de la France par des ingénieurs *ad hoc*, uniquement livrés à l'étude de la géologie, en se réservant de charger ensuite les ingénieurs employés au service de l'inspection administrative et stationnés, à cet effet, dans les divers départemens, de recueillir toutes les observations de détail nécessaires, soit pour rectifier

et compléter la carte générale, soit pour exécuter les cartes géologiques particulières de leurs départemens.

En outre, afin de mettre plus d'ensemble et d'accord dans les observations et dans les diverses parties du travail de la carte géologique, on a jugé qu'il convenait que les ingénieurs spécialement attachés à cette opération, après avoir voyagé séparément pendant l'été, vissent se réunir pendant l'hiver à Paris, non-seulement pour s'y occuper de la rédaction de leurs mémoires, et de l'étude et du classement des suites de rochers recueillies dans leurs voyages et envoyées à la collection de l'École des mines, mais sur-tout pour se communiquer leurs observations, et en conférer avec les savans qui s'occupent de géologie. Parmi les sciences d'observation, il n'en est aucune pour laquelle les communications soient plus nécessaires que pour la géologie. On sait que les déterminations géologiques ne sont le plus souvent que des comparaisons; et dès-lors il est éminemment utile de les soumettre au jugement de plusieurs personnes qui aient observé dans des contrées très-différentes.

Les mêmes vues d'ensemble et d'unité dans le travail ont déterminé à mettre à la tête de l'entreprise un chef chargé de la diriger, d'en régulariser la marche, de réunir tous les documens existans et d'en apprécier l'importance, de combiner les plans de recherches et d'excursions, de juger et de comparer les observations recueillies dans les voyages par les ingénieurs attachés à l'opération, de les discuter avec eux

et d'éclaircir les difficultés auxquelles elles seraient sujettes. On a pensé aussi qu'il serait indispensable que, vers la fin de l'opération et avant la publication de la carte, ce chef fit avec ses collaborateurs une grande tournée générale de vérification sur les points les plus importans et les plus sujets à discussion.

Tel est en abrégé le plan adopté par M. le Directeur général: il a chargé MM. les ingénieurs Dufrenoy et Elie de Beaumont de faire les voyages nécessaires pour la carte géologique générale, et il a nommé M. Brochant de Villiers, professeur de géologie, pour les diriger.

Mais, avant de faire commencer l'opération, M. le Directeur général a pensé que, pour mieux en assurer le succès, il convenait d'envoyer d'abord ces trois ingénieurs des mines en Angleterre; qu'il leur serait infiniment utile de se mettre en rapport avec les savans qui ont coopéré aux belles cartes géologiques de ce royaume, publiées assez récemment; que d'ailleurs il leur était nécessaire d'acquérir une connaissance approfondie des nouvelles découvertes qu'on y a faites depuis vingt ans sur les terrains secondaires, et de s'exercer sur les lieux à en bien reconnaître les différens étages. On sait en effet que c'est principalement dans cette contrée qu'il faut aller les étudier; non pas qu'ils ne soient aussi très-répandus en France et ailleurs, mais parce qu'en Angleterre ils sont bien plus faciles à observer et à distinguer, leur structure y étant souvent mise à nu par les nombreuses falaises des côtes. Ce voyage géologique en Angleterre avait encore le grand avantage d'habituer

MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont à observer ensemble et avec M. Brochant de Villiers, sous lequel ils avaient déjà fait leurs premières études en géologie. C'était un nouveau moyen d'obtenir une plus grande conformité dans les vues et ce mérite d'ensemble si désirable dans les diverses parties d'un travail aussi étendu que celui d'une carte géologique générale de la France.

Ce voyage eut lieu en 1823 et dura environ six mois. Les trois ingénieurs furent accueillis par les savans anglais avec une extrême bienveillance; les géologues les plus distingués se sont empressés de leur faciliter leurs recherches et leurs excursions, en les aidant de leurs lumières, de leurs conseils, et en leur fournissant toutes les indications locales qui leur étaient nécessaires; plusieurs même ont poussé la complaisance jusqu'à leur servir de guides dans des tournées géologiques, souvent de plusieurs jours. Il leur aurait été difficile de trouver en France autant de secours: aussi ont-ils pu remplir complètement l'objet principal de leur mission, autant du moins que cela était possible dans une seule campagne.

M. le Directeur général avait chargé en même temps ces ingénieurs de visiter en Angleterre les mines et les usines métallurgiques; et les mémoires publiés successivement dans les *Annales des Mines* par MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont sur les mines d'étain, de cuivre, de plomb et de fer de l'Angleterre et sur leur traitement, sont le fruit de leurs observations.

L'année 1824 ayant été nécessairement consacrée à la rédaction d'une partie de ces mé-

moires et au classement des nombreuses suites géologiques recueillies dans le voyage, l'entreprise de la carte géologique ne put être définitivement mise en activité que l'année suivante.

MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont ont voyagé pendant l'été en 1825 et en 1826; et cette année ils viennent de reprendre leurs excursions. M. Dufrenoy est chargé de visiter le midi et l'ouest de la France, et M. Elie de Beaumont le nord et l'est, les limites de cette division du royaume entre eux ayant été en général déterminées, non suivant les distinctions administratives, mais uniquement d'après des considérations géologiques, de manière à éviter, autant que possible, de morceler des bandes d'un même terrain, ou des séries ou systèmes de terrains liés entre eux par de nombreux rapports.

A partir de 1826, pour accélérer encore plus le travail, M. le Directeur général a adjoint M. de Billy à M. Dufrenoy, et M. Fénéon à M. Elie de Beaumont.

On conçoit que ces ingénieurs, avant leur départ pour chaque voyage, prennent soin de recueillir les documens géologiques déjà existans sur les contrées qu'ils doivent parcourir; mais ils se procurent de plus grands secours en se mettant en rapport avec les ingénieurs stationnés dans les divers arrondissemens d'inspection, qui leur fournissent avec empressement les indications qu'ils possèdent déjà. Plusieurs ont recueilli des masses considérables de faits qu'ils se proposent de publier; et M. le

raîtra incessamment, sont deux de ces premiers essais; ils se multiplieront successivement, et formeront une série de matériaux pour servir à la carte géologique de la France.

---



---

## OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES

*Sur les différentes formations qui, dans le système des Vosges, séparent la formation houillère de celle du lias;*

PAR M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, Ingénieur des Mines.

### INTRODUCTION.

§ 1. DANS l'étude de la constitution géologique d'un pays d'une certaine étendue, composé de plusieurs systèmes de montagnes et de plusieurs bassins distincts, il paraît convenable de s'occuper d'abord des terrains qui, s'étendant à de grandes distances, et franchissant les limites des systèmes de montagnes et des bassins hydrographiques sans changer sensiblement de caractères, fournissent, par-tout où ils se montrent, un point de repère assuré, et forment, suivant l'expression si heureusement introduite dans notre langue par un célèbre géologue, une sorte d'*horizon* (1), qui peut servir de point de départ pour fixer l'ancienneté relative des couches situées au-dessus et au-dessous.

Dans l'est de la France les formations secondaires et certaines couches tertiaires offrent à l'observateur les avantages dont nous venons de parler, avantages qui paraissent au contraire refusés aux terrains primitifs et de transition. Le terrain houiller, le lias et les premières couches

(1) *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*; par M. Alexandre de Humboldt, page 16.

Objet de ce mémoire.

des dépôts tertiaires y présentent des horizons géognostiques très-nets, et qui s'observent très-aisément sur des étendues souvent considérables et en des points très-éloignés. Le muschelkalk, certaines couches du terrain oolithique, sur-tout celles qui divisent cette formation en trois étages distincts, et le terrain de grès vert et de craie présentent aux géologues le même secours.

C'est l'efficacité de ces secours qui nous a engagé à commencer l'étude, et par suite la description géologique des terrains de l'Est de la France par celle des formations secondaires et tertiaires qui s'y rencontrent.

Nous diviserons cette description en différens mémoires, dont chacun aura pour objet de faire connaître une ou plusieurs formations, considérées dans toute l'étendue d'une région naturelle, telle qu'un système de montagnes ou un bassin de rivière.

Nous nous occuperons dans celui-ci des différentes formations qui, dans le système des Vosges, remplissent l'intervalle compris entre le terrain houiller et celui de lias, lesquels terrains y forment, l'un au-dessus de l'autre, deux étages bien distincts, ou deux horizons géognostiques parfaitement déterminés.

Pour rendre plus claire la description des caractères et de la position de ces formations, nous dirons, en passant, quelques mots sur le terrain houiller, qui leur sert de base et qui se montre en différens points des Vosges sur de petites étendues.

Mais, avant d'entrer en matière, nous croyons nécessaire de tracer un aperçu de la configuration générale des montagnes des Vosges et de donner

quelques détails sur la constitution des montagnes de transition, dont les flancs servent d'appui, tant au terrain houiller qu'aux formations qui sont l'objet de ce mémoire.

§ 2. Le nom de Vosges, pris dans son acception la plus générale, désigne les montagnes qui s'élèvent dans la contrée comprise entre le cours du Rhin de *Bâle* à *Manheim*, et une ligne tirée de *Bourbonne-les-Bains* à *Kaiserslautern*. Ainsi défini, ce nom s'applique non-seulement aux montagnes de transition qui couvrent l'espace triangulaire compris entre Plombières, Massevaux et Schirmeck, et à celles de grès qui les entourent, mais encore aux montagnes composées presque entièrement de grès, qui s'étendent de Schirmeck vers le Mont-Tonnerre, et qu'on distingue quelquefois en français sous le nom de Basses-Vosges, et en allemand sous le nom de *Hardt*. Il semblerait, au premier coup d'œil, que ce second groupe pourrait être isolé du premier; mais comme les grès qui le composent forment aussi une partie des montagnes du groupe méridional, on est obligé de reconnaître qu'il n'existe véritablement aucune ligne de démarcation, soit physique, soit minéralogique, entre l'un et l'autre groupe, qui permette de donner au mot *Vosges*, dans un travail géologique, une acception moins générale que celle qui est indiquée ci-dessus.

Nous considérons comme faisant partie du système des Vosges non-seulement tous les terrains qui s'observent dans l'espace ci-dessus désigné, mais encore tous ceux qui, hors de cet espace, montrent par l'inclinaison de leurs couches qu'ils sont coordonnés aux pentes des montagnes des Vosges. Nous suivrons même ces terrains dans

Sur les Vosges en général; leur ét

Vosges  
-bize soit  
-bize soit  
-bize soit

des points qui se trouvent réellement hors du système des Vosges, lorsque cela sera nécessaire pour bien fixer leur position géologique.

La contrée que nous avons indiquée comme renfermant les Vosges est loin d'être couverte de montagnes dans toute son étendue. La partie orientale qui forme le côté gauche de la vallée du Rhin présente une plaine de plusieurs myriamètres de large, assez unie et peu élevée au-dessus de ce fleuve; tandis que du côté de l'ouest, la ligne tirée de Bourbonne-les-Bains à Kaiserslautern coupe, il est vrai, quelques cantons montueux, qui sont des rameaux des Vosges, mais traverse le plus souvent des plaines dont la surface, légèrement ondulée, s'élève en pente très-douce vers les montagnes.

Configura-  
tion exté-  
rieure des  
Vosges.

La plupart des cartes de France donnent une idée peu exacte de la configuration extérieure de ces contrées, en représentant les Vosges, comme liées au Jura et à la Côte-d'Or par des chaînes de montagnes continues. Si le niveau des mers s'élevait de 3 à 400 mètres, les Vosges formeraient une île ou un archipel qui, très-étroit vers *Saverne*, aurait une largeur de 6 ou 8 myriamètres sous le parallèle de *Remiremont* et sous celui de *Bûche*.

La ligne qui joindrait de proche en proche les sommets les plus élevés des Vosges se composerait de deux parties à-peu-près rectilignes, formant entre elles un angle presque droit. La première s'étendrait du ballon d'Alsace, montagne située au nord de Giromagny, jusqu'à peu de distance du Mont-Tonnerre, sur une longueur de près de 25 myriamètres; la seconde, beaucoup plus courte, se dirigerait du Ballon d'Alsace vers Plombières.

Le point le plus élevé des Vosges est le ballon de Gebweiler, situé à 2 myriamètres au nord-est du ballon d'Alsace, et hors des deux files principales de sommets qui partent de ce point central. Le ballon de Gebweiler s'élève à plus de 1400 mètres au-dessus de la mer. Le ballon d'Alsace n'atteint pas tout-à-fait cette hauteur.

La région la plus basse qu'on trouve dans le voisinage des Vosges est la vallée du Rhin; et comme en même temps la ligne de faite principale est beaucoup plus rapprochée du bord de la région montueuse de ce côté que de l'autre, les Vosges présentent vers l'Alsace une pente beaucoup plus rapide que vers la Lorraine. A partir de la ligne menée de *Bourbonne-les-Bains* à *Kaiserslautern*, le terrain, abstraction faite des vallées qui le découpent, s'élève en pente douce jusqu'à la ligne de faite: au contraire la plaine du Rhin est bordée dans toute sa longueur par une suite d'escarpemens et de pentes très-rapides, qui, considérés en masse, forment une sorte de grande falaise, qui s'étend sans interruption depuis la vallée de Thann jusqu'au-delà de Landau. Par suite de cette disposition, la ligne de partage des eaux entre le bassin du Rhin et celui de la Moselle s'est trouvée repoussée à l'ouest de la ligne qui joint de proche en proche les plus hauts sommets, parce que les vallées ouvertes vers l'est se sont approfondies plus aisément que celles dirigées en sens opposé, à cause de la plus grande force érosive des eaux sur une pente plus rapide. Les premières sont plus profondes que les vallées correspondantes ouvertes vers l'ouest; et les routes qui conduisent d'Alsace en Lorraine, en traversant les Vosges, ont

en général une pente bien plus rapide pour parvenir à leur point le plus haut, que lorsqu'elles redescendent ensuite pour atteindre le fond des vallées, dont les eaux coulent vers la Moselle.

Composition  
des Vosges.

En parcourant dans différentes directions le groupe de montagnes dont nous venons d'esquisser la configuration extérieure, l'œil le moins exercé ne tarde pas à y distinguer deux sortes de montagnes.

Montagnes  
de  
transition.

Celles qui, dans la partie méridionale, se trouvent à-la-fois les plus centrales et les plus élevées présentent ordinairement des croupes et des cimes arrondies, dont l'aspect a de tout temps frappé les habitans, qui les ont appelées *Ballons*. Il est rare que les vallées les plus profondes y soient bordées de grands rochers et d'escarpemens considérables; et cela n'a jamais lieu que dans les parties formées de roches granitoïdes: encore arrive-t-il presque toujours que ces roches se décomposent assez facilement pour prendre des contours arrondis. Ces mêmes roches étant très-peu fendillées, les eaux sont obligées de couler à leur surface, ce qui produit un grand nombre de sources qui, en facilitant la crue et la conservation de diverses plantes propres aux lieux humides, ont occasionné la formation de dépôts tourbeux qu'on rencontre à toutes les hauteurs. Les montagnes composées de roches compactes ou schisteuses sont au contraire pénétrées, dans toutes les directions, de fentes très-multipliées, et présentent beaucoup moins de sources et de tourbières que celles formées de roches granitoïdes.

Les montagnes dont nous parlons présentent un grand nombre de roches cristallines qui se

lient ou s'enchevêtrent avec des roches contenant des restes d'organisation, et dont plusieurs sont évidemment arénacées. Les unes et les autres paraissent devoir être regardées comme appartenant au terrain de transition; on y distingue des *gneiss*, des *granites*, des *syénites*, des *diabases*, des *porphyres rouges quartzifères*, des *porphyres pyroxéniques*, des *dolomies*, des *masses de fer oligiste*, des *euphotides*, des *serpentes*, des *schistes talqueux*, des *schistes argileux*, des *grauwackes*, des *amas d'anthracite*, des *calcaires saccharoïdes et compactes*, etc.

Ces roches de transition se montrent principalement dans l'espace triangulaire, dont les trois angles sont *Schirmeck*, *Plombières* et *Massevaux*, et le couvrent presque en entier. Les plus hauts sommets des Vosges en sont composés. Hors de ce triangle, les mêmes roches ne se montrent qu'en un petit nombre de points. Elles forment près de *Beffort* une petite chaîne avancée, dont le *Salbert* est le sommet principal. Les vallées de *Aillevillers*, de *Fontenois*, de *la Hutte*, de *Châtillon-sur-Saône*, et de *Bussièresples-Belmont* les mettent à découvert chacune en un point. Elles se montrent aussi à l'entrée des vallées de *Jägerthal*, de *Erlenbach* et de *Annweiler*, qui débouchent dans la plaine de l'Alsace, vis-à-vis de *Haguenau*, de *Wissembourg* et de *Landau*.

Dans la partie méridionale des Vosges, c'est-à-dire entre *Plombières* et le ballon d'Alsace, les couches des roches schisteuses et les plus grandes dimensions des masses non stratifiées sont dirigées le plus habituellement de l'Ouest à 15° Nord à l'Est 25° Sud. Dans la partie située

entre le *ballon d'Alsace* et *Schirmeck*, elles sont le plus souvent dirigées du N.-E.  $\frac{1}{4}$  N. au S.-O.  $\frac{1}{4}$  S., c'est-à-dire parallèlement à la partie principale de la ligne de faite. Les vallées semblent avoir une tendance constante à se diriger dans le sens de la direction moyenne de la stratification; l'inclinaison n'a rien de constant. J'ai cru remarquer qu'en général les roches granitoïdes forment des dômes allongés, dans le sens indiqué comme étant la direction moyenne de la stratification. Les roches schisteuses semblent se grouper autour de ces dômes; la direction de leur stratification est, en général, à-peu-près parallèle à celle de leurs flancs, quelles que soient les contorsions qu'elles présentent dans le sens de leur inclinaison. Les porphyres semblent former des filons plus ou moins larges, ou des masses irrégulières, qui traversent indifféremment toutes les autres roches, soit transversalement, soit parallèlement à la stratification, quand il y en a une.

J'ai vu des masses de porphyre rouge, contenant de gros grains de quartz hyalin en dodécèdres imparfaits, se montrer au pied oriental du dôme de syénite, qui, formant le prolongement septentrional du *Champ-du-Feu*, sépare la vallée de *Schirmeck* de celle *Grendellbruch*; de même au pied oriental du dôme de syénite, qui sépare la vallée de *Sainte-Marie aux-Mines* de celle de la *Croix*, et aussi au pied septentrional du *ballon d'Alsace*, près de *Saint-Maurice*. Si l'on monte la seconde de ces montagnes par l'ancienne route de *Sainte-Marie-aux-Mines* à *Saint-Diey*, on voit plusieurs filons de porphyre noir (amphibolique ou pyroxénique?) traverser la syénite. En

montant de *Saint-Maurice* au *ballon d'Alsace* par la belle route qui le traverse, on voit plusieurs filons du même porphyre noir, au milieu du porphyre rouge quartzifère et de la syénite. Ces trois localités, et plusieurs autres présentant des dispositions analogues, mériteraient d'être examinées plus en détail. On pourrait espérer d'y faire des observations très-utiles pour éclaircir les idées que l'on peut se former des rôles divers que les roches granitoïdes, les porphyres rouges quartzifères et les porphyres noirs, ont joués dans la production des montagnes dont ils font aujourd'hui partie.

Je me bornerai, pour le moment, à ces notions générales sur les montagnes de transition des Vosges. N'ayant pu les visiter depuis l'année 1821, je dois attendre l'occasion d'un nouveau voyage pour publier le peu d'observations que j'ai pu faire sur les détails de la composition des diverses parties de ces montagnes que j'ai visitées (1). Il serait bien à désirer que M. Voltz, ingénieur au Corps royal des Mines, en résidence à *Strasbourg*, fit jouir le public de celles que de fréquens voyages l'ont mis à même de faire dans ces montagnes depuis plusieurs années, et dont il a bien voulu me communiquer un grand nombre, avec toute la bienveillance qui le caractérise. On en trouve aussi de très-intéressantes dans l'ouvrage intitulé: *Geognostische umrisse der rheinländer zwischen Basel und Mainz*, publié en 1825 par MM. d'Oeynhausén,

(1) J'en ai inséré quelques-unes dans une notice sur les mines de fer et les forges de *Framont* et de *Rothau*, insérée dans les *Annales des Mines*, t. VII, p. 521 (1822).

de Dechen et de la Roche, à la suite d'un voyage qu'ils ont fait dans ces contrées en 1823.

### I. FORMATION DU GRÈS ROUGE.

Grès rouge  
des Vosges.  
Son étendue, sa stratification.

§ 3. Les trois côtés du triangle, que forme la masse principale des montagnes de transition des Vosges, sont bordés par des rangées plus ou moins continues de montagnes, d'un aspect entièrement différent, à lignes horizontales et à formes carrées, composées d'un grès quarzeux rougeâtre, connu sous le nom de *grès des Vosges*, qui, étant plus récent que le terrain houiller, fait déjà partie des formations auxquelles ce mémoire est spécialement consacré.

Sur le côté sud de ce triangle, la rangée des montagnes de grès est étroite et souvent interrompue; sur le côté de l'est, la zone de montagnes de grès n'est pas non plus entièrement continue. Profondément découpées par les vallées, ces montagnes présentent de tous côtés, et même vers la plaine du Rhin, des pentes très-rapides et des flancs escarpés. Sur le côté nord-ouest, au contraire, la bande de montagnes de grès est large et continue, et on voit le terrain de grès des Vosges s'abaisser en s'approchant de la plaine, sur les bords de laquelle il ne présente que de très-faibles escarpemens. Cette bande, après s'être réunie vers son extrémité septentrionale, à-peu-près sous le parallèle de Strasbourg, à la bande de l'est, se prolonge jusqu'au parallèle de Manbeim; elle présente dans toute son étendue la forme d'un grand plateau d'une largeur variable et d'une hauteur à-peu-près uniforme, et constitue à elle seule toute la partie septentrionale de la chaîne des Vosges, dans laquelle

les roches de transition ne se montrent plus qu'en un petit nombre de points isolés, situés au fond de quelques-unes des vallées qui découpent profondément le grand dépôt de grès. Les couches qui forment ce plateau, quoique horizontales pour l'œil qui ne les embrasse que sur une petite étendue, plongent insensiblement vers l'Ouest-Nord-Ouest, et se perdent sous les formations plus récentes qui constituent les plaines ondulées de la Lorraine. Du côté de l'Alsace s'offrent, au contraire, comme on l'a déjà dit, des pentes rapides et souvent escarpées, une espèce de falaise, qui, commençant au nord de *Landau*, s'étend tout autour du bassin de Strasbourg jusqu'à la vallée de la Brusche, et se continue le long de la bande orientale de grès des Vosges jusqu'à *Gebweiler* et *Sultz*.

Cette longue falaise n'est interrompue que par des vallées étroites et profondes, qui, lorsqu'elles sont creusées en entier dans le grès, ne présentent presque jamais dans leur fond de rochers à découvert. Les courans d'eau ayant aisément attaqué cette roche, le creusement des vallées a presque complètement atteint la limite à laquelle l'action des eaux tend à la faire arriver. Un ruisseau y serpente sans bruit au milieu d'une prairie très-unie. Les deux pentes qui bordent les vallées présentent souvent à leur pied un talus de sable mêlé de blocs de grès, qui est fréquemment couronné par un escarpement assez abrupte. Cet escarpement présente rarement un plan vertical régulier: les diverses couches du grès, résistant inégalement à l'action de l'atmosphère, se sont plus ou moins dégradées, et se dessinent par des saillies ou des re-

traites plus ou moins grandes. On est frappé, à l'aspect de ces escarpemens, de l'exacte horizontalité des couches et du peu de fissures verticales qu'elles présentent.

Lorsqu'une vallée se trouve bordée d'escarpemens des deux côtés à-la-fois, on remarque constamment que les couches saillantes et rentrantes se correspondent exactement de part et d'autre, et on ne peut douter que dans l'origine elles n'aient formé continuité. Très-souvent, à côté et en avant des escarpemens, on voit des rochers minces et verticaux, semblables à des pilastres grossièrement taillés, qui semblent avoir été laissés comme des preuves de l'ancienne continuité des couches qui constituent les deux escarpemens à travers le vide qui forme aujourd'hui la vallée. Le sommet des montagnes est souvent tout-à-fait arrondi; quelquefois aussi il est formé par des blocs amoncelés, composés des parties les plus solides du grès, qui atteignait antérieurement un niveau bien plus élevé, et dont les parties les moins agglutinées ont été entraînées par les eaux. Très-souvent aussi les différentes causes de dégradation, en arrondissant et abaissant le sommet, y ont laissé, comme un témoin de sa première hauteur, un rocher stable et taillé à pic, qui peut être comparé à ceux qui s'élèvent en avant des escarpemens. Les formes carrées de ces rochers, les lignes horizontales qui s'y dessinent, leur donnent un aspect de ruines, qui s'allie assez heureusement à celui des vieux châteaux dont la plupart sont couronnés.

Sur les deux flancs d'une même vallée, et souvent sur toute l'étendue d'un même canton,

toutes les montagnes de grès des Vosges s'élèvent à des hauteurs à-peu-près égales. Cette circonstance, jointe à celles de l'horizontalité presque parfaite de leurs couches, du petit nombre de fissures verticales qu'elles présentent, de l'existence de ces rochers hardis et souvent isolés, dont aucun n'est incliné, semble attester que, depuis le dépôt du grès des Vosges, ces montagnes n'ont pas éprouvé les effets de ces causes perturbatrices, qui, dans quelques autres chaînes de montagnes, et notamment dans toute l'étendue du système des Alpes, ont produit, à une époque postérieure même aux dépôts tertiaires, des dérangemens de stratification si frappans. Tout semblerait au contraire indiquer que l'action lente des eaux, agissant peut-être de préférence suivant quelques grandes fissures verticales, a taillé ces montagnes dans un grand dépôt arénacé, qui, étendu en forme de ceinture autour des montagnes de transition, se prolongeait vers le N.-N.-E. jusqu'au pied du Mont-Tonnerre.

Toutefois, s'il est évident que les terrains des Vosges n'ont pas éprouvé de dislocation depuis le dépôt du grès rouge, il ne l'est pas également que les bases de ces montagnes soient restées depuis cette époque dans un état d'immuabilité complète. Lorsque je réfléchis aux causes qui ont pu produire l'espèce de falaise déjà indiquée comme terminant les Vosges du côté de la plaine de l'Alsace, et qui forme un des traits les plus proéminens de la configuration extérieure de ces contrées; lorsque je remarque que les dépôts de grès bigarré et de muschelkalk, à-peu-près également développés sur tout le pourtour des Vosges, ne s'élèvent pas aussi haut à l'Est de

cette falaise que sur la pente opposée de la chaîne, et que dans les points de la plaine de l'Alsace où on les voit au pied de l'escarpement du grès des Vosges, leurs couches sont souvent inclinées, quelquefois même contournées d'une manière qui ne leur est pas ordinaire, je me demande si un état de choses si particulier ne pourrait pas être attribué à une grande fracture, à une *Faille*, qui, à une époque postérieure au dépôt du muschelkalk, et peut-être beaucoup plus récente, se serait produite suivant la ligne qui forme actuellement le bord oriental de la région montueuse, et qui, sans occasionner une dislocation générale, aurait simplement fait naître la différence de niveau actuellement existante entre des points qui, lors du dépôt du muschelkalk, ont dû probablement se trouver à-peu-près à la même hauteur. L'examen de cette question, ou plutôt celui des faits qui me l'ont suggérée, me semblerait devoir présenter quelque intérêt, et j'espère qu'on me pardonnera d'avoir mis en avant une hypothèse un peu hasardée pour attirer sur eux l'attention des géologues qui visiteront ces intéressantes contrées.

Nature des  
roches du  
terrain de  
grès des  
Vosges.

§ 4. Le terrain dont nous venons de décrire la position et la stratification est, en général, composé, comme son nom l'indique, d'une roche arénacée ou grès, dont les caractères sont toujours à-peu-près les mêmes dans toute l'étendue de la chaîne. Cette roche est essentiellement formée de grains amorphes de quartz, dont la grosseur varie depuis celle d'un petit grain de millet jusqu'à celle d'un grain de chenevis; leur surface extérieure paraît souvent présenter des facettes cristallines, et réfléchit vivement les rayons du

soleil. Elle est ordinairement recouverte d'un très-léger enduit coloré en rouge par du peroxide de fer, ou quelquefois en jaune par du fer hydraté; mais on reconnaît aisément qu'à l'intérieur des grains de quartz sont incolores et translucides. Cet enduit ferrugineux contribue sans doute à faire adhérer les grains les uns aux autres; mais il ne paraît pas être la seule cause de cette adhésion: car on voit des variétés de grès qui offrent à peine quelques traces de cet enduit ferrugineux, et dans lesquelles cependant les grains adhèrent très-fortement les uns aux autres, de manière à former presque une masse continue. Au reste ce cas se présente rarement, et l'adhérence des grains est le plus souvent assez faible. La roche s'égrène aisément, et mérite parfaitement le nom de *Pierre de sable* par lequel on la désigne souvent dans le pays. Au milieu des grains quartzueux on distingue ordinairement d'autres grains moins nombreux, d'un blanc mat, non translucides, plus anguleux et moins solides, qui paraissent des fragmens de cristaux de feldspath en décomposition. On distingue en outre dans quelques variétés, entre les grains de quartz, de très-petites masses d'argile blanche, qui ne sont probablement autre chose que les grains précédens dans un état encore plus complet de décomposition. Quelquefois aussi un petit nombre de paillettes de mica blanc sont dispersées irrégulièrement entre les grains. La couleur de ce grès, résultat de cet enduit, qui, comme nous l'avons dit, enveloppe et cimente ses grains, est le plus souvent un rouge de brique pâle, qui devient quelquefois très-foncé, et qui, dans d'autres cas, passe au rouge violet, au blanc ou au blanc jaunâtre; quel-

quelquefois aussi la couleur est un jaune de rouille passant au brun. Dans certains échantillons, on voit plusieurs de ces couleurs former des bandes parallèles, ou des taches. La variation de la couleur est souvent accompagnée d'une variation dans la solidité.

Il est aisé de s'assurer que la couleur n'est qu'appliquée sur la surface des grains; car, comme elle n'est jamais due qu'à de l'oxide rouge ou à de l'hydrate de fer, l'acide muriatique l'enlève aisément, et tous les grains restent incolores ou blancs.

J'ai trouvé dans un échantillon de ce grès, de la composition la plus ordinaire, plus de 0,95 de silice; le reste ne contenait probablement que de l'oxide de fer et de l'alumine.

On voit quelquefois dans des blocs de grès des Vosges, d'un grain et d'une couleur ordinaires, des portions arrondies de quelques millimètres de diamètre, colorées en brun jaunâtre par le fer hydraté, qui leur sert de ciment. Souvent ces parties cèdent plus aisément que la masse à l'action de l'atmosphère, et laissent à la surface des blocs des cavités hémisphériques; quelquefois aussi, étant plus résistantes, elles restent en saillie. Le même grès présente aussi très-souvent de petits filons de fer hydraté qui, de part et d'autre, se fondent dans la masse du grès qu'ils agglutinent. Ces filons sont, en général, plus solides que le grès qui les entoure; on les voit se dessiner en arêtes saillantes sur la surface des blocs exposés à l'action destructive de l'atmosphère.

On observe très-souvent qu'un bloc de grès des Vosges paraît composé d'espèces de feuillets

ou peu courbes, dont la direction n'est pas, comme cela arrive le plus ordinairement, parallèle aux plans de séparation des couches, et n'est pas constante dans un même bloc. Ces espèces de feuillets se dessinent en présentant, de l'une de leurs surfaces à l'autre, de petites variations de nuances et de grains, qui se répètent périodiquement dans les feuillets successifs. Il ne résulte pas de là un véritable tissu schisteux; cependant, c'est suivant les surfaces de contact de ces espèces de feuillets que la roche se divise le plus aisément. Au reste, cette disposition, dont j'ai essayé de donner une idée dans la Pl. V, fig. 1, n'est pas particulière au grès des Vosges. On la retrouve dans toutes les formations de grès, par exemple, dans le grès houiller de Glasgow, le grès rouge de l'île d'Arran, le *millstone-grit* de Sheffield, la mollasse de la Suisse, dans les formations oolithiques, et jusque dans les dépôts de sables d'alluvion. Elle paraît être une conséquence nécessaire du mode suivant lequel les eaux stratifient les dépôts arénacés.

Le grès des Vosges se divise naturellement en gros blocs, qui présentent grossièrement la forme d'un parallépipède. Les joints de stratification, qui marquent la séparation des couches, sont le plus souvent éloignés d'un à 2 mètres, et les fissures perpendiculaires à ces joints le sont beaucoup plus. Les couches successives diffèrent les unes des autres par des nuances de couleur, par de petites différences dans le grain ou la cohésion, par la faculté plus ou moins grande de résister aux intempéries de l'air, et par l'absence, ou la présence, et l'abondance plus ou moins grande de galets d'une nature

particulière, propres au grès des Vosges, et qui en font quelquefois un véritable poudingue à pâte de grès.

Galets quar-  
zeux que  
renferme le  
grès des  
Vosges.

§ 5. Ces galets sont presque toujours quarzeux; leur surface, toujours plus ou moins bien arrondie, présente quelquefois de petites facettes, qui réfléchissent vivement les rayons du soleil; mais le plus souvent elle est très-unie. On ne voit pas que ces galets tendent à affecter une forme déterminée; on en trouve rarement de très-plats; quelquefois ils ont jusqu'à un décimètre de diamètre. Un grand nombre de ces galets sont formés d'un quartz gris rougeâtre ou blanc grisâtre, à cassure inégale, et très-souvent un peu grenue, renfermant fréquemment de petites paillettes de mica brun rougeâtre, et présentant quelques indices de structure schisteuse; on trouve aussi des galets de quartz rouge compacte. Les noyaux de quartz gris rougeâtre ou rouge présentent souvent des veines plus ou moins foncées. Un grand nombre sont traversés par des veines ou petits filons de quartz blanc. On trouve aussi très-fréquemment dans le grès des Vosges des galets de quartz très-blanc, ordinairement compacte, quelquefois grenu; ces derniers présentent quelques paillettes de mica brun-noirâtre. Les premiers offrent une cassure esquilleuse d'un blanc un peu laiteux; les uns et les autres sont translucides; on en voit qui, plus translucides, plus esquilleux et plus tenaces que les autres, ressemblent à du quartz néopètre (*hornstein*). On trouve aussi des galets de quartz noir compacte ou grenu, dont plusieurs sont traversés par de petits filons de quartz blanc, et contiennent des paillettes de mica; ils sont ordinairement plus

petits et plus plats que les autres; enfin on trouve, dans ce même grès, des fragmens arrondis de roches d'un gris ou d'un jaune sale, un peu décomposées, qui, blanchissant et fondant un peu au chalumeau, paraissent être feldspathiques.

Les galets quarzeux que renferme le grès des Vosges présentent, comme ce grès lui-même, des caractères assez semblables dans les diverses parties de la chaîne, et les principales variétés qu'on y observe se trouvent toujours à-peu-près dans les mêmes proportions. Ils sont tous pareils à ceux qu'on voit en Angleterre dans le vieux grès rouge et le nouveau grès rouge.

Près de la chapelle de Bourg-les-Monts, à un quart de lieue au N.-O. de Ronchamps (département de la Haute-Saône), le grès des Vosges m'a offert un grand nombre de galets quarzeux, analogues à ceux qu'on rencontre habituellement épars dans ce grès. Parmi ces galets, j'en ai remarqué plusieurs qui m'ont semblé jeter quelque jour sur l'origine de tous, origine qui avait paru équivoque à quelques géologues.

L'un de ces galets, grossièrement arrondi, et dans lequel on reconnaît encore beaucoup de traces de la structure parallépipédique pseudo-régulière, que présentent souvent les fragmens dans lesquels se divisent naturellement les quartz schisteux de transition, est formé de plusieurs veines d'un quartz rougeâtre ou blanc-grisâtre, séparées par de petites veines un peu contournées de mica d'un gris bleuâtre ou d'un jaune passant au brun. Il est très-vraisemblable que ce caillou n'a été que faiblement soumis aux causes qui ont arrondi les autres; que s'il y avait été exposé

plus long-temps, il se serait divisé en autant de fragmens qu'il présente de veines amygdalines de quartz; et que chacune de ces veines, dépouillée de sa surface micacée et arrondie par le frottement, aurait produit un petit galet entièrement semblable à beaucoup de ceux qu'on trouve le plus communément dans le grès des Vosges.

Un autre galet de quartz blanc translucide, trouvé au même endroit et dont la surface est parfaitement arrondie, abstraction faite de beaucoup de petites facettes miroitantes qui lui donnent un aspect particulier de cristallinité, m'a présenté dans sa cassure plusieurs petites veines légèrement contournées de mica d'un jaune tirant au brun, qui montrent que ce galet avait fait partie d'une couche quarzeuse ou d'un rognon quarzeux empâté dans une masse stratifiée; et il est probable qu'il en est de même de tous les cailloux de quartz blanc translucide et souvent laiteux qu'on trouve dans le grès des Vosges. Ces galets ne doivent donc pas leur origine à une cristallisation particulière de quartz, mais à la destruction de roches stratifiées préexistantes. S'ils présentent souvent peu de traces de structure schisteuse, cela vient de ce que les parties d'une roche qui résistent le mieux aux chocs multipliés et à l'action usante du sable qui les réduisent à l'état de cailloux arrondis, sont nécessairement celles qui présentent le moins d'apparence de disposition schisteuse; c'est ce dont on peut aisément se convaincre en considérant les nombreux cailloux quarzeux qui couvrent la plaine de la Crau (Bouches-du-Rhône) et celle de la Côte-Saint-André (Isère), et qui proviennent en grande partie de la destruction des roches

talqueuses éminemment schisteuses et des grès feuilletés des Alpes; et cependant ces cailloux n'ont pas été roulés, comme ceux des Vosges, au milieu d'un sable formé aux dix-neuf vingtièmes de grains anguleux de quartz. Les galets quarzeux, grisâtres ou rougeâtres du grès des Vosges, étant le plus souvent un peu grenus, et présentant tous les passages, depuis le quartz compact à éclat gras, jusqu'à un conglomérat quarzeux incontestable, et les galets de quartz noir avec petits filons blancs présentant tous les caractères du kieselschiefer, on peut regarder comme très-probable que les cailloux quarzeux du grès des Vosges proviennent de la destruction de roches de transition, qui contenaient, soit en couches, soit en rognons, du kieselschiefer, du quartz blanc translucide, souvent laiteux, divisé par de petites veines micacées, et diverses variétés de quartz compact également micacé, passant par nuances insensibles à un conglomérat quarzeux. On retrouve à-peu-près ces diverses variétés de quartz compact et grenu dans les roches quarzeuses de transition qui se montrent à Sierck, sur les bords de la Moselle, au-dessous du grès bigarré, roches qui, d'après les collections que m'a très-obligamment montrées M. Seylod, directeur de l'Administration prussienne des mines à Sarrebruck, se reproduisent souvent parmi les couches de transition du Hundsruck, et qui peut-être ont jadis formé le sol du Palatinat, avant que les porphyres, les amygdaloïdes et les conglomérats qui les accompagnent, en occupassent la surface. On voit aussi parmi les roches de transition qui se montrent dans le département de la Haute-Saône, entre Estobon, Champey et Saulnot, un conglo-

mérat quarzeux, dont les fragmens roulés par les eaux pourraient produire des galets fort analogues à ceux du grès des Vosges. Il est remarquable que, dans le même canton, on trouve aussi un porphyre feldspathique quarzifère et des dépôts de fer oligiste, qui pourraient bien avoir de grands rapports, l'un avec la production du conglomérat qui, ainsi que nous le verrons ci-après, forme la partie inférieure du grès des Vosges, et l'autre avec la production de l'oxide rouge de fer qui colore presque toutes les roches de cette formation.

Je ne dois pas omettre de remarquer qu'il n'existe pas une dégradation continue de grosseur et de caractères qui permette de regarder les grains quarzeux du grès des Vosges comme étant la limite extrême des galets qu'il contient. Ces cailloux, essentiellement arrondis, paraissent au contraire former une classe bien distincte de celle des grains quarzeux essentiellement anguleux et d'apparence souvent cristalline, qui forment l'élément principal du grès; et ce que je viens de dire sur l'origine présumée des galets laisse tout-à-fait intacte la question de l'origine des petits grains quarzeux, qu'il serait peut-être très-hasardé de considérer comme provenant de la trituration de roches quarzeuses.

Absence de toute trace de débris organiques dans le grès des Vosges proprement dit.

§ 6. Je n'ai jamais vu dans le grès des Vosges le moindre débris d'êtres organisés, soit végétaux, soit animaux, ce qui est peut-être un motif pour penser que ses élémens ont été beaucoup moins long-temps en proie à l'agitation des eaux que ceux du grès bigarré proprement dit, dans lequel on trouve un assez grand nombre de débris d'organisation végétale et animale.

Ne pourrait-on pas même en conclure que ses élémens se sont accumulés beaucoup plus rapidement qu'ils n'auraient pu le faire s'ils n'avaient dû leur origine qu'à l'action destructive des agens extérieurs sur les roches préexistantes?

§ 7. La description qu'on vient de lire se rapporte à la masse générale du grand dépôt arénacé des Vosges. Dans la partie inférieure de ce dépôt, on trouve quelquefois des couches qui diffèrent très-sensiblement du reste de la masse, à laquelle elles se lient cependant par une dégradation presque insensible de caractères et par la continuité de la stratification; elles sont moins solides que les couches moyennes et supérieures; elles contiennent peu ou point de ces galets de quartz arrondis qui se font si généralement remarquer dans le reste de la formation du grès des Vosges. Leurs élémens sont en général plus grossiers, moins bien agglutinés et plus diversement colorés que dans le reste de la masse; souvent leur couleur rouge est plus foncée, et souvent aussi elles présentent des parties jaunes ou d'un gris bleuâtre. Certaines couches sont presque marneuses et présentent des strates fissiles et couvertes de paillettes de mica blanchâtre, qui rappellent le grès bigarré proprement dit, et qu'on n'observe pas dans les parties moyennes et supérieures du grès des Vosges; quelquefois ces couches argileuses présentent un grand nombre de cristaux de feldspath blanc et en décomposition, qui leur donnent un aspect pseudo-porphyrique. Certaines couches des plus inférieures passent à un conglomérat très-grossier et peu cohérent, formé de fragmens de porphyre et de roches anciennes. En général, cette partie inférieure du grès des

Caractères particuliers que présentent quelquefois les couches inférieures du grès des Vosges.

Vosges a une grande ressemblance avec les couches de grès auxquelles les mineurs allemands ont donné le nom de *rothe-todte-liegende* ; elles rappellent également le conglomérat rouge d'Exeter en Devonshire.

Ces couches particulières, qui paraissent manquer ou se réduire à peu de chose dans beaucoup de localités, se voient très-bien, et dans un grand développement, près de Ronchamps (Haute-Saône), aux environs de Villé (Bas-Rhin), aux environs de Bruyères et de Raon-l'Étape (Vosges), dans le pays de Sarrebruck, etc. Comme nous aurons occasion de revenir plus loin sur quelques-unes de ces localités, nous ne donnerons pas ici de plus amples détails sur les couches qui s'y observent.

Les parties inférieures du grès des Vosges paraissent se lier à des porphyres feldspathiques rouges quarzifères, et à des porphyres noirs très-remarquables, notamment aux environs de Raon-l'Étape, de Villé, de Sainte-Croix, de Saulnot, et probablement aussi dans le Palatinat ; mais je n'ai pu visiter qu'un petit nombre de ces localités, et trop rapidement pour être à même de décrire en ce moment les relations géologiques qui peuvent s'y observer. (Voyez l'ouvrage déjà cité de MM. d'Oeynhausien, de Dechen et de la Roche.)

Position  
géologique  
des grès des  
Vosges.

§ 8. Après avoir cherché à donner une idée du grand dépôt de grès qui forme la ceinture de la partie méridionale des Vosges et la presque totalité de leur partie septentrionale, je vais tâcher de fixer sa position géologique ou le rang qu'il occupe dans la série des formations ; je m'attacherai sur-tout ici à fixer ses relations par rapport

aux formations plus anciennes, réservant, pour les parties de ce mémoire qui seront consacrées au grès bigarré, plusieurs des détails relatifs aux rapports et aux différences qui existent entre ce grès et le grès des Vosges. Je vais commencer par décrire plusieurs localités, dans lesquelles on aperçoit assez clairement les rapports de gisement du grès des Vosges avec le terrain houiller, qui se montre au pied des Vosges dans quelques cantons peu étendus.

A la mine de houille de Ronchamps (Haute-Saône), il existe deux couches de houille *b b'* (Pl. V, fig. 2), dont la supérieure, qui est la seule exploitée, a 2 ou 3 mètres d'épaisseur. Ces deux couches sont supportées et séparées l'une de l'autre, par un grès, composé de débris de diverses roches en fragmens assez fins, agglutinés par un ciment grisâtre peu abondant.

Tout le système plonge vers le Sud-Sud-Est, sous un angle d'environ  $10^{\circ}$ , c'est-à-dire à peu près parallèlement à la pente extérieure des montagnes de transition A, sur la base desquelles il semble s'appuyer. La couche de houille exploitée n'est pas d'une très-bonne qualité ; elle colle médiocrement et contient beaucoup de pyrites disséminées, qui y forment même quelquefois de gros rognons. Elle a pour toit une couche assez solide d'argile schisteuse d'un noir plus ou moins foncé, qui se sépare quelquefois en feuillets épais contournés, à surface luisante, et est alors assez dense, assez dure, et présente une cassure rubanée parallèlement aux surfaces de séparation, tandis qu'ailleurs elle se divise en feuillets plus minces, et présente des empreintes végétales analogues à celles qu'on trouve dans

Superposition  
du grès  
des  
Vosges au  
grès houiller  
à Ron-  
champs.

presque toutes les houillères, telles que fougères, équisetum, etc.

Au-dessus du point le plus bas, atteint par les travaux d'exploitation qu'on a conduits en s'enfonçant suivant la pente de la couche, on a ouvert, en 1821, un puits d'extraction, qui a percé, sur une hauteur de près de 100 mètres, toutes les couches qui recouvrent la houille. Au-dessus de l'argile schisteuse noire qui lui sert de toit, on a trouvé une argile solide, peu dure, à cassure unie, très-peu ou point schisteuse, non effervescente, assez pesante, renfermant un grand nombre de petites paillettes de mica blanchâtre. La partie inférieure de la couche, qui a plusieurs mètres d'épaisseur, est d'un bleu verdâtre pâle avec taches amarantes; la partie supérieure est d'un rouge amarante assez foncé avec taches bleuâtres. Cette roche terreuse, qui paraît former la première couche du grès rouge (*rothe-todte-liegende*), se montre au jour en plusieurs points des environs de la houillère, et s'élève isolément à une assez grande hauteur sur la pente des montagnes de transition.

Au-dessus de cette couche, on trouve dans le puits, suivant le rapport des ouvriers, une couche assez épaisse de poudingue, contenant des fragmens aplatis, de grosseur variable, de schiste argileux verdâtre, facile à rayer, et des fragmens de roches feldspathiques, ainsi que des cristaux de feldspath qui semblent provenir de la destruction de roches préexistantes. Le ciment est de couleur amarante, et paraît de même nature que la partie supérieure de la couche argileuse précédente. Au-dessus de ce poudingue, le puits traverse une couche d'argile amarante, et des couches successives de grès de divers grains et

de terre rouge semblables à celles qu'on observe au jour sur les flancs des collines situées entre la houillère et la chapelle de Bourg-les-Monts; des ravins permettent d'y observer la succession des couches sur une grande hauteur. Au pied Nord-Est de ces monticules, à peu de distance d'un point où on voit affleurer l'argile schisteuse noire impressionnée, on trouve un grès verdâtre assez friable, qui paraît faire partie du poudingue mentionné plus haut. Il est immédiatement recouvert par une couche d'une argile amarante, un peu schisteuse, à surfaces de séparation luisantes, presque terreuse, et non effervescente. Cette couche argileuse présente de petites veines d'un poudingue, semblable par la forme et la nature des fragmens, ainsi que par le ciment qui les unit, à celui qu'on voit dans le bas du puits. La partie supérieure de cette même couche argileuse est d'un rouge plus vif qui approche de celui de l'oxide de fer, et présente des taches d'un bleu pâle; elle est immédiatement recouverte par une couche composée de fragmens anguleux de roches de transition, faiblement agglutinés par un ciment terreux rouge: on y remarque particulièrement des fragmens de schiste argileux et d'un porphyre à pâte de feldspath brun, à cristaux de feldspath blanc, et contenant des grains d'amphibole. Ce conglomérat est recouvert par un grès très-grossier, très-peu cohérent, de couleur variable, qui alterne avec des couches d'une argile d'un rouge ferrugineux très-foncé non effervescente. Une des variétés du grès est composée de petits fragmens de feldspath, de grains amorphes de quartz, de quelques fragmens anguleux de diverses ro-

ches, qui le rapprochent du conglomérat précédent, et d'un assez grand nombre de fragmens arrondis de schiste argileux verdâtre, qui lui donnent de l'analogie avec le poudingue qui se trouve à quelques mètres au-dessous. Le ciment, peu abondant, est d'un blanc rougeâtre, avec des taches d'un noir jaunâtre: on voit quelquefois dans ce grès des cristaux de feldspath. L'argile, qui en quelques points prend une teinte violette, empâte quelquefois de petits grains de diverses natures; ce qui forme un passage au grès. On y trouve assez souvent des cristaux de feldspath blanc en décomposition et des fragmens arrondis, analogues à ceux du poudingue précédent. Ces argiles présentent aussi fréquemment des taches circulaires d'un bleu très-clair. La pente générale de ces couches est à-peu-près parallèle à celle des couches du terrain houiller.

A mesure qu'on s'élève, le grès prend un grain plus fin et devient plus solide. Les fragmens anguleux disparaissent, mais il ne prend pas encore un aspect identique avec celui du grès des Vosges ordinaire; il conserve quelque chose de plus terreux et de plus grossier. Quelquefois un même morceau contient des veines assez fines et d'autres très-grossières; celles-ci présentent toujours un mélange de petits fragmens mal arrondis de quartz et de feldspath en décomposition. Dans quelques parties qui forment des taches irrégulières, le ciment devient noirâtre et les grains adhèrent très-faiblement. La couleur noire de ces taches est probablement due à l'oxide de manganèse. Ces taches noires se présentent aussi dans des échantillons à grain très-fin et sont alors très-petites. Ce même grès pré-

sente des taches circulaires blanchâtres ou d'un bleu clair; on y trouve des strates chargées de paillettes de mica blanchâtres, parallèles à la stratification, qui les rendent assez fissiles et leur donnent de l'analogie avec les grès des parties supérieures du terrain de grès bigarré; mais c'est un accident rare dans la formation dont nous parlons en ce moment. En comparant les collections faites sur les couches que je viens de décrire avec celles qui ont été rapportées d'Allemagne, il m'a semblé qu'elles ont la plus grande analogie avec le grès rouge proprement dit (*rothetodte-liegende*), tel qu'il se montre en Thuringe. Elles n'ont pas moins de ressemblance avec le conglomérat rouge des environs d'Exeter, en Angleterre, dont M. Buckland a depuis longtemps fait ressortir les rapports avec le véritable grès rouge des géologues allemands. Les couches que j'ai décrites ci-dessus peuvent encore s'observer très-commodément sur la pente sud-est des mêmes collines, dans la direction de *Ronchamps* à la *chapelle de Bourg-les-Monts*. Dans les ravins qui sillonnent cette pente à diverses hauteurs, j'ai particulièrement remarqué une grande épaisseur de couches argileuses rouges amaranthes, ou bigarrées de rouge et de gris bleuâtre. Vers le milieu de la montagne, on voit ces couches alterner avec diverses couches de grès rouges peu solides, parmi lesquels j'en ai remarqué un à grain fin, d'un aspect terreux, présentant une multitude de petites taches noires, dues à de l'oxide de manganèse, qui le rapprochent de certaines couches qu'on voit, aux environs de Sarrebruck, reposer presque immédiatement sur le terrain houiller. J'y ai

aussi trouvé un grès analogue au précédent, et, comme lui, tacheté de manganèse, qui m'a paru remarquable, en ce qu'outre de petits fragmens irréguliers de quartz et de roches feldspathiques en décomposition, qui sont les élémens essentiels du grès des Vosges, on y trouve des fragmens anguleux et bien distincts de porphyre feldspathique, d'un rouge violacé, qui le rapproche des couches de conglomérat les plus basses et les mieux caractérisées du grès rouge (*rothetodte-liegende*).

La chapelle de Bourg-les-Monts, Pl. V, fig. 2, est bâtie sur un sommet isolé, qui domine tous les points voisins, et qui est formé de couches presque horizontales et légèrement inclinées au Sud-Ouest, de grès des Vosges, parfaitement caractérisé, contenant un grand nombre de galets quarzeux, et conforme en tous points à la description générale donnée plus haut. Sur la pente Sud-Est de la montagne, on trouve des carrières et des parties éboulées, où on peut voir et toucher la superposition immédiate de la première couche de grès des Vosges proprement dit, sur la plus élevée des couches alternatives d'argiles rouges et de grès rouges peu solides, qui forment le corps de la montagne.

La stratification du grès des Vosges est parallèle à celles de ces dernières couches qui paraissent se lier avec lui par l'intermédiaire de plusieurs des couches de grès qui s'y trouvent comprises; et dont les plus élevées renferment déjà à-peu-près les mêmes élémens que le grès des Vosges, agglutinés par un ciment plus abondant. Ainsi le grès des Vosges repose incontestablement sur les conglomérats rouges qui paraissent

être les équivalens exacts des couches connues en Allemagne sous le nom de grès rouge (*rothetodte-liegende*), et il semble former la partie supérieure de cette formation.

Le sol de la dépression que laissent entre elles les Vosges et les petites montagnes de transition qui s'étendent par le Salbert, d'aujourd'hui vers Estobon et les bois de Saulnot, est presque entièrement formé par les couches alternatives de grès grossier peu solide, et d'argile rouge, que je viens de signaler comme représentant proprement le grès rouge. Comme ces couches sont très-peu cohérentes, le terrain est presque toujours très-raviné, pour peu qu'il s'élève au-dessus des cours d'eau. Le terrain houiller paraît exister en plusieurs points au-dessous de ce dépôt. De nombreux travaux de recherches l'ont atteint aux environs de Romagny, d'Estufon et de Gros-magny; mais par-tout il s'est trouvé pauvre en houille et dans un état de dislocation très-défavorable aux travaux.

L'espèce de bassin dont nous venons de parler se trouve limitée au Sud-Ouest, par une ligne de montagnes de grès des Vosges, qui s'étend de la chapelle de Bourg-les-Monts au vieux château d'Estobon, et au-delà. L'escarpement de ces montagnes est tourné vers le bassin en question, et la partie inférieure de leurs pentes présente, sur une grande épaisseur, des couches marneuses et des couches friables d'un grain grossier qui forment la partie inférieure de la formation du grès des Vosges. Parmi ces couches, on en trouve dont les fissures de stratification sont fortement chargées de mica. On y remarque aussi de petites couches ou des veines dont le ciment amaranthe

ou bienâtre est calcaire, ou du moins fortement effervescent.

En résumé, les environs du village de Ronchamps montrent, dans un grand développement, un grès rouge qui paraît être l'équivalent exact du *rothe-totheliegende* des Allemands. Ce dépôt recouvre incontestablement le terrain houiller, et est recouvert par le grès des Vosges proprement dit, dont il n'est qu'une modification.

Environs de  
St.-Hippolyte, de Villé, etc.

§ 9. Sur la pente orientale des Vosges, près des limites des départemens du Haut et du Bas-Rhin, on voit aux environs de Saint-Hippolyte, de Sainte-Croix et de Villé, différens affleuremens de terrain houiller, bien caractérisés par la présence de petites couches de houille en exploitation et par de nombreuses empreintes de fougères, d'équisetum, etc., qui fournissent de nombreuses occasions de constater les rapports de gisement de ce terrain et du grès des Vosges. Comme à Ronchamps, ce dernier terrain est constamment supérieur au terrain houiller, et ses premières couches présentent un conglomérat très-grossier, formé de débris de porphyre et de diverses autres roches, agglutinés par un ciment rouge ou taché de noir par le manganèse, et des argiles fortement colorées par l'oxide rouge de fer. C'est sur cette base, si analogue au véritable grès rouge des Allemands, que repose encore dans ce canton le grès des Vosges proprement dit.

A Saint-Hippolyte, on exploite une couche de houille dont l'épaisseur n'est que de quelques pouces, et qui passe quelquefois à l'état terreux; elle est tourmentée par un grand nombre de plis, et traversée de failles nombreuses.

Les ouvriers regardent ces failles comme étant le prolongement des filons, remplis en partie de baryte sulfatée et de galène, qui traversent le granite, sur lequel repose ce dépôt houiller. L'ensemble de la couche est peu incliné. En quelques points, elle est divisée en plusieurs parties par des veines d'argile schisteuse ou de grès houiller; elle repose sur un grès, souvent imprégné de matière charbonneuse, assez bien agglutiné, à grain plus ou moins gros, composé de cristaux de feldspath et de grains de quartz, qui semblent provenir de la désagrégation presque immédiate du granite sur lequel il repose, et dont il renferme des fragmens: ce grès rentre, par sa composition, dans la classe des agrégats, auxquels M. Brongniart a donné le nom d'*arkose*, et se rapporte par sa position à la première de ses trois classes d'arkoses. On observe une sorte de passage graduel et insensible du granite à cette roche, et il est réellement impossible de marquer la limite à laquelle finit le granite et commence l'arkose. Ce phénomène, digne d'attention à plusieurs égards, s'observe très-bien dans la galerie d'écoulement de la mine, dont l'entrée est dans le granite, et qui va joindre la couche de houille. Il m'a été indiqué par M. Voltz, ingénieur des mines à Strasbourg, qui l'avait consigné, ainsi que beaucoup d'autres faits géologiques découverts par lui, dans un Itinéraire qu'il avait rédigé dès l'année 1820, pour faciliter les courses géologiques des élèves ingénieurs des mines dans cette partie de la France, et dont j'ai été assez heureux pour pouvoir profiter.

La couche de houille de Saint-Hippolyte a pour

toit, comme celle de Ronchamps, une argile schisteuse noire. Suivant le rapport du maître-mineur, on a traversé, il y a quelques années, cette argile schisteuse par des travaux de recherches. La galerie atteignit un grès rouge peu cohérent, d'où il s'écoula une grande quantité d'eau qui remplit de sable et de débris une grande partie de la houillère; ce qui semble établir que le terrain houiller de Saint-Hippolyte est immédiatement recouvert par un grès incohérent, analogue à celui qui forme une partie des couches qui reposent sur le terrain houiller de Ronchamps, et aux couches friables, qui, en beaucoup de lieux, forment la partie inférieure du grès des Vosges. Verticalement au-dessus des travaux d'exploitation de la houillère, se trouve un monticule dans lequel on a ouvert deux carrières, qui présentent diverses couches de grès et d'argiles rouges ou amarantes, tachées de gris bleuâtre, et parsemées de paillettes de mica blanc parallèles à la stratification. Ces caractères se rapportent très bien à ceux que présentent les premières couches solides du grès des Vosges, celles qui succèdent immédiatement aux couches grossières et friables de la partie inférieure. Les couches argileuses micacées montrent que ce système de couches tient encore de près à la partie inférieure, tandis que les couches de grès avec lesquelles elles alternent présentent déjà presque complètement les caractères du grès des Vosges ordinaire, qui, dans les environs, prend un grand développement, et forme plusieurs montagnes assez élevées.

On voit que les circonstances observées à Ronchamps ne sont pas particulières à cette localité.

Nous venons de les retrouver sur la pente orientale des Vosges, et nous allons les voir reparaître dans les environs de Sarrebruck, qui, à proprement parler, se trouvent déjà hors du système des Vosges.

§ 10. Le terrain houiller des environs de Sarrebruck se montre au jour sur une étendue assez considérable, et les caractères qu'il présente généralement y sont très bien développés. Il est composé de couches alternatives et nombreuses de grès, qui prend quelquefois les caractères d'un poudingue et d'une argile schisteuse, contenant quelquefois des rognons de fer carbonaté et de houille. Le grès, l'argile schisteuse et les rognons de fer carbonaté présentent souvent de belles impressions végétales (fougères, équisetum, etc.); l'argile schisteuse est quelquefois parsemée d'une très-grande quantité de petites parties pyriteuses, et est alors exploitée comme schiste alumineux. Les couches houillères sont immédiatement recouvertes par un grès rouge friable, analogue à celui qui, en divers autres lieux, notamment près de Bruyères (département des Vosges), forme les couches inférieures de la formation du grès des Vosges. Si, dans les environs de Sarrebruck, on examine avec soin les diverses couches de cette formation, en s'élevant progressivement de bas en haut, on voit le sable presque incohérent des parties inférieures passer à un grès tout pareil à celui qui domine dans le grand dépôt arénacé des Vosges.

La superposition des couches friables inférieures du grès des Vosges sur le terrain houiller de Sarrebruck s'observe en plusieurs points avec la plus grande évidence.

Environs de Sarrebruck.

Le hameau de Schönecken, situé sur l'extrême frontière du territoire français, à une lieue Ouest-Nord-Ouest de Sarrebruck, est bâti sur les couches friables inférieures du grès des Vosges. Ces couches se montrent au jour notamment dans le ravin situé au nord de ce hameau, et les petits filons ferrugineux dont elles y sont traversées prouvent que, quoique presque incohérentes, elles sont en place. On les voit aussi très-bien sur le chemin de Schönecken, à la fontaine située sur la frontière même, et on y trouve, en ce dernier point, un banc de poudingue, principalement à noyaux quarzeux. Dans le hameau de Schönecken, on a ouvert un puits pour atteindre les couches de houille, qui, se montrant au jour sur le territoire prussien, plongent de manière à venir passer au-dessous de ce hameau. Les déblais retirés de ce puits paraissent provenir tous du grès rouge, et les nombreux petits filons ferrugineux qu'il renferme attestent qu'il est en place. Les travaux de l'approfondissement de ce puits ayant été suspendus pendant quelque temps, on y a percé un trou de sonde, qui a atteint le terrain houiller et traversé plusieurs petites couches de houille. Il est donc démontré que le grès rouge de Schönecken repose sur le terrain houiller.

Le village de Gersweiler, situé plus à l'Est sur la rive gauche de la Sarre, est bâti au-dessus d'un massif de houille, qu'on a eu soin de réserver dans les travaux d'exploitation de la mine qui porte ce nom, pour préserver les habitations de tout accident. Dans la partie supérieure du village, une fouille creusée pour la fondation d'une maison a mis à découvert le grès rouge, qui en ce point se

trouve évidemment au-dessus du terrain houiller. Plus haut et plus au Sud, un puits d'airage de la mine a traversé le grès rouge friable avant de parvenir au terrain houiller.

Dans le vallon, ou plutôt le grand ravin qui se trouve au midi de Gersweiler, on voit le grès des Vosges, en place et souvent assez solide, presque jusqu'au niveau de la Sarre. Il est probable qu'il a fait corps autrefois avec les couches de grès des Vosges, qui forment des rochers de l'autre côté de la rivière, dans le village de Burbach.

La route de Sarrebruck à Lebach se trouve constamment sur le grès des Vosges, depuis Sarrebruck jusqu'au sommet de la première côte dans la forêt du prince de Nassau, excepté peut-être dans l'endroit où elle traverse des prés, à la hauteur des Tuileries. On voit le grès à chaque instant, et quoiqu'il soit souvent friable, de nombreux petits filons ferrugineux montrent qu'il est en place : il en est ainsi, notamment de celui qu'on observe dans les fossés de la partie de la route qui monte dans les bois ; et à moins de failles ou de contournemens des plus bizarres, cette partie doit se trouver placée sur les tranches des couches houillères.

Un peu au Sud de la Tuilerie, située à gauche de la route, le grès des Vosges se voit en place dans un ravin. A la Tuilerie même, on a ouvert un puits de 77 pieds de profondeur pour avoir de l'eau. Ce puits a d'abord traversé du grès rouge, en partie parsemé de taches noires de manganèse, friable, mais assez solide en masse pour se soutenir sans boisage ; on a trouvé ensuite du sable incohérent, puis de nouveaux

banics de grès rouge, et on est entré à la fin dans les argiles schisteuses et les grès à grain fin, bleuâtres et rougeâtres de la partie supérieure du terrain houiller. De là, au point où la route atteint le sommet de la première côte dans le bois, on ne voit que des indices de grès rouge; le sol est couvert de fragmens de petits filons ferrugineux.

A droite de la route, dans les prés, on exploite, comme terre à brique, une argile grise analogue au *fire clay* des Anglais, et qui paraît faire partie du terrain houiller. Plus au nord, tout près de là, sur la lisière du bois, on exploite une argile bleuâtre et rougeâtre, qui contient des rognons de fer carbonaté lithoïde. En se dirigeant de ce point vers l'Est-Nord-Est, on entre complètement dans le terrain houiller de la Russhütte. En se dirigeant à l'Est, on rencontre un ravin, qui, prenant naissance vers la briqueterie de droite, va tomber dans le ruisseau de la Russhütte, et fait voir une longue série de couches de grès à grain fin bleuâtre et d'argile schisteuse bleuâtre et rougeâtre, noire et grise (*fire clay*), qui se dirigent de l'Ouest-Nord-Ouest à l'Est-Sud-Est, et plongent de 15 à 20° au Sud-Sud-Ouest. Un peu plus bas que l'embouchure du ravin, on trouve le grès houiller et l'argile schisteuse ordinaire avec empreintes, dirigés du N.-O. au S.-E., et plongeant de 20° au Sud-Ouest. Plus bas encore, on retrouve les argiles schisteuses de diverses couleurs dirigées de l'Est-Sud-Est à l'Ouest-Nord-Ouest, et environ cent pas plus loin, un peu au-dessus du ruisseau, on voit commencer le grès des Vosges. La couche la plus basse et la plus voisine du terrain houiller est un grès sans galets, peu dur, rouge, parsemé de petites taches noires dues à de l'oxide de

manganèse. Au-dessus, on trouve un poudingue contenant des galets assez gros et très-multipliés; on passe ensuite peu à peu au grès des Vosges le plus ordinaire.

Si on traverse les restes du vieux château situé entre la Russhütte et Mohlstadt, et qu'on monte dans le bois qui le domine, on retrouve les argiles schisteuses de diverses couleurs, dirigées et inclinées comme ci-dessus.

En avançant sur le coteau à gauche du ruisseau, on ne tarde pas à trouver le grès des Vosges, peu solide, mais en place. Cette portion est probablement inférieure au poudingue et même au grès tacheté de l'autre rive.

On voit ainsi, à peu de distance du grès des Vosges, une trop grande épaisseur de couches houillères dont l'inclinaison plonge vers lui, pour qu'on puisse croire qu'elles se relèvent; on doit donc en conclure qu'avant d'y arriver, elles plongent au-dessous, à moins qu'il n'y ait une faille; mais cette dernière idée est détruite par l'observation du puits de la Tuilerie: ainsi, tout le long de la ligne formée par les points cités plus haut, le grès des Vosges recouvre le grès houiller, et il le recouvre à stratification discordante.

A un quart de lieue de Sarrebruck, sur la route de Duttweiler, on voit à droite plusieurs carrières de pierres à bâtir et de pierres de taille, dans un grès des Vosges peu dur, avec peu de galets. Plus loin, sur la droite de la vallée, on trouve des rochers de grès des Vosges en couches très-solides, et plongeant très-sensiblement vers le sud. On voit ensuite çà et là des rochers du même grès, jusqu'à un rétrécissement de la vallée, où commencent à se montrer les couches

houillères, formées de grès houiller à gros grains, de grès houiller à petits grains et d'argile schisteuse de diverses couleurs, dirigées vers le nord magnétique et plongeant à l'Est. Si on monte sur la tranche de ces couches et qu'on traverse la route, on trouve une carrière qui présente, dans la partie la plus voisine des couches houillères, du sable et des galets de diverses natures, et particulièrement de grès houiller à grain fin, faiblement agglutinés et traversés par des petits filons ferrugineux. A une plus grande distance des couches houillères et un peu plus haut, se présente un sable rouge faiblement agglutiné, avec petits filons ferrugineux. Un monticule, en partie planté de pins, et situé un peu plus au Sud, paraît composé jusqu'en haut de grès des Vosges avec petits filons ferrugineux, mais pas assez solide pour former des rochers. Au pied Sud-Ouest de ce monticule, au bord de la route, on voit des rochers de grès des Vosges solide, dont les couches plongent de 10 à 15 degrés vers le Sud ou le Sud-Sud-Est, et qui recouvrent tout ce qui précède; leur stratification est en discordance complète avec celle du terrain houiller. En suivant la route de Duttweiler, on voit très-souvent les couches houillères changer de direction et d'inclinaison.

Sur la gauche de la vallée, en face de la forge et du fourneau situés au-dessous de Duttweiler, un monticule, qui a pour base les couches diversement colorées du terrain houiller, est environné par le grès des Vosges, qui consiste en un sable rouge faiblement agglutiné, traversé par de petits filons ferrugineux en très-grand nombre. De là, au sommet de la montagne, à une de-

mi-lieu Sud-Est de Duttweiler, on marche sur le grès des Vosges, le plus souvent très-bien caractérisé, et qui, au sommet, présente de petits filons ferrugineux.

De là au Kaninischenberg, en passant par Gaufontaine, on marche toujours dans le grès des Vosges, excepté à l'embranchement de la route de Bichmisheim, où on traverse une espèce de golfe rempli de grès bigarré, couronné par le muschelkalk, qui paraît entrer à stratification très-brusquement discontinuée dans le massif de grès des Vosges. Le grès du Kaninischenberg est pénétré de petits filons ferrugineux, et on rencontre vers le sommet des carrières de pierres de taille. Vers Gaufontaine, la route de Francfort est entretenue uniquement avec des fragments de ces petits filons ferrugineux.

En résumé, depuis Schoenecken jusqu'à Duttweiler, on voit, en un grand nombre de points, le bord du grès des Vosges reposer plus ou moins distinctement sur le grès houiller. Les couches du premier plongent en général sous un angle assez faible vers le Sud-Sud-Est, de manière à être parallèles à la surface extérieure du terrain houiller, mais en stratification discordante avec ses couches.

Entre Sarrebruck et Gersweiler, on voit à la gauche du chemin, sur la rive gauche de la Sarre, un escarpement qui met à découvert des couches alternatives de houille, d'argile schisteuse et de grès houiller, *a*, Pl. V, *fig.* 3. Ces deux dernières roches sont bleuâtres ou rougeâtres. Toutes les couches présentent des ondulations dans divers sens, mais leur plongement général paraît être vers le Nord-Ouest, c'est-à-dire

vets Gersweiler. En montant au-dessus de cet escarpement, on trouve en place, en *b*, un grès assez solide, en couches horizontales, ou légèrement inclinées au Sud-Sud-Est, qui repose sur la tranche des couches houillères, *a*, et paraît appartenir à la partie inférieure du grès des Vosges. On y voit en grand nombre les petits filons ferrugineux qui, sur-tout dans cette contrée, forment un des caractères distinctifs de cette formation. La première couche présente un grès à petits grains, sans galets, parsemé de petites taches noires dont la couleur est due à de l'oxide de manganèse. La seconde couche est formée d'un poudingue assez grossier, quelquefois peu solide, dans lequel on reconnaît des galets de *grès houiller*. Ces couches paraissent s'enfoncer sous les couches de grès friable, à grain fin, contenant peu de galets, et présentant des veines argileuses rouges et bleuâtres micacées, dont est formé le sol de la petite vallée qui débouche dans la Sarre, au-dessous de Sarrebruck, sur la rive gauche de cette rivière, et dans laquelle se trouvent les étangs du *Deutch mühl* et du *Senserwerck*. Dans la partie supérieure de cette vallée, on a fait autrefois, à travers le grès friable dont nous parlons, un sondage qui a pénétré jusqu'à la houille. Ces couches friables s'enfoncent à leur tour sous celles qui constituent les rochers auxquels est adossée la manufacture dite le *Senserwerck*. Ces rochers, dans lesquels il a existé une carrière de pierres de taille, présentent les variétés de roches et les accidens les plus ordinaires dans le grès des Vosges. On y remarque un grand nombre de ces galets de quartz gris, rougeâtre et blanc, qui se montrent si constamment dans cette formation,

et beaucoup de ces petits filons de fer hydraté, qui forment aussi un de ses caractères. Ces couches, qui plongent légèrement au Sud-Sud-Est, forment les premières assises d'une masse assez considérable *C* du même grès, qui forme les parties supérieures des montagnes des environs de Sarrebruck, montagnes qui ne font pas précisément partie des Vosges, mais qui s'y rattachent immédiatement par une chaîne continue composée du même grès, laquelle, se dirigeant de Sarrebruck vers l'Ouest-Nord-Ouest, se réunit entre Kaiserslautern et Pyrmasens, à la partie septentrionale des Vosges, qui est elle-même composée presque uniquement du grès dont nous parlons.

§ 11. On voit, par les détails qui précèdent, que le grand dépôt arénacé rouge, qui sert de ceinture aux montagnes de transition des Vosges, repose d'une manière incontestable, mais à stratification discordante, sur le terrain houiller, et que les couches inférieures de ce dépôt ressemblent d'une manière frappante au grès rouge proprement dit (*rothe todte liegende*), tandis que les couches supérieures, auxquelles s'applique plus spécialement le nom de *grès des Vosges*, quoique parallèles aux premières, auxquelles elles se lient par un passage insensible, présentent des caractères minéralogiques, qui, ainsi qu'on a pu en juger par la description, et comme on le fera voir de nouveau dans la suite, les rapprochent beaucoup du grès bigarré (*bunter sandstein*).

D'un autre côté, dans beaucoup de localités que j'aurai occasion de décrire dans la suite de ce mémoire, le dépôt de grès qui supporte im-

médiatement le muschelkalk, et qui, sans aucun doute, fait partie du grès bigarré, paraît reposer à stratification discordante sur le grès des Vosges, et semble n'avoir commencé à se déposer qu'après que la surface de ce dernier avait subi des dégradations considérables. D'après cela, le grès des Vosges, qui, par ses caractères minéralogiques, semble former la transition du grès rouge au grès bigarré, paraîtrait se rattacher uniquement au grès rouge par les circonstances de son gisement.

La question serait décidée d'une manière péremptoire si on trouvait en connexion avec le grès des Vosges quelques couches calcaires qu'on pût rapporter avec certitude au *zechstein* de la Thuringe; mais je n'en ai jamais rencontré dans ces contrées qui occupassent une position intermédiaire entre les calcaires de transition fort anciens de Shirmeck et le muschelkalk. Au reste, si l'absence du *zechstein* rend la question difficile à résoudre, elle la rend peut-être en même temps à-peu-près oiseuse. Le *zechstein* semble n'être qu'un simple accident dans une grande formation de grès, dont le grès rouge et le grès bigarré forment deux membres, qui peut-être cessent tout-à-fait d'être distincts, dès que la couche accidentelle qui les séparait n'existe plus. Peut-être aussi pourrait-on penser que le grès des Vosges, qui, par sa position comme par ses caractères, occupe une place intermédiaire entre le grès rouge et le grès bigarré, est une formation distincte jusqu'à un certain point de l'un et de l'autre, et parallèle au *zechstein* du nord de l'Allemagne et au *calcaire magnésien* de l'Angleterre. Ne pourrait-on pas admettre que cette formation

calcaire et le grès des Vosges proprement dit s'excluent mutuellement? En effet, non-seulement il n'existe pas de *zechstein* dans les Vosges, dans la Forêt-Noire et dans les autres systèmes du midi de l'Allemagne, où le grès des Vosges se montre; mais on remarque encore qu'en Angleterre, dans les parties du *Cheshire*, du *Lancashire* et du *Cumberland*, où certaines couches du *new-red-sandstone* présentent des caractères minéralogiques absolument pareils à ceux du grès des Vosges, le calcaire magnésien est inconnu; tandis que, dans les parties du nord et du sud de l'Angleterre, où le calcaire magnésien existe, aucune des couches du nouveau grès rouge ne se présente avec les caractères qui distinguent essentiellement le grès des Vosges.

D'après l'ensemble de ces considérations, il me semble que le grès qui domine dans le dépôt arénacé des Vosges doit être considéré comme distinct du grès bigarré, et comme étant soit la partie supérieure du *rothe todte liegende*, soit l'équivalent géologique du *zechstein* et du *calcaire magnésien*. Nous reviendrons plus d'une fois sur ces idées dans les parties subséquentes de ce mémoire, où nous essaierons de décrire les caractères et le gisement du grès bigarré proprement dit.

## II. FORMATIONS DU GRÈS BIGARRÉ, DU MUSCHELKALK ET DES MARNES IRISÉES.

§ 12. Depuis le pied des montagnes des Vosges, jusqu'à l'escarpement des plateaux de calcaires à gryphites (*lias*), qui s'étendent de *Luxembourg* à *Bourbonne-les-Bains* et de *Bourbonne-les-*

Disposition générale du grès bigarré, du muschelkalk et des marnes irisées.

*Bains à Saulnot et à Beffort*, règne un terrain ondulé qui présente des bandes successives de grès bigarré, de *muschelkalk* et de *marnes irisées*.

Les mêmes formations bordent le pied Est des Vosges, de *Gebweiler à Landau* et au-delà, et se perdent aussi sous les calcaires jurassiques, qui, eux-mêmes, disparaissent sous les dépôts tertiaires et les alluvions de la vallée du Rhin.

Afin de séparer le moins possible ce que la nature a intimement lié, nous joindrons toujours à la description de chacune des portions de la bande de *muschelkalk* qui entoure les Vosges celle de la portion du grès bigarré sur lequel elle repose et de la portion des marnes irisées qui la recouvre. Nous diviserons ainsi par la pensée l'espace occupé par ces trois formations en un certain nombre de cantons, à chacun desquels nous consacrerons un ou plusieurs des paragraphes subséquens. Nous commencerons par le canton qui, vers l'angle S.-O. des Vosges, comprend les environs de *Plombières*, de *Bourbonne-les-Bains* et de *la Marche*, canton dans lequel l'ordre de superposition du grès bigarré, du *muschelkalk* et des marnes irisées s'observe avec autant de facilité que d'évidence, et dans lequel en même temps les différences qui distinguent le grès bigarré du grès des Vosges m'ont paru assez marquées.

Position dans laquelle se trouve le grès bigarré aux environs de Plombières et de Bourbonne-les-Bains.

(*Environs de Plombières, de Bourbonne-les-Bains et de la Marche.*)

§ 13. Une ligne courbe, qui, traversant le canton qui vient d'être indiqué, passe par *Provenchères, Serecourt, Regneville, Passavant-en-Vosges*, etc., se trouve bordée au S.-O., du côté

de sa convexité, par une suite de collines assez escarpées, d'une hauteur à-peu-près uniforme, formant la tranche d'un plateau calcaire presque entièrement horizontal, qui paraît appartenir à la formation du *muschelkalk* des géologues allemands. A partir des extrémités de la même ligne, cette série de collines court, au N.-E., vers Épinal, et à l'E.-S.-E. vers Luxeuil, de manière que le plateau dont elles constituent la tranche forme une ceinture autour de l'angle S.-O. des Vosges, dont il est séparé par un espace plus bas et également assez uni.

Le sol de cette plaine basse, qui sépare le plateau calcaire du pied des Vosges, se relève légèrement vers ces montagnes. Il est formé par des couches de grès qu'on voit sortir de dessous les collines calcaires qui forment la tranche du plateau, et qui, d'après son gisement, aussi bien que d'après ses caractères minéralogiques, et d'après ceux tirés des débris organiques qu'il contient, paraît se rapporter au grès bigarré (*bunter-sandstein, new-red-sandstone*).

La vallée dans laquelle est située l'aciérie de la Grès bigarré Hutte (à une lieue E.-S.-E. de Darney, Vosges), près la Hutte et Darney. montre, en quelques points de son fond, le terrain granitique; mais elle est creusée presque en entier dans le grès bigarré, qui paraît recouvrir immédiatement les roches de transition. Les couches inférieures sont très-épaisses et presque sans fissures, d'un grain fin, d'un gris rougeâtre. On y voit des noyaux aplatis d'argile bleuâtre, et est toujours horizontal. Certains blocs renferment des galets de quartz, qui ressemblent à ceux du grès des Vosges et qui paraissent en provenir;

mais ils renferment en même temps beaucoup d'empreintes végétales, ce qui concourt à les distinguer de ce grès.

Entre la Hutte et Darney, on ne voit encore que le grès bigarré : ce sont les couches moyennes qui dominent ; elles sont à grain fin, légèrement schisteuses, bleues, jaunes ou d'un rouge amarante ; la même formation constitue le terrain entre Darney et Provenchères. Aux environs de ce dernier village, on rencontre les couches supérieures de ce même grès, qui sont très-micacées, très-fissiles et à feuilletts souvent contournés : elles sont peu consistantes et les eaux les ravinent aisément. Le grès bigarré constitue également différents points des environs de *Serecourt*, où on a fait inutilement des recherches de houille. En allant de la Hutte à Bains, on ne trouve pas d'autres roches que le grès bigarré, qui constitue aussi la surface du sol des environs de ce dernier village.

Grès bigarré  
près Bains et  
Fontenois.

Entre Bains et Fontenois, on voit les couches fissiles et micacées de la partie supérieure du grès bigarré devenir tout-à-fait terreuses et servir d'argile pour faire des briques. A *Fontenois*, la vallée de *Coney* est creusée dans les couches inférieures, épaisses et homogènes du même grès. Il est d'un gris jaunâtre ou rougeâtre : on en observe, sur les deux flancs de la vallée, des assises d'une grande épaisseur, sans fissures, sans galets, presque sans aucun accident.

La même formation constitue les plateaux aux environs des Forges, de Pont-du-Bois et de *Frelan*. Entre ces deux points, sur la rive droite du *Coney* et presque au niveau de cette rivière, on a ouvert une carrière, dans laquelle on ex-

ploite comme pierre de taille, et pour faire des meules à aiguiser, les couches inférieures du grès bigarré ; elles sont très-puissantes, à grain fin, non effervescentes, et renferment de petits noyaux d'argile blanche et des paillettes de mica, qui, n'étant pas disposées parallèlement les unes aux autres, ne donnent point à la masse un tissu schisteux. On y voit des empreintes végétales, dont plusieurs présentent un vide assez large rempli d'une matière terreuse d'un brun un peu jaunâtre. Les environs de l'Étang de *Tremeurs* appartiennent aussi au grès bigarré. On y observe les couches épaissées et peu schisteuses qui constituent la partie inférieure de la formation ; elles sont le plus souvent d'un gris jaunâtre.

A *Liaumont*, on exploite les couches supérieures fissiles du grès bigarré, pour en faire des dalles, qui, suivant leur épaisseur, servent à pavé ou à couvrir les maisons.

Le plateau qui sépare la vallée de *Plombières* de celle d'*Aillevillers*, et sur lequel est bâti le village de *Ruaux*, est formé d'un grès analogue. Près de *Ruaux*, ce grès est exploité pour divers usages ; les couches inférieures de la carrière sont d'un grain assez fin et assez homogène, et d'un aspect un peu terreux ; elles renferment des paillettes de mica disséminées irrégulièrement, et n'ont pas une disposition schisteuse très-marquée : on s'en sert pour pierres de taille, pour faire des meules à aiguiser, etc. ; elles présentent diverses nuances de rouge, de bleu, de jaune. Les couches supérieures présentent à-peu-près le même grain et la même consistance ; mais elles renferment beaucoup de paillettes de mica blanchâtres, qui, disposées parallèlement à la strati-

Grès bigarré  
aux environs  
de Plom-  
bières.

fication, les rendent très-fissiles; elles sont minces, à-peu-près horizontales, et alternativement d'un rouge amaranthe foncé et d'un gris jaunâtre ou bleuâtre. Les premières sont souvent tachées de bleu pâle et les autres de rouge; elles sont débitées en dalles, qui, suivant leur épaisseur, servent à paver l'intérieur des maisons ou à les couvrir.

Le plateau qui sépare la vallée de *Plombières* de celle de *Val d'Ajol*, est également formé, à sa surface, par le grès bigarré, qui est blanchâtre, d'un grain assez fin, d'un aspect un peu terreux, chargé de mica et un peu schisteux dans les parties supérieures. On y a ouvert des carrières, où on l'exploite comme pierre à bâtir, ou pour former de grandes dalles qui servent à clore les champs; ce grès s'étend vers le Nord jusque près des bois de *Remiremont*.

Grès bigarré aux environs de Châtillon-sur-Saône. La vallée de la Saône, aux environs de *Châtillon-sur-Saône* et de *Jonvelle*, est creusée en partie dans le grès bigarré, et il en est de même des vallons qui y affluent dans cet intervalle; il faut toutefois excepter l'emplacement même du village de *Châtillon-sur-Saône*, qui présente dans toute sa partie basse du gneiss et autres roches schisteuses anciennes; ces roches sont immédiatement recouvertes par le grès bigarré.

La partie inférieure de cette formation est composée, à *Châtillon-sur-Saône* et aux environs, de bancs d'un grès tantôt rougeâtre et tantôt blanchâtre, à grain fin, parsemé de paillettes de mica, qu'on exploite comme pierre de taille. Quelques couches, qui sont presque constamment jaunâtres, contiennent des empreintes végétales, qui, d'après l'examen que M. Adolphe Brongniart a eu la complaisance d'en faire, paraissent toutes

se rapporter à des espèces de prêles gigantesques (*equisetum*). Les couches supérieures de la formation sont ici, comme en général, très-schisteuses et très-micacées.

Le grès bigarré présente, dans ce canton, un accident assez remarquable. Près du village de *Bousserancourt*, entre *Châtillon-sur-Saône* et *Jonvelle*, on voit, dans les petits escarpemens qui bordent la rive gauche de la Saône, une couche de plusieurs mètres d'épaisseur, de grès très-dur et presque compacte, qui paraît se retrouver près de *Fresne-sur-Apance*, village situé à deux lieues de là, dans la direction de *Bourbonne-les-Bains*, à l'endroit où M. Roussel-Galle, ingénieur au Corps royal des mines, a ouvert un sondage pour la recherche de la houille.

§ 14. On voit par les descriptions précédentes, qui se rapportent à plusieurs localités embrassant une contrée assez étendue, que la formation dont il est question est aussi constante dans le nombre et la position relative de ses couches, que dans leur composition minéralogique. La partie inférieure présente de grosses couches homogènes et sans fissures, d'un grain assez fin, et d'une texture assez solide; tandis que la partie supérieure en présente de très-minces, très-chargées de mica, très-fissiles, et dont les nuances sont aussi variées que tranchées. Ce grès rappelle, par tous ses caractères minéralogiques, le *grès bigarré* (*bunter sandstein* des Allemands, *new-red-sandstone* des Anglais).

Dans l'espace que nous venons de parcourir, ce grès paraît reposer sur un fond inégal, formé, en partie, par un terrain de gneiss, de granite porphyroïde et de syénite, qui se montre dans

Résumé des caractères du grès bigarré dans la contrée de *Plombières* et de *Bourbonne-les-Bains*.

Distinction du grès des Vosges et du grès bigarré.

les vallées de *Châtillon-sur-Saône*, de la *Hutte*, de *Fontenois*, de *Plombières*, etc., et, en partie, par le grès des Vosges, qu'on voit paraître en différens points, au-dessous du grès bigarré, particulièrement sur les pentes rapides que présentent les bords de plusieurs plateaux.

En montant, soit de la vallée de *Val-d'Ajol*, soit de celle de *Plombières*, vers le plateau qui les sépare, on voit, entre le terrain de gneiss, de granite et de syénite, et le grès bigarré proprement dit, des couches bien caractérisées de grès des Vosges, qu'on reconnaît immédiatement, à leur aspect moins terreux que celui du grès bigarré, à leur grain plus gros et plus cristallin, et aux gros et nombreux galets de quartz gris rougeâtre, blanc et noir, qui s'y trouvent empâtés, et qu'on ne voit jamais en aussi grande abondance, ni aussi gros dans le grès bigarré proprement dit.

Le plateau qui sépare la vallée de *Plombières* de celle d'*Aillevillers*, et celui qui se trouve entre cette dernière et *Bains*, présentent la même structure; c'est-à-dire que les roches de transition y sont immédiatement recouvertes par une assise de grès des Vosges, que recouvre à son tour une assise de grès bigarré. Si, par exemple, on descend de ce plateau vers le village de la *Chapelle*, on trouve une pente assez escarpée, couverte de blocs à peine détachés, et de débris épars de grès des Vosges, qu'on reconnaît à l'abondance et au volume des galets de quartz rougeâtre, blanc et noir qui s'y trouvent. Le grès des Vosges se montre encore sous le grès bigarré, en quelques autres points des environs de *Bains*, et je soupçonne que le plateau qui s'élève au Nord de Pas-

savant-en-Vosges, et à l'Ouest-Sud-Ouest de *Fontenois*, a pour base des couches de cette formation.

Si le grès bigarré situé sur des plateaux de grès des Vosges, et celui qui forme des plaines plus basses, se trouvaient exactement dans la position dans laquelle ils ont été déposés, il serait évident que la formation du grès bigarré serait déposée sur celle du grès des Vosges à stratification discontinue quoique parallèle, et que par cela seul elle en serait tout-à-fait distincte. Mais il est bon de remarquer que les vallées de *Val-d'Ajol*, de *Plombières*, d'*Aillevillers*, ressemblent à de longues crevasses, et qu'une partie des apparences que nous venons de rappeler pourrait être due à des failles. La distinction la plus solide entre le grès des Vosges et le grès bigarré consiste peut-être dans les débris organiques, très-fréquens dans le dernier, et dont je n'ai jamais aperçu de trace dans l'autre. Les feuillet micacés paraissent aussi un caractère tout-à-fait particulier au grès bigarré, qui se distingue encore du grès des Vosges par sa position géographique, en ce qu'il se rencontre toujours en avant des montagnes que constitue le grès des Vosges.

§ 15. J'ai déjà indiqué précédemment (§ 13) l'existence d'un plateau calcaire, qui, disposé circulairement autour de l'extrémité Sud-Ouest des Vosges, leur présente son escarpement. Ce plateau est formé de couches presque horizontales d'un calcaire qui, d'après sa position et d'après ses caractères minéralogiques et zoologiques, paraît se rapporter au *muschelkalk* des Allemands. Il repose immédiatement, et à stratification concordante, sur le grès bigarré. La superposition s'observe aisément sur le penchant de plusieurs

Muschelkalk  
des environs  
de Bourbon-  
ne-les-Bains  
et de la  
Marche.

collines, ravinées par les eaux, près de *Provenchères*, de *Serecourt*, de *Fresne-sur-Apance*, etc. Les couches supérieures du grès bigarré étant marneuses, et les couches inférieures du muschelkalk étant un peu sableuses et schistoïdes, les deux formations semblent passer l'une à l'autre près de leur point de contact.

Le calcaire dont il s'agit est en général gris de fumée, compacte, à cassure conchoïde. Certains blocs sont d'un gris jaunâtre près de la surface et d'un gris bleuâtre dans l'intérieur, et présentent quelquefois un grand nombre de petites taches vertes : on voit aussi dans les couches supérieures un calcaire d'un gris jaunâtre, à cassure terreuse, analogue à celle d'un grès à grain très-fin et un peu schisteuse. Les assises les plus élevées de la formation sont formées par des marnes un peu feuilletées, grises ou d'un gris passant au jaune, au vert ou au noir, qui renferment quelques couches plus solides analogues aux précédentes ; elles se lient intimement et par des passages insensibles aux marnes irisées qui les recouvrent. Dans les marnes schisteuses dont nous parlons, on trouve des boules de calcaire gris compacte, à cassure conchoïde, qui, devenant quelquefois presque contiguës, présentent sur les parties exposées à l'air des surfaces mamelonnées. En beaucoup de points, ces marnes sont traversées dans tous les sens par un grand nombre de petits filons spathiques, dont la réunion produit, par l'effet de l'action de l'atmosphère, des blocs de calcaire celluleux, si ordinaires en bien d'autres lieux dans la partie supérieure du muschelkalk. Dans ces mêmes couches, on trouve aussi des veines d'un grès

non effervescent, grisâtre, à grain très-fin, un peu micacé; on voit en outre entre leurs feuilletés des veinules de silex, ou d'un grès quarzo-ferrugineux à grain très-fin, ayant quelques millimètres seulement d'épaisseur, dont on remarque souvent de nombreux fragmens sur la surface du sol du plateau. Il paraît que les eaux ont emporté la marne et laissé toutes les petites masses plates ferrugineuses qu'elle contenait, et qui ont été en même temps divisées en petits fragmens. Les variétés qui ressemblent à un grès ferrugineux sont souvent arrondies et accompagnées d'une terre jaune.

Le calcaire dont nous nous occupons présente très-souvent des débris d'êtres organisés : les plus abondans dans le canton dont nous parlons, ou du moins ceux qui s'y montrent le plus souvent d'une manière distincte, sont l'*encrinites liliformis* et la *terebratula subrotunda* (schlotheim) ? Quelques couches, formées d'un calcaire compacte gris de fumée, renferment un très-grand nombre d'entroques cylindriques, dont le contour circulaire est très-net et la cassure très-miroitante. Certaines couches, présentant une couleur d'un gris de fumée clair, parsemé de petites veinules jaunes, ou bien nuancé de bleu, renferment un grand nombre de fragmens de bivalves, qui en font une véritable lumachelle. Ces fragmens, peu distincts en général, m'ont paru se rapporter tantôt à la *terebratula subrotunda* (schloth.), tantôt à l'*ostracites pleuronectilites* (schloth.).

Je n'ai pas rapporté de ce canton un grand nombre de fossiles; mais ceux que j'ai recueillis et que je viens de citer s'accordent avec les ca-

ractères minéralogiques et avec le gisement du calcaire, pour empêcher de le rapporter à aucune autre formation qu'au *muschelkalk* des Allemands. En décrivant, dans d'autres cantons, des couches calcaires qui sont évidemment le prolongement de celles qui nous occupent en ce moment, j'aurai occasion de donner une liste de fossiles de cette formation beaucoup plus étendue.

Anomalies que présentent les caractères et la composition du *muschelkalk* aux environs de Bourbonne-les-Bains.

§ 16. J'ai déjà dit que dans les environs de Bourbonne-les-Bains, comme dans toutes les contrées décrites jusqu'ici, le *muschelkalk* repose sur le grès bigarré à stratification concordante. On y trouve cependant des points où cette règle paraît subir des exceptions. Entre Jonvelle et Amenvelle, j'ai trouvé un endroit où le contact des deux formations s'opère de la manière indiquée Pl. VI, *fig.* 1<sup>re</sup>. On pourrait croire, en voyant cette configuration, que le *muschelkalk* a été déposé dans une dépression creusée dans le grès bigarré; mais il me paraît plus probable que cette apparence n'est que l'effet d'une faille un peu oblique.

Les couches que, dans ce point, je rapporte à la formation du *muschelkalk* sont formées d'une roche grisâtre, qui présente les caractères extérieurs de la dolomie, et qui, d'après un essai auquel je l'ai soumise dans le laboratoire de l'École des Mines, m'a paru composée de la manière suivante :

Carbonate de chaux. . .	0,479
Carbonate de magnésie..	0,537
Résidu insoluble.....	0,017

1,033

Rapport de la quantité d'oxygène contenue

dans la chaux à celle contenue dans la magnésie

100 : 132.

On voit qu'il y a ici beaucoup plus de magnésie que n'en comporte la composition théorique de la dolomie, dans laquelle le rapport des quantités d'oxygène contenues dans la chaux et la magnésie est

100 : 100.

Il est remarquable que cette espèce de dolomie renferme un grand nombre d'entrouques appartenant à l'*encrinites liliformis*, ce qui constitue une autre anomalie aux lois indiquées par M. Léopold de Buch, qui a constamment observé que les masses de dolomie sont presque entièrement privées de fossiles (1).

A Bourbonne-les-Bains, le *muschelkalk* ne m'a offert aucun fossile; mais il m'a présenté des

(1) Le point que je viens de citer n'est pas le seul dans ces contrées qui présente des dolomies. J'en ai trouvé une très-bien caractérisée et très-remarquable par son gisement, près de Suxy (route de Langres à Dijon). Elle y est enchâssée dans les couches du premier étage du calcaire oolithique, qui, en ce point, se trouvent, contre l'ordinaire, assez fortement inclinées. Cette dolomie, essayée comme la précédente, m'a paru composée de

Carbonate de chaux.....	0,567
Carbonate de magnésie..	0,448
Résidu insoluble.....	0,004

1,020

Rapport de la quantité d'oxygène contenue dans la chaux à celle contenue dans la magnésie

100 : 93.

T. I, 3<sup>e</sup> livr. 1827.

caractères fort remarquables qui méritent d'être indiqués en détail.

La roche qui compose à Bourbonne-les-Bains les diverses couches de la formation du muschelkalk, est d'un gris passant quelquefois au gris jaunâtre et au gris bleuâtre, à-peu-près compacte, mais parsemée de petites parties cristallines qui la rendent légèrement subsaccharoïde, à cassure plus ou moins esquilleuse. Certaines parties un peu schisteuses présentent sur les surfaces de stratification quelques paillettes de mica; d'autres empâtent des cristaux transparents de carbonate de chaux, qui lui donnent une structure porphyrique; d'autres enfin sont parsemées d'une quantité de vacuoles en partie remplies d'une matière terreuse blanchâtre, que je crois très-magnésienne. Les parties qui offrent ce dernier genre d'accident présentent souvent une division prismatique très-nette dans un sens perpendiculaire aux plans de séparation des couches.

Dès le premier voyage que je fis dans cette contrée, en 1821, avec M. Auguste Duhamel, ingénieur des mines, j'avais été surpris de ne trouver dans cette roche aucun débris d'êtres organisés: ma surprise n'a diminué que dernièrement, lorsqu'en soumettant la roche dont il s'agit à quelques essais dans le laboratoire de l'École des Mines, j'ai reconnu qu'elle renferme une forte proportion de magnésie, proportion qui est même beaucoup plus forte que celle que l'on pourrait trouver dans une dolomie, dont elle ne présente pas d'ailleurs les caractères minéralogiques, si bien établis dans les Mémoires de M. Léopold de Buch.

J'ai analysé deux échantillons du calcaire ma-

gnésien dont je viens de parler, et je les ai trouvés composés de la manière suivante:

Carbonate de chaux. . . . .	0,378	—	0,301
Carbonate de magnésie. . . . .	0,547	—	0,485
Résidu insoluble. . . . .	0,095	—	0,195
	<u>1,020</u>		<u>0,981</u>

Le rapport de la quantité d'oxygène contenue dans la chaux à celle contenue dans la magnésie est

$$100 : 173 \quad 100 : 190$$

La différence qui se trouve entre le rapport de ces deux quantités, dans l'un et l'autre échantillon, peut très-bien provenir de l'imperfection de mon analyse; mais on voit qu'il s'éloigne, dans les deux, du rapport de 100 : 100, qui est la limite théorique relative à la dolomie, d'une quantité beaucoup trop grande pour pouvoir être attribuée à une erreur: ce calcaire magnésifère n'est donc pas plus une dolomie sous le rapport chimique que sous le rapport minéralogique.

Il n'est peut-être pas inutile de remarquer que c'est de dessous le plateau dans lequel le muschelkalk se montre chargé de magnésie et dépourvu de débris organiques, que sortent les sources chaudes auxquelles Bourbonne-les-Bains doit son nom.

§ 17. La petite ville de *la Marche* est bâtie sur la surface du plateau de muschelkalk dont nous venons de nous occuper. Le village d'*Ich* et la ville de *Bourbonne-les-Bains* sont bâtis dans des vallées qui y sont creusées. Ce canton semble être une des localités de la France les plus propres à être recommandées pour l'étude des terrains secondaires moyens, à cause des facilités que présente pour cette étude le plateau de muschelkalk, qui, d'une part, est découpé par de

Position des marnes irisées aux environs de la Marche et de Bourbonne-les-Bains.

et le jargon  
cristallin

nombreux ravins terminés à la plaine basse, ou aux vallées qui mettent à découvert le grès bigarré, et qui, de l'autre, supporte de nombreuses collines de *marnes irisées* avec *amas de gypse*, couronnées par le grès inférieur du *lias*.

Pour tâcher de bien faire connaître la composition et le gisement de la formation des *marnes irisées*, formation reconnue et décrite pour la première fois par M. l'ingénieur des mines Charbaut, (*Ann. des Mines*, t. IV, p. 617), je vais rapporter en détail les observations que j'ai faites sur les flancs de plusieurs des collines que je viens d'indiquer.

Si, en partant du village de *Serecourt*, situé à 2 lieues N.-N.-E. de Bourbonne-les-Bains, sur le bord de la plaine basse, dont le sol est de grès bigarré, on monte la côte *m*, *fig. 2*, Pl. VI, formée par la tranche du *muschelkalk*, on arrive sur le plateau que constitue cette formation; on peut cheminer en plaine sur ce plateau jusqu'à la Marche, en passant à côté de trois collines isolées qui font l'effet de trois dômes posés l'un à la suite de l'autre sur cette plaine élevée: ce sont le *Mont-Heuillon*, le *Mont-de-la-Justice* et le *Mont-Saint-Étienne*. Ces trois collines sont formées en grande partie par les *marnes irisées*: les deux dernières seulement portent à leur sommet un couronnement de grès quarzeux, qui forme la première couche du terrain de *lias*.

§ 18. Si l'on aborde le *Mont-Heuillon* par le côté de l'Est ou du Sud, on marche, jusqu'au pied de ses pentes, sur un sol déchiré par divers ravins, sur les flancs desquels on voit des *marnes feuilletées*, d'un gris jaunâtre, verdâtre ou noirâtre, qui forment la partie supérieure du mus-

Marnes irisées du *Mont-Heuillon* entre *Serecourt* et la Marche.

*chelkalk* ou la partie inférieure des *marnes irisées*; car elles se lient également aux deux formations; elles sont en couches à-peu-près horizontales. En montant la colline, on voit plus haut, et évidemment posées sur les précédentes, des couches à-peu-près horizontales, mais un peu contournées, de *marnes très-argileuses*, souvent à peine effervescentes, qui se séparent, à l'air, en petits fragmens anguleux, dont les trois dimensions sont à-peu-près égales; elles sont d'un gris bleuâtre ou d'un rouge lie de vin; elles font déjà partie des *marnes irisées* proprement dites. Dans ces *marnes*, on trouve par amas des rognons de gypse blanc, gris ou rose, compacte ou saccharoïde, et de petits filons de gypse blanc fibreux. Elles sont recouvertes par un calcaire magnésifère, compacte, grisâtre, à cassure esquilleuse, qui forme une couche de peu d'épaisseur sur le sommet de la colline.

Entre le *Mont-Heuillon* et le *Mont-de-la-Justice*, de même qu'entre le *Mont-de-la-Justice* et le *Mont-Saint-Étienne*, le terrain est formé par des *marnes feuilletées*, d'un gris jaunâtre ou verdâtre, qui semblent lier le *muschelkalk* aux *marnes irisées*; elles sont fortement ravinées, ce qui permet de les bien voir. Aussitôt qu'on s'élève un peu, en approchant de l'une ou de l'autre de ces montagnes, on y voit paraître des veines rouges, qui forment un passage aux *marnes irisées* situées un peu plus haut, et lèvent toute espèce de doute relativement à la superposition des *marnes irisées* sur le *muschelkalk* et à la liaison intime de ces deux formations. Ces *marnes schisteuses* contiennent, comme je l'ai déjà indiqué plus haut, un grand nombre de petites pla-

ques silicéo-ferrugineuses, qui, lorsque les marnes sont emportées par les eaux, restent à la surface du sol, qui s'en trouve jonché.

Marnes irisées du Mont-de-la-Justice près la Marche.

§ 19. En montant à la Montagne-de-la-Justice, du côté de l'Ouest, on voit les marnes schisteuses verdâtres et rouges, dont il vient d'être question, passer à des marnes, tantôt gris bleuâtre et tantôt d'un rouge lie de vin, à cassure conchoïde et se divisant, à l'air, en petits fragments, dont les trois dimensions sont sensiblement égales. Vers le point où se fait le passage, on voit de petites carrières ouvertes sur des amas, *g*, d'un gypse blanc, rougeâtre ou gris, tantôt compacte ou subsaccharoïde, tantôt fibreux. Ce gypse est accompagné de petites couches de marnes noires très-schisteuses. Un peu plus haut, on voit des carrières ouvertes sur une couche, *c*, de 2 à 3 mètres de puissance, d'un calcaire compacte, esquilleux, jaunâtre, sans fossiles, très-magnésifère, que j'ai retrouvé en différens lieux vers le milieu de l'épaisseur des marnes irisées, conservant partout des caractères minéralogiques presque complètement identiques, une composition chimique analogue et même une épaisseur presque constante, et formant ainsi une sorte d'horizon géognostique très-commode pour l'étude des détails de cette formation : on n'y trouve presque jamais de débris organiques. J'ai soumis à une analyse rapide, dans le laboratoire de l'École des Mines, des échantillons de cette couche de calcaire compacte, esquilleux, jaunâtre, pris en différens points assez éloignés les uns des autres, et dont un grand nombre sont situés hors de la contrée dont je m'occupe en ce moment. Quoique les résultats que j'ai obtenus ne puissent être considé-

Couche de calcaire magnésifère qui se trouve constamment vers le milieu de l'épaisseur des marnes irisées.

rés que comme de simples approximations, je crois qu'il ne sera pas inutile d'en présenter ici le tableau.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Carbonate de chaux...	0,452	0,399	0,505	0,458	0,479	0,479	0,408	0,426	0,407	0,337	0,482	0,390	0,406	0,458
Carbonate de magnésie.	0,506	0,496	0,478	0,459	0,485	0,516	0,558	0,527	0,444	0,413	0,434	0,527	0,475	0,444
Résidu insoluble...	0,050	0,100	0,060	0,095	0,055	0,055	0,090	0,065	0,060	0,260	0,128	0,100	0,055	0,085
Total....	1,008	0,995	1,043	1,012	1,019	1,050	1,056	1,018	1,001	1,010	1,044	1,017	1,026	0,987
Rapport de l'oxigène de la chaux à celui de la magnésie.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	132	147	115	119	120	127½	161	146	106	145	107	160	113	116

Chacun des calcaires magnésifères dont on a donné l'analyse dans le tableau précédent forme, comme on l'a dit, une couche au milieu des marnes irisées, dans les différentes contrées.

Le n<sup>o</sup>. (1) provient du *Mont-de-la-Justice* près la Marche, cité ci-dessus.

Le n<sup>o</sup>. (2), de la colline au S.-O. de Bourbonnelles-Bains.

Le n<sup>o</sup>. (3) provient du terrain dans lequel est ouverte l'exploitation de combustible fossile de Noroy.

Le n<sup>o</sup>. (4), de *Saint-Léger-sur-Dheune* (département de Saône-et-Loire). M. Levallois le désigne sous le nom de calcaire marneux, dans sa *Notice géologique sur les environs de Saint-Léger*, insérée dans les *Annales des Mines*, t. VII, p. 403.

Le n<sup>o</sup>. (5), d'une colline au N.-O. de Charmes, département des Vosges.

Le n<sup>o</sup>. (6) a été recueilli sur la côte d'Essey (département de la Meurthe).

Le n<sup>o</sup>. (7), près le village de la Rochette, sur la route de Vic à Lunéville (département de la Meurthe).

Le n<sup>o</sup>. (8), au Sud de Vic, sur la route d'Inreccourt.

Le n<sup>o</sup>. (9) a été extrait près de l'orifice du puits de la mine de sel gemme de Vic (département de la Meurthe).

Le n<sup>o</sup>. (10) provient d'Helmsingen, près Luxembourg.

Le n<sup>o</sup>. (11), de Vaufrey (département du Doubs).

Le n<sup>o</sup>. (12), de Beurre, près Besançon (Doubs).

Le n<sup>o</sup>. (13), des environs de Salins (département du Jura).

Le n<sup>o</sup>. (14) a été recueilli, au N.-O. de Lons-le-Saulnier (Jura), sur le chemin qui conduit à Piémont, c'est le calcaire caverneux de M. Charbaut.

Il paraît résulter du tableau précédent,

1<sup>o</sup>. Que les calcaires essayés renferment tous une quantité de magnésie plus grande que celle qui correspond à la composition théorique de la dolomie, dans laquelle les quantités d'oxygène contenues dans la chaux et la magnésie sont égales;

2<sup>o</sup>. Que la composition de ces mêmes calcaires n'est pas aussi constante que leurs caractères minéralogiques, qui sont sensiblement uniformes, mais qui, comme je l'ai déjà dit, sont très-différens de ceux de la dolomie.

Il me paraît, d'après cela, qu'on peut conserver à ces composés le nom de *calcaires magnésifères*.

La position de la couche de calcaire magnésifère, qui m'a conduit à cette digression, se voit sur la pente du *Mont-de-la-Justice*, de la manière la plus claire; elle forme un petit plateau, qui règne sur presque toute sa circonférence. Sur ce plateau s'élève un second dôme, d'un diamètre moindre, formé en grande partie de marnes irisées, et présentant seulement à son sommet un couronnement du grès inférieur du lias. Cette couche, qui a souvent reçu le nom de *quadersandstein*, se présente ici sous la forme d'un grès jaunâtre, assez solide, composé de petits grains de quartz agglutinés presque sans ciment apparent, et con-

tenant de petites paillettes de mica, et quelques noyaux argileux très-aplati, entremêlés de petits galets de quartz blanchâtre ou noirâtre.

Marnes irisées du Mont-St.-Etienne, près la Marche.

§ 20. En montant au Mont-Saint-Étienne, du côté du S.-O., on commence aussi par voir, dans des ravins, des marnes feuilletées, grisâtres ou verdâtres, qui se lient à la partie supérieure du muschelkalk, et qui sont l'équivalent des couches de marne verte que j'indiquerai plus loin à Rechainvilliers et à Hermingen, comme alternant avec les couches supérieures du muschelkalk. Ici, ces marnes contiennent un grand nombre de petites couches minces d'un calcaire cellulaire, cloisonné, à cassure esquilleuse, qui est l'équivalent du calcaire cellulaire cloisonné, très-commun, en différens lieux, dans les assises supérieures du muschelkalk. En montant dans les ravins, vers le Mont-Saint-Etienne, on ne tarde pas à voir paraître des couches de marne rouge au milieu de la marne verte; la couleur rouge finit même par dominer, et on voit alors dans ces marnes, qui sont encore un peu schisteuses, des amas de petits filons gypseux. Bientôt la disposition schisteuse des marnes disparaît, ou n'existe plus que dans des couches minces de marne noire, qui alternent avec les marnes d'un rouge lie de vin et d'un gris bleuâtre. Un peu plus haut, on trouve une petite couche d'un calcaire compacte gris, présentant l'aspect d'une brèche, à laquelle succède, presque immédiatement, une couche de 2 à 5 mètres d'épaisseur d'un calcaire compacte, d'un gris jaunâtre, à cassure esquilleuse, très-magnésifère, identique par sa nature et par sa position géologique avec celui que j'ai signalé au paragra-

phe précédent dans les marnes irisées du Mont-de-la-Justice et de divers autres lieux. Ces couches me paraissent aussi absolument identiques, sous le rapport de leur position géologique, avec celles dans lesquelles est ouvert le puits de la mine de sel gemme de Vic. Les couches comprises entre le muschelkalk et le calcaire compacte esquilleux, dont il vient d'être question, sont l'équivalent de celles que traversent à Vic les travaux d'exploitation et dans lesquelles se trouvent le gypse anhydre et le sel. Je ne connais ni sel gemme ni sources salées, dans la contrée qui nous occupe actuellement; mais il n'est peut-être pas inutile de remarquer qu'à environ une lieue au N.-E. on trouve sur le plateau de muschelkalk un point appelé *le haut de Salins*.

Si de la couche de calcaire compacte esquilleux gris jaunâtre on s'élève vers le sommet du Mont-Saint-Étienne, on retrouve les marnes irisées, présentant au plus haut degré les caractères distinctifs déjà cités, et contenant de petites couches de calcaire argileux, comme cela a lieu dans la partie supérieure de cette formation à Vic, à Salins; et à Lons-le-Saulnier. La partie la plus élevée des marnes irisées est verte, et renferme des couches subordonnées de grès quarzeux, qui se présente avec les caractères cités plus haut, et qui, en outre, contient de petites parties de marne verte disséminée. Le haut de la montagne est entièrement formé de ce même grès, dont certaines couches contiennent beaucoup de petits galets de quartz noirâtre, et dont quelques morceaux présentent des empreintes végétales (fougères); il appartient à la partie inférieure du lias.

tenant de petites paillettes de mica, et quelques noyaux argileux très-aplatés, entremêlés de petits galets de quartz blanchâtre ou noirâtre.

Marnes irisées du Mont-Saint-Étienne, près la Marche.

§ 20. En montant au Mont-Saint-Étienne, du côté du S.-O., on commence aussi par voir, dans des ravins, des marnes feuilletées, grisâtres ou verdâtres, qui se lient à la partie supérieure du muschelkalk, et qui sont l'équivalent des couches de marne verte que j'indiquerai plus loin à Rechainvilliers et à Hermingen, comme alternant avec les couches supérieures du muschelkalk. Ici, ces marnes contiennent un grand nombre de petites couches minces d'un calcaire cellulaire, cloisonné, à cassure esquilleuse, qui est l'équivalent du calcaire cellulaire cloisonné, très-commun, en différens lieux, dans les assises supérieures du muschelkalk. En montant dans les ravins, vers le Mont-Saint-Étienne, on ne tarde pas à voir paraître des couches de marne rouge au milieu de la marne verte; la couleur rouge finit même par dominer, et on voit alors dans ces marnes, qui sont encore un peu schisteuses, des amas de petits filons gypseux. Bientôt la disposition schisteuse des marnes disparaît, ou n'existe plus que dans des couches minces de marne noire, qui alternent avec les marnes d'un rouge lie de vin et d'un gris bleuâtre. Un peu plus haut, on trouve une petite couche d'un calcaire compacte gris, présentant l'aspect d'une brèche, à laquelle succède, presque immédiatement, une couche de 2 à 5 mètres d'épaisseur d'un calcaire compacte, d'un gris jaunâtre, à cassure esquilleuse, très-magnésifère, identique par sa nature et par sa position géologique avec celui que j'ai signalé au paragra-

phe précédent dans les marnes irisées du Mont-de-la-Justice et de divers autres lieux. Ces couches me paraissent aussi absolument identiques, sous le rapport de leur position géologique, avec celles dans lesquelles est ouvert le puits de la mine de sel gemme de Vic. Les couches comprises entre le muschelkalk et le calcaire compacte esquilleux, dont il vient d'être question, sont l'équivalent de celles que traversent à Vic les travaux d'exploitation et dans lesquelles se trouvent le gypse anhydre et le sel. Je ne connais ni sel gemme ni sources salées, dans la contrée qui nous occupe actuellement; mais il n'est peut-être pas inutile de remarquer qu'à environ une lieue au N.-E. on trouve sur le plateau de muschelkalk un point appelé *le haut de Salins*.

Si de la couche de calcaire compacte esquilleux gris jaunâtre on s'élève vers le sommet du Mont-Saint-Étienne, on retrouve les marnes irisées, présentant au plus haut degré les caractères distinctifs déjà cités, et contenant de petites couches de calcaire argileux, comme cela a lieu dans la partie supérieure de cette formation à Vic, à Salins; et à Lons-le-Saulnier. La partie la plus élevée des marnes irisées est verte, et renferme des couches subordonnées de grès quarzeux, qui se présente avec les caractères cités plus haut, et qui, en outre, contient de petites parties de marne verte disséminée. Le haut de la montagne est entièrement formé de ce même grès, dont certaines couches contiennent beaucoup de petits galets de quartz noirâtre, et dont quelques morceaux présentent des empreintes végétales (fougères); il appartient à la partie inférieure du lias.

Marnes irisées dans la colline au nord de Senaide.

§ 21. Le village de Senaide est bâti sur le plateau du muschelkalk, à trois quarts de lieue au N.-E. de Bourbonne-les-Bains. Au nord de ce village se trouve une colline formée par les marnes irisées et couronnée par le grès inférieur du lias. On peut y monter en suivant un ravin profond, creusé par les eaux au milieu des vignes, et qui montre toutes les couches à découvert.

Dans la partie inférieure de ce ravin, on voit les couches solides les plus élevées de la formation du muschelkalk, *K*, Pl. VI, *fig.* 3, composées d'un calcaire magnésifère, compacte, gris, un peu esquilleux, renfermant de petits points spathiques et présentant quelquefois un grand nombre de petites cavités irrégulières. En remontant le même ravin, on traverse d'abord une certaine épaisseur de marnes vertes schisteuses, dans lesquelles on voit paraître des veines rouges de plus en plus nombreuses et épaisses à mesure qu'on s'élève. A une certaine hauteur, on y observe de petites veines gypseuses, et on voit des couches qui sont toutes remplies de petits filons gypseux. Les veines rouges deviennent alors dominantes; elles sont entremêlées de veines de marnes noires très-schisteuses, qui sont accompagnées de petites couches ou de rognons d'un calcaire noir un peu sableux. Un peu plus haut, on trouve un gros rognon de gypse, *g*, par-dessus lequel se courbent des lits de marnes lie de vin et de marnes schisteuses verdâtres et noires, *v*, *v*. Plus haut, on ne trouve plus de marnes schisteuses verdâtres, et les marnes irisées prennent tout-à-fait leurs caractères ordinaires; elles contiennent de petites couches d'un calcaire grossier celluleux.

Arrivé vers le milieu de la hauteur de la col-

line, on voit la couche de calcaire compacte, esquilleux, jaunâtre, très-magnésifère, signalée plus haut, et, au-dessus, on ne trouve plus que des marnes irisées, 1, jusqu'à ce qu'on arrive au grès quarzeux, *n*, qui forme le sommet.

§ 22. Au S.-O. de *Bourbonne-les-Bains*, le muschelkalk constitue un plateau, *a*, *fig.* 4, Pl. VI, d'une certaine largeur, dont la surface est formée par les couches solides les plus élevées de cette formation, composées d'un calcaire compacte, gris, très-magnésifère, et est couverte d'une quantité de petites plaquettes ferrugineuses, restes des couches de marnes schisteuses qui forment la partie tout-à-fait supérieure du muschelkalk. La surface du muschelkalk est ici un peu ondulée, mais tout indique qu'avant d'être dégradée elle formait un plateau uni plongeant légèrement au Nord-Ouest.

En commençant à monter la côte *b*, on voit, dans un chemin creux et dans des ravins, les marnes schisteuses d'un gris jaunâtre et verdâtre de la partie supérieure du muschelkalk. Dans ces marnes, on voit paraître peu à peu des veines rouges, qui finissent par dominer entièrement et qui forment un passage aux marnes irisées. Un peu au-dessus du point où les marnes verdâtres feuilletées cessent entièrement, on trouve une petite couche d'un calcaire compacte, gris noirâtre, accompagnée de marnes noires feuilletées. Un peu plus haut, on voit une petite couche d'un grès rougeâtre, peu solide; et à un mètre au-dessus, des marnes noires et quelquefois un peu verdâtres, très-feuilletées. Plus haut encore, on trouve une autre petite couche de calcaire

Marne irisée des collines au Sud-Ouest de Bourbonne-les-Bains.

compacte, noirâtre : ces diverses couches subordonnées se trouvent dans les marnes bleuâtres et lie de vin, qui présentent déjà à-peu-près complètement les divers caractères des marnes irisées. En montant encore un peu, on trouve une petite carrière de gypse, ouverte sur un gros rognon de gypse blanc, rougeâtre et grisâtre, *g*, par-dessus lequel les couches se contournent avec une courbure très-brusque. Parmi ces couches contournées, on remarque une couche mince d'un grès bleuâtre, micacé, un peu terreux, et une autre couche, *v*, de marne schisteuse noire très-fissile. Un peu plus haut, on trouve dans les marnes irisées une couche d'un grès à grain fin et un peu terreux, d'un gris bleuâtre, un peu micacé; enfin, en montant encore de quelques mètres, on arrive à une couche *c*, de 2 à 3 mètres d'épaisseur, d'un calcaire compacte, esquilleux, jaunâtre, très-magnésifère, dont j'ai placé l'analyse dans le tableau du § 19, sous le n°. (2). Ce calcaire magnésifère fait partie de la couche signalée dans le § 19 comme se trouvant constamment vers le milieu de l'épaisseur des marnes irisées. Ici, comme sur les flancs du Mont-de-la-Justice, elle donne naissance à un petit plateau à l'extrémité duquel on recommence à monter sur les marnes irisées, qui présentent leurs caractères ordinaires et leur cassure conchoïde. En approchant du haut de la côte, on voit ces marnes irisées présenter diverses petites couches de calcaire argileux, puis passer à des marnes vertes, qui, abstraction faite de la couleur, ont tous les caractères des marnes irisées. Au-dessus de cette marne verte, on trouve une petite couche de

0<sup>m</sup>,06 de calcaire argileux blanchâtre, puis 0<sup>m</sup>,80 de marne verte schisteuse, au-dessus, 0<sup>m</sup>,05 de calcaire blanchâtre marneux, et enfin diverses alternatives de marne verte schisteuse avec de petites couches de grès, qui sont le commencement du grès quarzeux inférieur du lias, *N*, nommé souvent *quadersandstein*, qui constitue le sommet de la côte, mais qui n'y a qu'une faible épaisseur.

§ 23. Je viens de mentionner pour la quatrième fois la présence (un peu au-dessous de l'assise de calcaire compacte, esquilleux, jaunâtre, magnésifère, qui se montre constamment vers le milieu de l'épaisseur des marnes irisées) de marnes noires schisteuses, fréquemment accompagnées de quelques couches d'un grès peu dur, schistoïde, micacé, de couleur bigarrée de rouge et de gris bleuâtre, et présentant dans son aspect assez d'analogie avec certaines variétés du grès bigarré. Ces marnes noires ont souvent été prises pour un indice de houille et ont occasionné plus d'une fois des spéculations malheureuses et la perte de capitaux plus ou moins considérables.

Il résulte des renseignements qu'a bien voulu me communiquer M. Drouot, élève ingénieur des mines, qui a visité en 1826 la recherche de combustible établie à Noroy, arrondissement de Neufchâteau, département des Vosges, à 5 lieues S.-E. de Neufchâteau et à 7 lieues N.-N.-E. de Bourbonne-les-Bains, que la petite couche de combustible qui est l'objet de cette recherche est située de la même manière que les petites couches de marnes schisteuses noires dont je viens de parler.

Recherche de combustible fossile dans les marnes irisées à Noroy (Vosges).

On doit la découverte de cette couche à des affleuremens observés dans un ruisseau, près du village de Noroy, sur le penchant de la colline au pied de laquelle ce village est bâti; elle se trouve intercalée dans les marnes irisées, dont plusieurs couches, caractérisées par les couleurs bigarrées ordinaires à ces marnes, alternent avec des couches d'argile schisteuse noire, de grès micacé et de calcaire magnésifère.

Voici une coupe du terrain de Noroy, que je dois à la complaisance de M. Drouot, à qui elle avait été remise par M. Goirant, ancien élève de l'École des mineurs de Saint-Étienne, chargé de la direction des travaux de recherche.

*Coupe du terrain de Noroy, faite par un puits placé sur le penchant de la colline, et par un sondage pratiqué au fond de ce puits.*

	Calcaire compacte, rougeâtre . . . . .	3 mètr.
	Marnes irisées . . . . .	4 <sup>m</sup> .
	Grès effervescent . . . . .	2 <sup>m</sup> .
	Grès micacé schisteux . . . . .	1 <sup>m</sup> .
	Argile schisteuse bitumineuse . . . . .	0 <sup>m</sup> ,50
	Couche de combustible . . . . .	0 <sup>m</sup> ,40
PUITS.	Grès micacé . . . . .	2 <sup>m</sup> .
	Marnes irisées . . . . .	»
	Gypse . . . . .	8 <sup>m</sup> ,3
	Gypse imprégné de matres. charbonneuses . . . . .	2 <sup>m</sup> .
	Gypse . . . . .	6 <sup>m</sup> .
	Argile noircie par une matière charbonneuse . . . . .	6 <sup>m</sup> ,3
	Gypse . . . . .	5 <sup>m</sup> ,49
	Roche marneuse avec mélange de calcaire . . . . .	1 <sup>m</sup> ,50
	Gypse avec veines blanches . . . . .	4 <sup>m</sup> ,67
Sondage pratiqué au fond du puits.	Anhydrite . . . . .	0 <sup>m</sup> ,22
	Calcaire . . . . .	0 <sup>m</sup> ,50
	Anhydrite . . . . .	0 <sup>m</sup> ,36
	Calcaire . . . . .	0 <sup>m</sup> ,90
	Anhydrite . . . . .	1 <sup>m</sup> ,37

Le sommet de la colline, sur le penchant de laquelle la recherche est ouverte, est formé par une assise du grès quarzeux inférieur du lias, qui est couvert par un bois, comme cela a lieu assez souvent dans cette contrée.

Plus bas, se trouve un calcaire compacte, rougeâtre, à bandes diversement colorées, esquilleux, magnésifère, dont j'ai inséré l'analyse sous le n<sup>o</sup>. (3), dans le tableau § 19, et qui se rapporte à la couche de calcaire magnésifère, qui se trouve constamment vers le milieu de l'épaisseur des marnes irisées. Le puits de recherche traverse d'abord ce calcaire.

Les grès traversés par le puits de recherche, au-dessus et au-dessous de la couche de combustible, paraissent, d'après les échantillons rapportés par M. Drouot, ne pas différer sensiblement de ceux qui, comme je l'ai déjà dit plus haut, se trouvent, près de Bourbonne, dans la même position relative et accompagnés d'argile schisteuse noire. Les masses d'anhydrite traversées par le sondage rappellent naturellement celles qui, dans le puits de Vic, ont été traversées avant d'atteindre le sel gemme. Ce sondage, comme tous les travaux souterrains de Vic, se termine dans l'épaisseur de la formation des marnes irisées et au-dessus du niveau géologique du muschelkalk.

Le combustible fossile de Noroy présente des caractères minéralogiques en quelque sorte intermédiaires entre ceux de la houille et ceux du lignite; il est compacte, à cassure inégale, d'un noir sale et terne. Assez souvent on trouve dans la masse des veines et des noyaux de pyrites; il ne paraît pas susceptible des mêmes

usages que la véritable houille tirée du terrain houiller; il brûle difficilement, donne peu de flamme, et, loin de se coller, il se délite en morceaux et donne très-peu de chaleur, comme on peut en juger par les résultats des expériences suivantes, dont MM. Drouot et Vène, élèves-ingénieurs des mines, ont été témoins.

1°. A Noroy, on a mis dans une forge de maréchal des morceaux de ce combustible, choisis avec soin, et pour les faire brûler on a été forcé de charger les soufflets. Après une demi-heure d'insufflation, on est parvenu à faire adhérer ensemble deux barres de fer de 15 lignes de large sur 6 lignes d'épaisseur; mais jamais on n'a pu faire disparaître les traces de la soudure.

2°. A l'aciérie de Pont-du-Bois, chez M. Falatiou, on a rempli avec le combustible de Noroy un four à corroyer l'acier, qui avait été chauffé auparavant avec de la houille véritable; mais la chaleur du four a toujours été en diminuant, et on n'a pu parvenir à souder une trousse d'acier.

Sur les diverses couches du terrain de lias qu'on observe au-dessus des marnes irisées.

§ 24. En quittant *Bourbonne-les-Bains* par la grande route de Langres, on marche d'abord pendant une demi-lieue sur le plateau de muschelkalk *a*, fig. 5, Pl. VI, après quoi on monte une côte *b* formée par les marnes irisées, et présentant à son sommet le grès quarzeux de la partie inférieure du terrain de lias. Je crois inutile de donner la description détaillée de cette côte; elle rentrerait entièrement dans les précédentes. Arrivé à sa partie supérieure, on se trouve au niveau d'un second plateau *p*, dont la surface est presque entièrement formée par le calcaire à gryphées arquées (*lias bleu* des Anglais), qui consiste ici en un calcaire compacté, un peu argileux, bleu,

à cassure terreuse, renfermant un grand nombre de parties spathiques et souvent quelques points jaunes, et présentant un grand nombre de gryphées arquées et d'ammonites, des plagiostomes, des spirifers, etc.; il est peu épais dans cette contrée. Près d'Andilly, on trouve une vallée qui coupe toute l'épaisseur du calcaire à gryphées arquées et du quadersandstein, et dont le fond est creusé dans les couches supérieures des marnes irisées, qui présentent, ainsi que le quadersandstein, les mêmes caractères que dans les collines des environs de Bourbonne; seulement j'y ai remarqué, dans le quadersandstein, un banc coquillier contenant plusieurs espèces de bivalves.

Aux environs de Luxembourg, j'ai trouvé une pinne-marine et plusieurs autres bivalves, dans un grès analogue par ses caractères, et identique par sa position, avec celui dont je viens de parler. Il y est recouvert par le calcaire à gryphées arquées (*lias bleu*); mais au-dessous de ce grès, entre lui et les marnes irisées qui se trouvent plus bas, j'ai rencontré une assise d'un calcaire tout-à-fait analogue, par les caractères minéralogiques, au calcaire à gryphées arquées, et contenant une bivalve que je crois être un plagiostome. Cette circonstance m'a paru rattacher ce grès au terrain de lias plutôt qu'à celui des marnes irisées, malgré les passages et les alternances qui ont lieu entre les dernières couches de ces marnes et les premières du grès quarzeux dont il s'agit.

§ 25. En résumant ce qui précède, on voit que dans la contrée qui comprend *Plombières, Bains, la Marche* et *Bourbonne-les-Bains*, il y a parallélisme et dégradation continue de caractères dans la succession de couches qui rem-

Résumé des observations géologiques faites aux environs de Plombières, de Bourbonne-les-Bains et de la Marche.

plit l'intervalle compris entre l'assise la plus basse du grès bigarré et l'assise la plus élevée des marnes irisées; on serait par conséquent fondé à considérer toutes ces couches comme appartenant à une seule et même formation; mais je crois que ce serait donner au mot formation une extension nuisible. Il me paraît plus conforme au but de la géologie et à la nature des choses de considérer comme constituant une formation distincte le groupe des couches calcaires, présentant des caractères minéralogiques et zoologiques tranchés et constans, qui forme le milieu de cette série, et dès-lors d'en séparer comme deux formations différentes, d'une part le grès bigarré, qui comprend les couches inférieures de la même série, et de l'autre le groupe non moins important des marnes irisées, qui en comprend la partie supérieure.

Je crois en même temps qu'il y au moins autant de raisons pour séparer les marnes irisées du lias qui les recouvre, que pour les séparer du muschelkalk qui les supporte. Si dans ces contrées on regardait toutes les couches parallèles entre elles et liées par un passage insensible comme appartenant à une même formation, on serait obligé de ranger dans une seule et même formation toutes les couches comprises entre la première assise du grès bigarré et l'assise supérieure des calcaires oolithiques.

### ANALYSES de quelques poteries;

PAR M. P. BERTHIER.

Je distinguerai les poteries que j'ai examinées en trois sortes : 1°. les porcelaines, 2°. les poteries proprement dites, 3°. et les creusets.

Voici la composition de quatre espèces de porcelaines.

	Sèvres. (1)	Angleterre. (2)	Piémont. (3)	Tournay. (4)
Silice . . . .	0,596	0,770	0,600	0,753
Alumine . . .	0,350	0,086	0,090	0,082
Potasse . . . .	0,018	.....	.....	0,059
Soude . . . . .	.....	.....	.....	
Chaux . . . . .	0,024	0,012	0,016	0,100
Magnésie . . .	.....	0,070	0,152	.....
Eau . . . . .	0,008	0,056	0,136	0,006
	0,996	0,994	0,994	1,000

(1) Pâte de service de Sèvres, cuite au dégourdi; il entre dans cette pâte :

0,653 de kaolin de Limoges lavé;

0,105 de sable quarzeux de la butte d'Aumont;

0,052 de craie de Bougival;

0,210 de petit sable extrait du kaolin par le lavage; ce sable est un mélange de quartz et de feldspath.

On sait que la porcelaine de Sèvres est d'une excellente qualité, on n'en fait pas en Europe de plus réfractaire. Chauffée dans un creuset brasqué, à la plus haute température d'un bon fourneau d'essai, elle n'a rien perdu de son poids;

les morceaux n'ont pas changé de formes, ils se sont seulement un peu agglomérés entre eux et leurs angles se sont arrondis.

La couverte de cette porcelaine se fait avec une roche composée de quartz et de feldspath que l'on réduit en poudre très-fine : cette poudre a été trouvée composée de :

Silice. . . . .	0,730	} 0,982.
Alumine . . . . .	0,162	
Potasse. . . . .	0,084	
Eau. . . . .	0,006	

Elle se fond en un verre parfaitement transparent et incolore : la formule chimique de ce verre est à-peu-près  $KS^6 + 5 AS^4$ .

(2) Porcelaine de Worchester en Angleterre. La pâte a été prise dans les ateliers de moulage : elle est parfaitement blanche ; elle ne fait pas effervescence avec les acides, ce qui prouve que la chaux y est à l'état caustique ; traitée par l'acide muriatique, toute la chaux et la plus grande partie de la magnésie se dissolvent avec un peu d'alumine ; on n'y a pas trouvé d'alcali.

(3) Porcelaine du Piémont ; pâte desséchée. La base de cette porcelaine est la *magnésite* de Baldissero, à laquelle on mélange diverses substances qui ne me sont pas connues.

(4) Porcelaine tendre de Tournay : il entre dans sa composition de l'argile, de la craie et de la soude ; elle est recouverte d'un verre très-fusible et presque toujours ornée de dessins bleus très-nets. C'est la vaisselle la moins fragile que l'on puisse employer : aussi les restaurateurs en font-ils un grand usage ; mais elle est très-fusible.

La porcelaine n'est pas un composé particulier

défini et invariable. Toutes les poteries dont la pâte est blanche, le grain fin, qui ont été cuites jusqu'à éprouver un commencement de ramollissement, et qui prennent un certain degré de translucidité, sont des porcelaines, et l'on peut en composer de mille manières.

## Poteries.

	Nevers. (1)	Paris. (2)	Gergovia. (3)
Silice. . . . .	0,572	0,541	0,544
Alumine. . . . .	0,124	0,127	0,220
Chaux. . . . .	0,226	0,063	0,064
Oxide de fer. . . . .	0,066	0,070	0,098
Magnésie. . . . .	.....	0,024	0,038
Potasse. . . . .	.....	.....	.....
Eau. . . . .	.....	0,173	0,020
	0,988	0,998	0,984

(1) Faïence de Nevers : la pâte en est d'un rouge pâle ; elle se fait avec une marne qu'on trouve abondamment entre les assises du calcaire à gryphites, tout auprès de la ville. La couverte de cette faïence est un émail blanc, dans lequel il entre de l'étain et du plomb. La pâte, dont on a séparé l'émail avec soin, chauffée dans un creuset brasqué, à 150 degrés, se fond en un verre compacte, d'un gris de silex foncé et fortement translucide : sa composition est la même que celle des laitiers ordinaires des hauts-fourneaux.

(2) Pâte de la faïence brune fabriquée à Paris par M. Husson. Cette pâte se compose d'un mélange de plusieurs argiles, entre autres de celle que l'on exploite à Pantin. Le mélange, cuit,

est rouge; mais on lui donne une couverte brune, colorée par l'oxide de manganèse. Cette poterie a la propriété d'aller parfaitement au feu. Dans le tableau ci-dessus, on a compris avec l'eau une certaine quantité d'acide carbonique et d'acide sulfurique, qui sont combinés à la chaux.

(3) Poterie rouge imitant la poterie étrusque, trouvée dans les ruines de Gergovia auprès de Clermont (Puy-de-Dôme). Cette poterie est légère, solide, à grains très-fins et sans couverte.

Il y a sur le *causse* de Livernon, auprès de Figeac (département du Lot), une argile rouge, avec laquelle on a fait pendant quelque temps de la poterie fort jolie, et qui ressemblait beaucoup à celle de Gergovia: cette argile est composée de

Silice . . . . .	0,490	} 0,992.
Alumine . . . . .	0,240	
Oxide de fer . . . . .	0,062	
Chaux . . . . .	0,020	
Eau et acid. carb. . . . .	0,180	

On reprochait à cette poterie de n'avoir pas toute la solidité désirable; il est probable que l'on pourrait obvier à cet inconvénient en ajoutant un peu de chaux à la pâte.

J'ai décrit le gisement d'un banc puissant d'argile plastique qui existe à Saint Amand (département de la Nièvre) et dans les environs (*Ann. des Mines*, t. VIII, p. 356). Ce banc est fort étendu; on le retrouve auprès de Saint-Sauveur et ailleurs: il donne lieu à des exploitations assez importantes; l'argile qu'il fournit alimente un grand nombre de poteries qui sont établies principalement auprès de Saint-Amand et de Saint-Sauveur, et qui font la richesse du pays.

La poterie qu'on y fabrique est de l'espèce dite

*cuite en grès*: elle est très-dure et très-solide. Toute celle qui se fait à Saint-Amand est transportée à Neuvy par voiture, et de là on la débite le long de la Loire jusqu'à Nantes et dans le pays qui traverse le canal du Loing, et même jusqu'à Paris. Celle qui se fabrique près de Saint-Sauveur se vend à Auxerre et sur le cours de l'Yonne. Il n'entre rien autre chose dans la composition de cette poterie que de l'argile, dont les parties constituantes essentielles sont la silice et l'alumine; mais comme cette argile est toujours plus ou moins mouchetée d'ocre jaune, il s'y trouve aussi un peu d'oxide de fer.

Il y a des pièces que l'on cuit sans couverte; mais il y en a d'autres, comme les *pots à vaches*, etc., que l'on enduit intérieurement d'un vernis: ce vernis est très-solide et salubre; il se compose d'un mélange de scories de forges, de calcaire, de sable et d'argile; il est vitreux, transparent et d'un brun foncé: j'en ai recueilli une certaine quantité au fond de quelques pots, où il s'était accumulé, et j'y ai trouvé, par l'analyse,

Silice . . . . .	0,558	} 1,000.
Alumine . . . . .	0,070	
Chaux . . . . .	0,208	
Magnésie . . . . .	0,010	
Oxide de fer . . . . .	0,124	
Ox. de mangan. . . . .	0,030	

C'est à-peu-près la composition d'un laitier de haut-fourneau un peu chargé de fer.

Chaque poterie occupe une famille: les fours ont la forme d'une voûte oblique (V. Pl. VII, fig. 1, 2, 3 et 4); on les chauffe avec des bourrées qui proviennent de taillis de 12 ans, dont on enlève

du bois de corde et les pièces propres à faire du cercle. On y fait, terme moyen, 12 à 15 cuites par année : chaque cuite dure huit jours, pour charger, chauffer et laisser refroidir, et consomme 2 milliers de bourrées. Le produit est de 14 à 16 voitures de marchandise : on peut compter sur 200 voitures par an, qui, à 30 francs, représentent une somme de 6000 francs. Comme il y a 22 poteries autour de Saint-Amand, le produit brut total doit être de 130,000 francs au moins : si l'on joint à cette somme celle qui provient de la vente de l'ocre et du fer que l'on travaille dans quelques martinets, on trouve que l'industrie minérale fournit à la population de ce canton une recette d'environ 200,000 f. par an : aussi la petite ville de Saint-Amand, quoique entourée d'un sol peu fertile, offre-t-elle un air d'aisance et de propreté qui surprend le voyageur. On compte 7 à 8 poteries auprès de Saint-Sauveur.

*Creusets et briques.*

	Hesse. (1)	Paris. (2)	Angle- terre. (3)	Saint Étienne. (4)	Ne- mours. (5)	Bohé- me. (6)	Le Creu- sot. (7)
Silice . . . .	0,709	0,646	0,637	0,652	0,674	0,680	0,680
Alumine . . .	0,248	0,344	0,207	0,250	0,320	0,290	0,280
Oxid. de fer.	0,038	0,010	0,040	0,072	0,008	0,022	0,020
Magnésie . .	trace.	. . . .	. . . .	trace.	trace.	0,005	trace.
Eau . . . . .	. . . .	. . . .	0,103	. . . .	. . . .	. . . .	0,010
	0,995	1,000	0,987	0,974	1,002	0,997	0,990

(1) Creusets de Hesse. Ces creusets sont fabriqués avec une argile très-riche en alumine, à laquelle on mêle beaucoup de sable quarzeux ; ils

sont réfractaires et supportent sans se fêler les changemens de température les plus brusques ; mais ils ne peuvent pas contenir la litharge fondue pendant long-temps, et pour beaucoup d'usages on trouve que leur grain est trop grossier.

(2) Creusets de Paris de la fabrique de Beaufaye. Ces creusets sont excellens : on n'en emploie pas d'autres au laboratoire de l'École des Mines depuis que la fabrique est établie, c'est-à-dire depuis sept à huit ans ; ils sont plus réfractaires que ceux de Hesse ; ils supportent tout aussi bien les alternatives du chaud et du froid sans se casser, et ils contiennent la litharge en fusion pendant beaucoup plus de temps : ils sont faits avec de l'argile d'Andennes, près Namur, en partie cuite et grossièrement pilée, et en partie crue, sans mélange de sable ; et pour que leur surface soit bien unie et lisse, on les enduit d'une couche mince d'argile crue, toute pure. On fait avec la même pâte des scorificatoires et des têts à rôtir qui sont très-bons. Cette fabrique est d'autant plus commode que Beaufaye fournit tout ce qu'on lui demande, d'après les modèles qu'on lui remet, et que comme il est très-versé dans son état il sait varier à propos les proportions relatives de l'argile cuite et de l'argile crue.

(5) Fragment d'un creuset non cuit préparé en Angleterre pour une fabrique d'acier fondu.

(4) Pâte dont on fait les creusets dans la fabrique d'acier fondu de la Berardière près Saint-Étienne.

(5) Creusets de la verrerie de Bagneaux, près Nemours (Seine-et-Marne). Le morceau analysé provenait d'un creuset qui avait servi et dont

on a séparé le verre adhérent avec le plus grand soin : il était excessivement dur, d'un gris clair et rempli d'une infinité de petites cavités bulleuses, ce qui annonce un commencement de ramollissement ; il avait été fabriqué avec de l'argile de Forges (Seine-Inférieure).

(6) Creuset d'une verrerie de Bohême. Ce creuset avait servi, et on en a détaché le verre adhérent avec le plus grand soin. La pâte est d'un gris clair, un peu bulleuse, très-dure, et l'on y distingue une multitude de petits grains très blancs; ce qui prouve que pour fabriquer ces creusets on emploie un mélange de plusieurs terres.

(7) Briques dont on se sert pour construire le creuset des hauts-fourneaux du Creusot : elles sont faites avec un mélange d'argile crue et d'argile cuite venant des environs de Perrecy et du Montet.

### *Sur les Stuckofens du Henneberg (dans la Thuringe).*

(EXTRAIT (1).)

Ces sortes de fourneaux, et le procédé qui se rapporte aux stuckofens, ne sont plus en usage que dans cette partie de l'Allemagne, et encore les mêmes appareils sont-ils employés pour fondre complètement le minéral, c'est-à-dire comme flussofen. Les forges du Henneberg jouissent d'une réputation méritée, en raison de la qualité de leurs produits, et elles sont d'ailleurs fort intéressantes sous le point de vue technologique.

Si l'on convertit souvent le stuckofen en flussofen, et cela par le seul changement de disposition de la poitrine du fourneau, c'est que les produits obtenus par le premier de ces procédés ne sont pas toujours assez abondans ; à défaut de masses de stuckofen (qu'on appelle *gusstucke*), on cherche à affiner de la fonte de fer, et le stuckofen devient ainsi de moins en moins employé.

Dans ces forges, comme presque par-tout, c'est la nature de la fonte obtenue des fourneaux qui a déterminé l'espèce de procédé d'affinage le plus en usage, celui connu sous le nom de *loesfeuer arbeit* (2) demande une fonte qui s'affine rapidement ou bien une fonte qui a déjà éprouvé une préparation, telle qu'une première fusion dans un foyer, et alors opérant sur une petite loupe, on pratique ce qu'on appelle *frisch vogel*.

(1) *Archives de M. Karsten*, tome 8, p. 239.

(2) Voyez le *Manuel de la métallurgie du fer* de M. Karsten, tome 2, § 970, p. 374 de la traduction.

Le fer obtenu du stuckofen (*guss stuck*) convient très-bien à ce dernier procédé, parce qu'il retient peu de carbone, et quoiqu'il se brise sous le marteau, avec lequel on essaie de le forger, il est cependant déjà en partie malléable. Lorsqu'on n'a pas de masse de stuckofen (*guss stuck*), on prépare quelque chose de semblable avec de la fonte ordinaire obtenue des flussofens, mais que l'on a levée en *disques* ou plaques minces; on les traite d'abord dans un foyer brasqué et avec des matières propres à commencer l'affinage, telles que les battitures, les scories douces (*schwahl*), et on en forme ce qu'on appelle *frisch stuck*, une *masse d'affinage*.

Les foyers dits *loescheeuer* sont très-grands, très-larges, et simplement renfermés par de vieilles enclumes ou de vieux marteaux; le creuset proprement dit est formé dans de la brasque de charbon. Lorsqu'on commence une opération au premier jour de la semaine, on s'arrange pour que la *sorne* (*schwahl*), ou le laitier qui est demeuré au fond du creuset après qu'on a sorti la loupe, soit refondu à l'extrémité d'une tenaille.

Cette *sorne* provient uniquement du forgeage des lopins, parce que, dans le procédé d'affinage indiqué, le chauffage pour étirer et la fusion des disques de fonte forment deux opérations distinctes: c'est pour cela que cette sorne n'est que du fer presque métallique, mêlé seulement avec du sous-silicate d'oxidule de fer ou de ce qu'on appelle scories douces (*gaar-schlacke*), qui, dans le Henneberg, prennent le nom de *lech*. Lorsqu'on termine une période de travail, on enlève cette sorne, et l'on en sépare les scories en la frappant avec un marteau, afin d'évaluer la quan-

tité de fer qu'elle contient; c'est avec cette masse ainsi nettoyée que l'on recommence la première loupe; en reprenant le travail de la forge; on laisse les sornes de la première et de la seconde loupe; on conduit d'ailleurs l'opération comme à l'ordinaire et l'on affine les masses de stuckofen (*guss stuck*). Pour cela, lorsque la sorne est en fusion, on fait fondre lentement, en le soutenant avec des tenailles, un morceau de métal provenant du stuckofen et pesant de 45 à 50 livres, et cela étant terminé, on fait fondre des *blottes* ou plaques de fonte provenant du flussofen; on les tient, à l'aide de tenailles, du côté du contre-vent, et on les rapproche les unes après les autres de la tuyère. La fusion s'opère ainsi au-dessus du vent, qui est dirigé presque horizontalement, la tuyère n'ayant qu'une inclinaison à peine sensible. La fusion de la fonte, soutenue par la dernière tenaille, étant terminée, on accélère encore le mouvement des soufflets; il se fait une sorte de bouillonnement, et l'affinage est achevé: alors on retire la loupe pour la cingler. On doit remarquer que les scories n'ont point été enlevées ni écoulées pendant l'opération, attendu que le foyer est fermé de tous côtés. Ces scories appelées *lech*, et qui sont très-propres à accélérer l'affinage du fer (*gaare frischschlacke*), offrent encore un sous-silicate; on les a trouvées composées ainsi qu'il suit:

Silice . . . . .	7,213
Oxidule de fer . . . . .	75,930
Argile . . . . .	1,741
Oxidule de manganèse . . . . .	11,343
Chaux . . . . .	0,280
Potasse . . . . .	0,786
	<hr/>
	98,536

Dans ce procédé d'affinage, il ne se forme pas de scories crues (*rohe frischschlacke*), c'est-à-dire de silicate d'oxide de fer, parce que le séjour que font les matières dans le creuset donne aux terres la facilité de se sursaturer d'oxide de fer.

Les scories que l'on enlève après l'opération et lorsqu'elles sont refroidies, sont concassées : une partie (les plus gros morceaux) est employée dans le stuckofen comme minéral, et l'autre est passée au flussofen.

Pendant qu'on enlève les scories (*lech*), et que l'on nettoie le foyer, on partage la loupe en deux ; on remet ensuite ces portions de loupe au feu pour les forger. Le forgeage dure trois heures, et la fusion avec l'affinage des produits de stuckofen et des blettes exige deux heures.

On fait des loupes de 2 à 2 quintaux et demi de Berlin (1) : la consommation en charbon n'est pas connue avec exactitude ; on l'évalue à 32 pieds cubes du Rhin, pesant 100 livres de Berlin. Le déchet sur la fonte est extrêmement considérable et va jusqu'à 33 pour 100, puisque de 100 parties de masse de stuckofen et de plaques de fonte on n'obtient que 67 de fer en barres ; mais on ne tient pas compte du métal contenu dans les scories, et que l'on en retire en les repassant au stuckofen ou au flussofen.

L'espèce de fonte que l'on obtient des fourneaux dans le Henneberg est intermédiaire entre la fonte grise et la fonte poreuse (*luckigen*), dite fonte tendre, à Vordernberg, en Styrie.

Il paraît qu'il y avait, dès le treizième siècle, des forges dans le Henneberg, et que le procédé consistait à traiter du fer oligiste et du fer oxide rouge dans des foyers d'affinerie (*zerrenfeuer*) ;

(1) Le quintal de Berlin équivaut à 53 kilogr.

vers la fin du quatorzième, on commença à employer les stuckofens, qui étaient déjà en usage dans les contrées voisines. Les avantages de ces fourneaux sur les foyers d'affinerie (*luppenfeuer*) étaient si palpables, que la suppression des autres fut complète. On commença d'abord par ne préparer que des masses solides propres à être converties en fer par un affinage facile, et pour cela on faisait une suite d'opérations séparées, laissant le fourneau se refroidir pendant la sortie de chaque masse. Quelque temps après, en chargeant une moindre quantité de minéral sur le même volume de combustible, on obtint le fer à l'état liquide, et par là le procédé du stuckofen se trouva passer à celui du flussofen.

Les minerais que l'on traite dans les forges du Henneberg ne diffèrent point par leur composition de ceux du Stahlberg et de Mommel, qui alimentent les usines de Schmalcalden ; ils montrent aussi la plus grande analogie avec ceux appelés *braunerz* (fers spathiques bruns ou décomposés) d'Eisenartz en Styrie et de Huttenberg en Carinthie : il ne paraît pas cependant que les proportions des élémens soient constantes, et on pouvait le présumer d'après les variations que l'on observe dans leur couleur.

Les résultats des analyses de Buchholz en donnent la preuve :

	Braunerz d'Eisenartz en Styrie.	Braunerz de Huttenberg en Carinthie.	Braunerz de Schmalcal- den.
Oxide de fer. . . . .	78,50	— 77,54	— 73,75
Oxide de manganèse. . .	1,95	— 2,70	— 10,50
Carbonate de magnésie. .	4,50	— 1,25	— »
Carbonate de chaux. . . .	5,08	— 0,45	— 2,75
Silice. . . . .	0,85	— 3,55	— »
Eau. . . . .	9,12	— 14,51	— 13,00

Ces minerais sont donc des hydrates, dans les-

quels l'eau contient en oxigène un tiers (à Eisenartz), une demie (à Huttenberg et Schmalcalden) de celui des bases. La proportion de manganèse (dans le minéral de la Thuringe, du moins dans l'échantillon analysé par Buchholz, est beaucoup plus grande que dans ceux de Styrie et de Carinthie. La silice ne doit point être considérée comme un élément accidentel dans ces deux derniers minerais, mais bien comme un composant essentiel, ainsi que cela est démontré par l'état gélatineux dans lequel l'analyse la présente. Le braunerz de Thuringe a encore avec celui de Carinthie cette analogie, qu'il est accompagné comme celui-ci de spath pesant.

Outre le braunerz de Kamsdorf et de Schmalcalden (nommé ici *hessenstein*), et le fer spathique qui se trouve avec le premier, on fond aussi des minerais du Henneberg, qui sont sur le porphyre et le grunstein, et consistent en fer oxidé rouge, fer oxidulé et fer oligiste; la gangue est le fer spathique ou le spath-fluor; on trouve aussi une sorte de minéral appelée *granaterze* ou *granat eisenstein*, qui a la même composition que le grenat, mais qui, étant peu riche en fer (1), n'est guère employée dans certaines forges que comme un fondant, qui apporte cependant un peu de métal. Le spath-fluor est aussi employé comme castine lorsqu'on juge à propos d'augmenter la fusibilité du minéral; enfin, on fait encore quelque usage, comme fondant, d'une espèce de minéral noir (*schwartz eisenstein*). Ces

(1) Silice . . . . .	37,4
Oxide de fer . . . . .	26,9
Chaux . . . . .	53,2
Oxidule de manganèse . . . . .	2,5

100,0

minerais, avant d'être passés au fourneau, sont bocardés et faiblement grillés.

Les flussofens ou bluofens ont été bien décrits par Quantz, dans l'écrit qu'il a publié à Nurnberg en 1799; il suffira donc d'indiquer ici quelques particularités relatives aux fourneaux du Henneberg. Leur hauteur varie entre 18 et 21 pieds du Rhin (1); la forme de leur intérieur résulte de l'assemblage de deux cônes tronqués, quelquefois séparés par une partie cylindrique; la largeur au ventre est ordinairement de 4 pieds; à la hauteur de la tuyère, de 14 à 28 pouces; et à l'orifice du gueulard, de 20 à 22 pouces: ces dimensions dépendent de la hauteur du fourneau; le cône supérieur a toujours une plus grande hauteur que l'inférieur. Pour les fourneaux de 21 pieds, elle est de 9 ou 10 pieds, et moindre dans le tronc de cône inférieur, suivant la hauteur du creuset. Quant à la portion cylindrique qui sépare les deux cônes et forme le ventre du fourneau, en réunissant les deux grandes bases du cône, sa hauteur ne doit pas surpasser 24 ou 28 pouces. La chemise est faite en grès; il y a une embrasure pour la tuyère et une autre pour le travail (la conduite) du fourneau. La partie formant l'ouvrage et le creuset est entièrement cylindrique, dans le cas où le creuset n'est pas complètement fermé, c'est-à-dire lorsqu'on laisse une espèce de fente verticale de 3 pouces de large, qui, étant ensuite bouchée avec de l'argile, permet cependant de faire une percée pour l'écoulement des laitiers et de la fonte.

La tuyère en cuivre s'avance dans le creuset d'environ 3 pouces, et on la maintient recouverte d'argile pour la préserver de la fusion; elle

(1) Pied du Rhin = 0<sup>m</sup>,31.

est placée à 12 ou 13 pouces au-dessus de la pierre desole et presque horizontalement, ayant cependant une très-faible inclinaison vers la face de devant.

On ne fait dans ces fourneaux que de petites charges ; pour le charbon, seulement 4 ou 5 pieds cubes : aussi charge-t-on quatre fois par heure. Le minéral est amassé pour quatre ou six charges, autour du gueulard et sur des plaques de fer, où il se sèche et s'échauffe avant d'être jeté dans le fourneau. Ce n'est que fort rarement, et dans quelques circonstances particulières où l'allure du fourneau est irrégulière, que l'on perce pour faire couler les laitiers. Ordinairement on perce pour faire sortir en même temps la fonte et le laitier ; ces matières se rendent dans un creux formé sous la voûte de la tympe, et l'on enlève les laitiers après les avoir refroidis avec de l'eau jetée à leur surface.

Après chaque coulée, on nettoie l'ouvrage par l'ouverture de percée ; on proportionne les charges, de manière que la fonte produite soit de l'espèce dite *blumige flosse* ; on évite de former de celle dite *luckige flosse*, qui est blanche et poreuse, et on n'a jamais de celle appelée *spiegel flosse* (fonte grise miroitante), parce qu'il est difficile de les convertir en fer par le procédé d'affinage que l'on pratique : cette dernière espèce de fonte est réputée ne convenir que pour l'acier.

Ce même fourneau est employé comme stuckofen et pour obtenir une masse de fer presque ductile ; on se contente de faire quelques changemens dans la partie antérieure ou poitrine. La paroi du creuset qui se trouve au-dessous de la tuyère n'est plus formée par une pierre de grès, mais par une enclume en fer ou une grosse

masse de ce métal, parce qu'une paroi de pierre serait trop promptement dégradée lors de la sortie de la pièce. La partie antérieure où doit se trouver une ouverture est soutenue à la hauteur de la tuyère par un prisme de fer ou espèce de tympe qui assure la solidité de toute cette partie du fourneau ; ce qui est au-dessous, l'espèce de porte par laquelle on sort la masse, est ensuite fermé pendant la fonte par des briques ou des plaques de laitier, avec lesquelles on bâtit une sorte de muraille, ayant soin de remplir les vides avec de l'argile. On peut, par ce moyen, ouvrir et fermer promptement l'ouverture dont nous avons parlé, et cette fermeture n'a pas besoin d'une plus grande solidité que celle qu'on lui donne, parce qu'il ne se trouve jamais dans le creuset une grande masse de matières liquides pressant contre la poitrine.

Lorsqu'on travaille au stuckofen, la tuyère ne doit s'avancer que le moins possible dans l'intérieur du fourneau, de crainte qu'on ne la déplace en retirant la masse. Les laitiers coulent continuellement pendant la fonte, et pour cela, lorsque l'ouverture d'écoulement se trouve bouchée par le fer, dont le volume s'accroît successivement, on en forme une autre à mesure du besoin.

La très-grande partie des matières chargées dans cette opération consiste en scories riches d'affinage, battitures, résidus (*lech*), etc. Lorsqu'on y joint du minéral de fer, c'est ordinairement du fer oxidé rouge, dont la proportion ne s'élève jamais au quart du mélange à fondre.

Les premières charges sont à-peu-près doubles de celles que l'on passe dans la fonte au flussofen ; ensuite les charges sont alternativement très-fortes et comme celles du flussofen. En com-

mençant une opération, et après qu'on a retiré le fer de la précédente, on nettoie le fourneau, sur-tout du côté de la tuyère. Les laitiers coulent continuellement; ils ont l'apparence de *scories crues d'affinage* (1), dont leur composition les rapproche beaucoup.

J'ai trouvé :

Silice. . . . .	29,1
Alumine. . . . .	4,3
Chaux. . . . .	2,6
Magnésie. . . . .	9,2
Oxidule de fer. . . . .	51,7
Oxid. de manganèse. . . . .	2,9
Potasse. . . . .	trace.

99,8.

Les laitiers de stuckofen offrent les propor-

(1) Des *scories crues* (*rohe frischlacke*), provenant de l'affinage par la méthode allemande, de fonte grise obtenue avec du coke et des minerais ocreux et spathiques, ont offert la composition suivante :

Silice. . . . .	28,0
Alumine. . . . .	0,2
Chaux. . . . .	0,9
Magnésie. . . . .	2,4
Oxid. de manganèse. . . . .	6,7
Oxidule de fer. . . . .	61,2
Potasse. . . . .	trace.

99,4.

Des *scories douces* (*gaare schlacke*), prises avant la fin de l'affinage de la loupe, et dont on avait séparé les scories crues qui pouvaient y adhérer, ont été trouvées composées ainsi qu'il suit :

Silice. . . . .	11,10
Argile. . . . .	0,09
Chaux. . . . .	0,13
Magnésie. . . . .	1,05
Oxid. de manganèse. . . . .	2,80
Oxidule de fer. . . . .	84,30
Potasse. . . . .	trace.

99,47.

tions presque exactes d'un silicate, et il semble que l'on en peut conclure avec justesse qu'à la température qui a lieu dans ce fourneau, la réduction des scories riches (*hammerlech*) n'est pas complète, et que tout se borne au changement d'un sous-silicate en un silicate. Si l'on offrait à la silice une autre base, telle que la chaux, il est vraisemblable que le produit en fer serait encore moindre, parce que le silicate de chaux étant beaucoup plus difficile à fondre que celui d'oxide de fer, le but qu'on se serait efforcé d'atteindre serait manqué, et l'on aurait peut-être produit un effet tout contraire; mais l'addition d'un minéral manganésifère pourrait augmenter le produit en fer, puisque le silicate d'oxidule de manganèse est encore plus fusible que celui d'oxidule de fer, et, par cette raison, il se formerait de préférence. Dans les opérations métallurgiques, les températures différentes déterminent des combinaisons différentes pour les laitiers et influent aussi sur les quantités et l'espèce de métaux qui seront réduits; ce résultat d'expériences n'est point en contradiction avec ce principe, qu'un mélange mal assorti, et qui serait en opposition avec les lois des proportions chimiques, ne produit pas autant de métal qu'un meilleur; mais un tel mélange peut cependant donner des résultats bien différens suivant la température du fourneau; de même qu'un bon mélange peut donner de mauvais résultats faute d'une température suffisamment élevée, de même un très-haut degré de chaleur peut faire obtenir des produits très-satisfaisans d'un mélange mal proportionné.

La question est de savoir si l'on peut retirer le fer de ses minerais aussi complètement par l'emploi

des foyers (*luppenfeuer*) ou des stuckofens qu'on les fondant dans les flussofens ou les hauts-fourneaux, qui donnent le fer à l'état liquide : cette question peut être résolue par la théorie, puisque l'on voit, par l'analyse des scories, que la plus grande partie de l'oxide qui était contenu dans le minéral est passée dans ce produit du stuckofen. Les matières terreuses avec lesquelles l'oxide de fer se trouve mêlé ou combiné en retiennent la quantité nécessaire pour former des laitiers fusibles ; ce qui dépend de leur nature en même temps que de la température du fourneau : c'est donc seulement à la formation des laitiers, qui est réduit ; enfin, le degré de température et la durée de l'opération décident si le produit en fer sera à l'état d'acier ou bien à l'état de fonte de fer. Lorsque, dans la fabrication, il y a un excès d'acide (silice), c'est une raison pour que beaucoup d'oxide de fer soit retenu dans les laitiers ; mais on doit chercher à saturer cet excès par une autre base, et c'est le but qu'on se propose en ajoutant aux minerais des castines et autres fondans. Cependant, si les minerais ne contiennent que des bases, c'est-à-dire s'ils étaient sans silice, il faudrait en ajouter dans une certaine proportion, afin de déterminer la réduction de l'oxide de fer. Les divers silicates diffèrent beaucoup entre eux sous le rapport de la fusibilité ; ceux qui sont à base terreuse sont bien moins fusibles que le silicate d'oxide de fer, et celui-ci moins que le silicate de manganèse ; lorsque la température n'est pas suffisamment élevée, le mélange le mieux proportionné n'empêche point qu'il ne se forme du silicate d'oxide de fer, parce que les autres bases terreuses ne peuvent

alors le décomposer ; mais en élevant la température jusqu'au point où le changement de base peut s'opérer, ce n'est plus du fer à l'état d'acier que l'on obtient, mais de la fonte de fer : c'est là ce qui explique pourquoi le produit d'un minéral est beaucoup plus considérable lorsqu'on forme de la fonte à une température très-élevée, que dans le cas où, opérant avec une faible chaleur, on n'a qu'un fer aciérin. Les mêmes considérations conduisent aussi à penser que l'on pourrait obtenir tout le fer des minerais, et cependant à cette température peu élevée qui ne produit pas la fonte de fer, en présentant à la silice une base qui forme un silicate plus fusible que celui d'oxide de fer ; l'oxidule de manganèse remplirait peut-être toutes les conditions à cet égard, et en ajouter une certaine quantité aux minerais serait, sans doute, le meilleur moyen d'augmenter leur produit lorsqu'on se propose d'en obtenir, à une basse température, un fer aciérin.

Dans le travail du stuckofen, on laisse couler les laitiers continuellement pendant que le creuset se remplit de fer, et cela dure jusqu'à ce qu'il n'y ait plus moyen d'élever l'orifice d'écoulement : alors on s'occupe de sortir la masse de fer ; on bouche le trou de la tuyère ; on débatit la poitrine jusqu'au bas, afin de bien faire couler les laitiers et nettoyer avec le ringard les parois du creuset ; enfin, on entraîne la masse de fer, que l'on a saisie avec des tenailles attachées à une chaîne, laquelle est fixée et s'enroule sur l'arbre de la roue hydraulique des soufflets. On partage cette masse en un certain nombre de parties, chacune du poids de 45 ou 50 livres.

La nature du fer ainsi obtenu (de la masse) n'est pas toujours la même ; on distingue les

masses (*gussen*) qui proviennent d'une allure chaude de celles qui proviennent d'une allure froide, et, comme on dit, plus convenable pour l'affinage (*frische gange*); les premières se rapprochent davantage de la fonte et sont sujettes à se briser sous le marteau sans s'allonger. On préfère donc les autres, et l'on dirige les charges de manière à les obtenir plus malléables, quoique d'ailleurs elles exigent toujours un affinage ultérieur.

Avant de retirer la masse, on attend ordinairement que les deux dernières charges en charbon soient descendues jusqu'à la tuyère, ce qui contribue à réunir tout le fer dans le creuset. Dans l'origine, on vidait entièrement le fourneau à chaque masse que l'on retirait, et l'on était obligé de le remplir de charbon à chaque fois; mais on a abandonné cette méthode, et maintenant on obtient des masses (*gussen*) sans interruption pendant plusieurs semaines, en facilitant l'opération au moyen de deux charges en charbon seul, et qui forment une séparation entre la masse que l'on va retirer et la nouvelle qui doit se former. Aussitôt que la masse est sortie et le creuset nettoyé, on reconstruit le petit mur qui ferme la poitrine; cela fait, on débouche la tuyère et l'on donne le vent: pendant le travail, la tuyère est toujours très-obscurcie, et l'on a besoin de la dégager fréquemment; la fonte s'opère avec un vent faible et lent.

Ordinairement on a besoin de faire seize à vingt charges pour former une masse pesant de 5 à 8 quintaux, et qui est enlevée au bout de 5 ou 6 heures.

## RECHERCHES CHIMIQUES

### *Sur les diverses formations calcaires de la Souabe;*

PAR M. C. G. GMELIN.

(*Naturwissenschaftlich abhandlungen* 1827.)

EXTRAIT.

LES formations calcaires de la Souabe, rangées d'après leur âge relatif, sont 1<sup>o</sup>. la formation calcaire superposée au grès rouge ancien de la Forêt-Noire; elle se rapporte probablement au muschelkalk;

2<sup>o</sup>. La marne qui se trouve dans le grès superposé au muschelkalk, et particulièrement dans ses couches inférieures: on lui a donné, dans ces derniers temps, le nom de marne bigarrée ou de *Keuper*: on la croit de formation plus nouvelle que le grès bigarré du nord de l'Allemagne;

3<sup>o</sup>. Le calcaire à gryphites superposé au grès du Keuper;

4<sup>o</sup>. Le calcaire du Jura;

5<sup>o</sup>. Le grès marneux de la Souabe supérieure;

6<sup>o</sup>. Le calcaire d'eau douce;

7<sup>o</sup>. Le tuf calcaire.

1<sup>o</sup>. La formation du muschelkalk est la plus importante de toutes les formations du Wurtemberg, à cause des riches couches de sel gemme qu'elle renferme. Formation du muschelkalk.

Le tableau suivant donne la composition de quatre calcaires de Tubingue et de deux calcaires de Nagold.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Carbon. de chaux.	0,8597	0,5931	0,5798	0,5383	0,4653	0,7704
— de magnésie...	0,1020	0,3596	0,3703	0,4020	0,3817	0,1671
— de fer. . . . .	0,0058	0,0109	0,0164	0,0238	0,0146	0,0047
Argile. . . . .	0,0264	.....	.....	.....	0,1357	0,0500
Bitume, sable, etc.	.....	0,0112	0,0110	0,0100	.....	.....
Oxid. de mangan..	.....	trace..	trace..	.....	trace..	trace..
Eau. . . . .	0,0061	0,0062	0,0194	0,0040	.....	.....
	1,0000	0,9810	0,9969	0,9781	0,9973	0,9922

Près de Tubingue, entre Rotenburg et Niedernan, sur la rive droite du Necker, on voit une coupe du muschelkalk qui présente des couches de nature très différente.

(1) Calcaire de la partie inférieure : gris bleuâtre très-schisteux ; pesanteur spécifique, 2,734 : très-phosphorescent.

(2) (3) Couches moyennes (rauhwake) ; pesanteur spécifique, 2,795 à 2,801.

(4) Couche supérieure ; d'un blanc grisâtre, très-compacte, renfermant un grand nombre de petites cavités tapissées d'une substance farineuse, et quelquefois de petits cristaux rhomboédriques. Les pétrifications n'y sont pas rares. Pesanteur spécifique, 2,828. Cette roche est une véritable dolomie compacte, composée d'un at. de carbonate de chaux et d'un at. de carbonate de magnésie. Dans les couches moyennes, il y a 4 at. de carbonate de chaux pour 5 at. de carbonate de magnésie. Nous verrons qu'on retrouve ce composé dans un grand nombre de lieux ; on ne peut donc pas le considérer comme un mélange de calcaire pur et de dolomie.

Près de Nagold, on voit le muschelkalk repo-

sant immédiatement sur le grès de la Forêt-Noire.

(5) Couche en contact avec ce grès : gris brunâtre, à cassure compacte, esquilleuse ; on y trouve du cuivre azuré disséminé ; pesanteur spécifique, 2,812 : c'est de la dolomie argileuse.

(6) Couches supérieures : calcaire jaune brunâtre clair, à cassure conchoïde aplatie, exhale l'odeur argileuse sous l'haleine ; pes. spéc., 2,711. Dans ce calcaire, le carbonate de magnésie est disséminé irrégulièrement et seulement à l'état de mélange mécanique ; ce qui résulte de ce que la pesanteur spécifique n'est pas plus grande que celle du calcaire pur. Les cristaux pyramidaux (7) qu'on y rencontre fréquemment sont du carbonate de chaux sans magnésie.

Dans le tableau ci-dessous je donne la composition de rauhwares de diverses localités.

	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Carbon. de chaux..	0,5895	0,5579	0,5781	0,5386	0,5082	0,5146
— de magnésie..	0,3483	0,3723	0,3241	0,4232	0,4062	0,3990
— de fer. . . . .	0,0173	0,0164	0,0427	0,0022	0,0082	0,0260
Argile, etc. . . . .	0,0065	0,0233	0,0273	0,0142	0,0566	0,0487
Oxid. de manganès.	trace..	trace..	trace..	trace..	0,0053	0,0043
Eau. . . . .	0,0181	0,0069	0,0038	0,0062	0,0150	.....
	0,9797	0,9768	0,9760	0,9844	1,0000	0,9921

(8) Rauhwake de Rotweel : gris de fumée ; pesanteur spécifique, 2,855.

(9) *Id.*, d'un gris clair, remplie de petites cavités : elle est riche en pétrifications.

(10) Rauhwake de Waiblingen : d'un blanc jaunâtre sale ; pesanteur spécifique, 2,857 : riche en pétrifications.

(11) Rauhwake de Weiler, près Löwenstein; pesanteur spécifique, 2,815. Donne de très-bonne chaux hydraulique.

(12) Rauhwake de Dornstetten: d'un jaune grisâtre; pesanteur spécifique, 2,851. Donne de très-bonne chaux hydraulique.

(13) Rauhwake de Vendelsheim: grise, à cassure compacte, esquilleuse, sans cavités; pesanteur spécifique, 2,860.

Les nos. 11, 12 et 13 sont de la dolomie; les nos. 8 et 10 contiennent 3 at. de carbonate de magnésie pour 4 at. de carbonate de chaux; le n<sup>o</sup>. 9 a une composition intermédiaire et est probablement un mélange.

(14) On trouve à Weiler, près Winnenden, un calcaire coloré en rouge, et qui contient:

Carbonate de chaux. . . . .	0,6682	} 0,9911
— de magnésie. . . . .	0,2454	
— de fer. . . . .	0,0256	
Sable ferrugineux. . . . .	0,0470	
Eau, . . . . .	0,0049	

Sa pesanteur spécifique est de 2,782. Il a la même composition que la *gurbhofite* analysée par Klaproth; c'est-à-dire qu'il contient 2 at. de carbonate de chaux pour 1 at. de carbonates de magnésie et de fer: il donne d'excellente chaux hydraulique.

Les calcaires que nous avons examinés jusqu'ici provenaient de couches situées au-dessus de la couche salifère ou de parties dans lesquelles le sel manque entièrement, comme à Nagold; j'ai jugé utile d'examiner aussi les couches inférieures, et je me suis servi pour cela d'une collection géologique de la contrée de Sulz, représen-

tant une coupe de plus de 600 pieds de hauteur.

En allant du haut en bas, on a remarqué à Sulz les couches suivantes:

1<sup>o</sup>. Keupersandstein; 2<sup>o</sup>. rauhwake; 3<sup>o</sup>. conglomérat de rauhwake; 4<sup>o</sup>. muschelkalk avec pectiniques et entroques; 5<sup>o</sup>. hornstein; 6<sup>o</sup>. gypse; 7<sup>o</sup>. anhydrite; 8<sup>o</sup>. argile schisteuse; 9<sup>o</sup>. gypse; 10<sup>o</sup>. argile salifère avec sel gemme; 11<sup>o</sup>. gypse; 12<sup>o</sup>. argile schisteuse; 13<sup>o</sup>. calcaire; 14<sup>o</sup>. argile schisteuse rouge, souvent traversée par des filons de gypse, et dans laquelle se trouvent fréquemment aussi des boules de gypse rouge; 15<sup>o</sup>. calcaire ondulé; 16<sup>o</sup>. calcaire poreux (dolomie): c'est de cette couche que sortent les sources salées les plus profondes.

J'ai analysé les nos. 4, 12, 13, 14 et 15. Voici les résultats que j'ai obtenus:

	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
Carbon. de chaux. . . . .	0,9113	0,4686	0,5172	0,0295	0,3659
— de magnésie. . . . .	0,0502	0,0756	0,3110	0,0123	0,2951
— de fer. . . . .	0,0032	0,0161	0,0286	. . . . .	0,0172
— de manganèse. . . . .	. . . . .	trace..	0,0087	. . . . .	0,0020
Alumine. . . . .	. . . . .	0,0060	0,0012	0,0078	0,0040
Argile. . . . .	0,0246	0,4176	0,1058	0,9390	0,5018
	0,9893	0,9839	0,9725	0,9886	0,9860

(15) Muschelkalk gris jaunâtre et feuilleté; pesanteur spécifique, 2,692;

(16) Argile schisteuse gris bleuâtre;

(17) Calcaire gris, à cassure compacte et esquilleuse; pesanteur spécifique, 2,844;

(18) Argile schisteuse rouge; pesanteur spécifique, 2,715;

(19) Calcaire ondulé, d'un vert grisâtre clair; pesanteur spécifique, 2,811. En faisant abstraction de l'argile qu'il contient, on voit que c'est une véritable dolomie.

Il résulte des différentes analyses que je viens de rapporter, que, dans la formation du muschelkalk, là où elle a reçu tout son développement, la magnésie se trouve répartie avec une sorte de polarisation, et se trouve en grande proportion dans les parties inférieures et dans les parties supérieures; tandis qu'elle n'existe qu'en quantité beaucoup moindre dans les parties moyennes.

2°. Je considère ici la formation du grès de Keuper en raison des marnes qu'elle contient.

Ces marnes sont de deux sortes : les unes contiennent du quartz en grains plus ou moins fins; les autres renferment de l'argile : ces dernières sont ordinairement schisteuses; elles sont connues sous le nom de *leberkies*, et elles sont généralement employées pour amender les terres dans lesquelles on cultive la vigne.

Voici les résultats de l'analyse de six marnes de la formation du Keuper :

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Carbonat. de chaux.	0,4158	0,4545	0,1456	0,0648	0,1490	0,0090
— de magnésie...	0,2498	0,2945	0,1910	0,0724	0,1196	0,1166
— de fer. . . . .	0,0080	0,0058	. . . . .	. . . . .	0,0045	. . . . .
— de manganèse..	0,0071	0,0068	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Alumine . . . . .	0,0045	0,0025	0,0392	0,0086	0,0048	0,0440
Oxide de fer. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,0540	0,0136	. . . . .	0,1350
Sable quarzeux....	0,2675	0,2023	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Argile desséchée...	. . . . .	. . . . .	0,5912	0,8798	0,7240	0,7284
Eau. . . . .	0,0168	0,0158	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
	0,9695	0,9822	1,0010	1,0392	1,0019	1,0330

(1) Marne sableuse de Tubingen : d'un gris verdâtre clair, à cassure schisteuse; pesanteur spécifique, 2,776 : elle contient 4 at. de carbonate de chaux pour 3 at. de carbonate de magnésie.

(2) Marne sableuse d'Unterrath, entre Gschwend et Gaildorf; d'un brun grisâtre, à cassure inégale, très-phosphorescente; pesanteur spécifique, 2,786.

(3) Marne argileuse du Spitzberg, près Tubingen, d'un gris bleuâtre, schisteuse, à feuillets minces; pesanteur spécifique, 2,648.

(4) (5) et (6) Marnes argileuses des collines de Stuttgart : ces collines sont couvertes de vignobles. On y trouve des marnes bigarrées de couleurs très-variées.

(4) Marne brun rouge, des couches supérieures; pesanteur spécifique, 2,631.

(5) Marne vert grisâtre, des couches moyennes; pesanteur spécifique, 2,655.

(6) Argile rouge des couches inférieures; pesanteur spécifique, 2,608.

Le gain que présentent ces analyses provient probablement de ce que la magnésie ne se trouve pas, du moins en totalité, à l'état de carbonate dans ces marnes. Il n'existe dans cette formation ni calcaire pur ni véritable dolomie.

3°. Les divers membres de la formation du calcaire à gryphites se font généralement remarquer par leur couleur gris bleuâtre sombre, qu'ils doivent à une matière bitumineuse. Il y a souvent aussi mélange d'argile, qui, lorsqu'il n'est pas trop considérable, donne au calcaire les propriétés hydrauliques; mais qui, lorsqu'il est en plus grande proportion, convertit les roches calcaires en marnes schisteuses.

Le tableau ci-joint donne la composition de cinq calcaires ou marnes de cette formation.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Carbon. de chaux.	0,8618	0,3500	0,3071	0,8174	0,7873
— de magnésie...	0,0197	0,0197	0,0127	0,0158	0,0044
— de fer. . . . .	0,0044	0,0044	0,0127	0,0365	0,0226
— de manganèse.	trace..	trace..	trace..	0,0040	0,0040
Argile . . . . .	0,1091	0,4606	0,1074	0,1074	0,1643
Eau et bitume...	0,0199	0,1467	0,0199	0,0199	0,0191
Quarz. . . . .	0,0013	0,0098	0,0022	0,0070	0,0023
Alumine. . . . .	0,0013	0,0098	0,0022	0,0070	0,0023
Oxide de fer. . . . .	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132
	0,9965	1,000	0,9897	0,9861	1,0000

(1) Calcaire hydraulique, gris bleuâtre, à cassure conchoïde aplatie. Pesanteur spéc., 2,704.

L'argile qui renferme ce calcaire est composée de :

Silice. . . . .	0,6483	} 0,9641.
Alumine. . . . .	0,2560	
Oxide de fer..	0,0598	

(2) Marne schisteuse de Boll; elle renferme souvent des pyrites, et elle donne naissance à des eaux sulfureuses et alcalines. L'argile qu'elle contient est composée de :

Silice . . . . .	0,5161	} 0,9544.
Alumine. . . . .	0,1467	
Chaux. . . . .	0,0039	
Potasse. . . . .	0,0145	
Bitume et eau. . . . .	0,1992	
Pyrites. . . . .	0,0728	

(3) Calcaire de Degerloch reposant immédiatement sur le Keuper : il fait feu au briquet ;

pesanteur spécifique, 2,661. Le quartz que contient ce calcaire est très-mélangé de mica.

(4) Calcaire du pied du Jusiberg, près Dettingue : d'un gris noirâtre ; pesanteur spécifique, 2,726. Il est immédiatement au-dessous du calcaire du Jura ; il renferme beaucoup d'huîtres.

(5) Calcaire en forme de clous, de Donzdorf ; noir : développe une forte odeur bitumineuse quand on le traite par l'acide muriatique ; pesanteur spécifique, 2,708.

On voit par ces analyses que le carbonate de magnésie ne se trouve qu'en très-petite quantité dans la formation du calcaire à gryphites.

4°. Le calcaire du Jura est en général d'une couleur très-claire, et sa cassure est conchoïde, aplatie. J'ai analysé trois pierres de cette formation, et je les ai trouvées composées comme il suit :

Formation  
du calcaire  
jurassique.

	(1)	(2)	(3)
Carbonate de chaux. . .	0,9934	0,9624	0,5454
— de magnésie. . . . .	0,0021	0,0021	0,4280
— de fer. . . . .	0,0012	0,0202	0,0112
Argile. . . . .	0,0010	0,0058	0,0112
Eau. . . . .	0,0010	0,0058	0,0112
	0,9956	0,9905	0,9846

(1) Calcaire de Floriansberg : blanc jaunâtre ; fragmens anguleux translucides ; pesanteur spécifique, 2,705.

(2) Pierre lithographique de Solenhofen ; pesanteur spécifique, 2,681 ; elle renferme un grand nombre de fossiles remarquables, et, d'après les observations de M. de Buch, elle est

séparée du calcaire jurassique proprement dit par un banc puissant de dolomie.

(3) Dolomie jurassique de la contrée de Blaubereun : d'un blanc jaunâtre, très-phosphorescente; pesanteur spéc., 2,821. Elle ne renferme presque pas de fossiles.

Grès marneux du lac de Constance.

5°. La partie supérieure de la formation du grès marneux du lac de Constance est meuble et riche en pétrifications, tandis que la partie inférieure est assez solide pour fournir de bonnes pierres à bâtir, et ne contient presque pas de débris organiques. J'ai analysé un échantillon de chacun de ces grès, qui m'ont donné :

	(1)	(2)
Carbonate de chaux . . . . .	0,4352	0,3896
Carbonate de magnésie . . . . .	0,0294	0,0368
Alumine . . . . .	0,0015	0,0034
Oxide de fer . . . . .	0,0055	0,0030
Oxide de manganèse . . . . .	0,0015	trace.
Sable micacé . . . . .	0,5165	0,5592
	<u>0,9894</u>	<u>0,9920</u>

(1) Grès de la carrière de Rorschach. Gris-verdâtre, rempli de mica noir; pesanteur spécifique, 2,645. Il est distinctement stratifié et on l'emploie comme pierre à bâtir.

(2) Sable marneux de Königseggwald. Gris verdâtre, rempli de mica argentin et noir; pesanteur spécifique, 2,685.

Le carbonate de magnésie existe donc dans cette formation sans y être très-abondant.

Calcaire d'eau douce.

6°. J'ai fait l'analyse de trois échantillons de la formation du calcaire d'eau douce; voici les résultats :

	(1)	(2)	(3)
Carbonate de chaux . . . . .	0,9567	0,9663	0,8934
— de magnésie . . . . .	0,0058	0,0084	0,0581
Oxide de fer . . . . .	0,0020	0,0020	0,0038
Alumine . . . . .	0,0006	0,0006	0,0024
Argile . . . . .	0,0122	0,0094	0,0370
Eau . . . . .	0,0140	0,0053	0,0253
Matière organique . . . . .	0,0113	trace.	
	<u>1,0000</u>	<u>0,9920</u>	<u>1,0000</u>

(1) Calcaire de Stubenthal : blanc jaunâtre, distinctement stratifié, contient beaucoup d'hélicites parfaitement conservées; pesanteur spécifique, 2,781.

(2) Calcaire de Michelsberg, près Ulm : blanc jaunâtre; pesanteur spécifique, 2,655.

(3) Calcaire d'Oeningen, près Constance; recouvre immédiatement le sable marneux; très-renommé, à cause des restes de sauriens, d'oiseaux et de poissons qu'on y trouve; pesanteur spécifique, 2,754.

Quand on dissout ces calcaires dans les acides il se développe une odeur bitumineuse très-forte et souvent nauséabonde; l'eau qu'ils donnent à la distillation a la réaction alcaline.

7°. On sait que le tuf calcaire doit son origine à Tuf calcaire. des eaux chargées d'acide carbonique qui tiennent du carbonate de chaux en dissolution, et qu'elles laissent déposer lorsque l'acide carbonique se dégage dans l'atmosphère.

L'eau que les tufs donnent à la distillation a l'odeur ammoniacale et la réaction alcaline.

Les creusets étaient confectionnés en bonne terre blanche réfractaire des environs de Weissembourg, et qui ne pouvait introduire de couleurs étrangères dans les produits de la fusion.

1°. Réaction du sulfure d'argent et de l'oxide de plomb.

Le sulfure d'argent a été préparé avec de l'argent de coupelle en limaille fine, cimentée avec de la fleur de soufre dans un creuset luté. A la fin de la cémentation, on a donné un bon coup de feu pour expulser l'excès du soufre, et on a laissé refroidir lentement le creuset. Par ce moyen, on a obtenu un culot bien sulfuré, susceptible de se couper au couteau, et de l'argent métallique, qui formait une croûte à la surface du culot, ou des houppes et des filets contournés comme l'argent natif. Cette séparation de métal d'avec son sulfure prouve que l'argent ne se combine pas au soufre en proportions diverses, observation qui se répétera pour plusieurs autres sulfures.

1 atome de sulfure d'argent  $AgS_2$  . . . . . 31g,05  
et 2 atomes d'oxide de plomb  $2Pb$  . . . . . 55g,78

ont été mélangés intimement et fondus; le mélange a éprouvé une effervescence, due au dégagement du gaz sulfureux; après la réaction, on a retiré du feu; le culot obtenu pesait 66g,00; il était sulfuré, sur-tout à la surface, où il ressemblait à de la galène: l'action n'avait donc pas été complète, ce qui vient de ce qu'à cause de leur densité, les parties métalliques non oxidées se réunissent de suite au fond du creuset, et échappent ainsi à l'action complète de l'oxide de plomb, dont la dose était telle que tout le soufre devait être brûlé et le culot restant entièrement métallique.

Le second produit de l'opération était une scorie vert brunâtre foncé, vitreuse. Fondue au flux noir, elle a donné un culot pesant 7g,60, lequel, coupellé, a laissé *fin* 0g,084.

Ainsi il y avait une dose considérable d'argent en combinaison dans la scorie; néanmoins je soupçonne qu'une partie de l'argent y était à l'état de sulfure; car dans l'essai suivant, où la proportion d'oxide de plomb était plus considérable, et où il aurait par conséquent dû entraîner encore plus d'argent à l'état d'oxide, on n'en a trouvé qu'une dose relativement moindre. En effet,

1 atome de sulfure d'argent  $AgS_2$  . . . . . 31g,05  
4 atomes d'oxide de plomb  $4Pb$  . . . . . 111g,56

ont éprouvé une forte ébullition. Après la réaction, on a trouvé un culot sulfuré pesant 69g,00, et une scorie vitreuse, couleur vert olive, analogue à celle de l'oxide d'argent.

3g,75 de la scorie, réduits au flux noir, ont donné un culot de plomb pesant 2g,37. Celui-ci, soumis à la coupellation, a produit *fin* 0g,0015; tandis que 10g,00 des litharges employées donnent, au flux noir,

Plomb . . . . . 8g,97  
Et *fin* seulement . . . . . 0g,00025.

Il est donc bien prouvé que la scorie retenait de l'argent en quantité notable; ce qui, au reste, a déjà été établi de la manière la plus évidente par M. Berthier pour les sulfures doubles d'argent et de cuivre (*Annales des Mines*, tome XI). Quoiqu'il fût peu probable que l'argent fût retenu par le soufre dans la scorie que j'ai obtenue, j'ai néanmoins recherché cette substance, soit en essayant de produire des dégagemens d'hydro-

gène sulfuré par l'acide muriatique étendu, soit des vapeurs nitreuses à l'aide de l'acide nitrique, soit par le moyen du chalumeau, en faisant usage de verre, de silice et de soude, ou simplement en traitant la scorie par la soude et mettant le résultat de l'attaque sur la langue, moyen qui fait reconnaître très-facilement les sulfures alcalins à leur saveur; je n'en ai pas pu reconnaître de traces. Malheureusement je n'ai pas la possibilité de soumettre la première scorie aux mêmes essais.

Les recherches suivantes vont prouver encore d'une manière frappante l'oxidabilité de l'argent par l'oxide de plomb; elles ont été faites sur des miniums fabriqués à la verrerie de Baccarat (Vosges) et sur les plombs dont ils proviennent.

Dans cette fabrication, que je vais faire connaître en abrégé, on oxide le plomb dans un four à réverbère, de manière à l'amener à l'état de massicot pulvérulent; on agite la masse oxidée dans des tonneaux pleins d'eau et on décante. Par ce moyen, les particules de massicot les plus ténues sont enlevées, et le résidu du tonneau est un mélange de grenailles de plomb et de parties de massicot agglutinées, mélange qui prend le nom de *sons*; ce mélange est de nouveau réoxidé, puis lavé par décantation. On répète cette série d'opérations sur les *sons* jusqu'à cinq fois, en ayant soin de séparer les divers massicots, qui n'offrent pas le même degré de pureté; car les premiers, qui tiennent les métaux les plus oxidables, et les derniers, dans lesquels les traces de cuivre que contenaient les plombs se sont concentrées très-fortement, sont plus impurs que ceux intermédiaires.

Ces divers massicots sont calcinés pour être

convertis en miniums: c'est sur ceux-ci que l'on a opéré.

*Essais faits sur les plombs et miniums.*

1 <sup>o</sup> . Plomb de Vedrin, 10 <sup>g</sup> ,00, coupellés, ont donné <i>fin</i> . . . . .	Impondérable.
1 <sup>er</sup> . Minium de Vedrin, 10 <sup>g</sup> ,00, réduits au flux noir, ont donné argent par coupellation du culot. . . . .	Impondérable.
4 <sup>e</sup> . Minium, <i>id</i> . . . . .	0g,0001
2 <sup>o</sup> . Plomb anglais d'Artington, 10 <sup>g</sup> ,00.	0g,0001
1 <sup>er</sup> . Minium, <i>id</i> . 10 <sup>g</sup> ,00. . . . .	Impondérable.
5 <sup>e</sup> . Minium, <i>id. id</i> . . . . .	0g,0050
3 <sup>o</sup> . Plomb d'Allemagne à l'an-	
cre, 10 <sup>g</sup> ,00. . . . .	0g,0006
1 <sup>er</sup> . Minium, <i>id</i> . 10 <sup>g</sup> ,00. . . . .	0g,0001
2 <sup>e</sup> . Minium, <i>id. id</i> . . . . .	0g,0006
4 <sup>o</sup> . Plomb d'Espagne, 10 <sup>g</sup> ,00. . . . .	0g,0006
1 <sup>er</sup> . Minium, <i>id. . . . id</i> . . . . .	Impondérable.
2 <sup>e</sup> . Minium, <i>id. . . . id</i> . . . . .	0g,0001
3 <sup>e</sup> . Minium, <i>id. . . . id</i> . . . . .	0g,0006
4 <sup>e</sup> . Minium, <i>id. . . . id</i> . . . . .	0g,0011
<i>Sons</i> du même n <sup>o</sup> . 3, non rebrûlés. . . . .	0g,0021
5 <sup>o</sup> . Plomb anglais Lead - Compa-	
gny, 10 <sup>g</sup> ,00. . . . .	0g,0017
1 <sup>er</sup> . Minium, <i>id. . . . id</i> . . . . .	0g,0004
2 <sup>e</sup> . Minium, <i>id. . . . id</i> . . . . .	0g,0005
6 <sup>o</sup> . Plomb d'Allemagne à l'M, 10 <sup>g</sup> ,00.	0g,0030
1 <sup>er</sup> . Minium. . . . .	0g,0030
3 <sup>e</sup> . Minium. . . . .	0g,0125

L'inspection de ce tableau fait voir que l'argent ne se concentre que peu à peu dans les miniums, et qu'il est réellement oxidé et non sim-

plement divisé dans cette substance; car si l'on fond ces miniums, et qu'on les saupoudre après avec une quantité de poussière de charbon suffisante seulement pour en réduire une portion à l'état de plomb métallique, qui puisse entraîner avec lui les particules d'argent supposées métalliques et en suspension dans le bain, on n'obtient jamais autant d'argent par la coupellation de ces culots qu'en réduisant complètement les miniums par le flux noir. L'argent s'y trouve donc retenu par une affinité très-forte.

On sait d'ailleurs que dans la coupellation en grand les litharges retiennent d'autant plus d'argent que le bain est devenu plus riche. J'ai trouvé en effet dans la dernière masse de litharge écoulee d'une pareille coupellation en grand, pour 10<sup>g</sup>,00 de litharge jusqu'à 0<sup>g</sup>,047 d'argent, et cet argent ne s'y trouvait pas simplement à l'état de grenailles de plomb échappées à l'attention de l'affineur, mais bien parfaitement invisible.

Dans ce dernier cas, si l'on n'admet pas que la litharge puisse oxider l'argent métallique, on peut supposer que celui-ci est oxidé par un oxide de plomb supérieur, et qui existe pendant l'acte de la coupellation; car il me paraît que, dans la coupellation en grand comme en petit, le plomb est au summum d'oxidation pendant qu'il est chaud: cela se déduit des couleurs que possèdent les coupelles ou les masses de litharge qui, étant encore très-chaudes, sont brunes (oxide puce), passent ensuite au rouge (minium), enfin au jaune (massicot). Si on les plonge subitement dans l'eau, le refroidissement produit un dégagement de bulles dues à un gaz que je présume être l'oxigène, mais que, faute d'appareil,

je n'ai pas encore déterminé, et à l'instant même de l'immersion, les matières passent de la teinte puce à la teinte jaune. On peut, en les réchauffant sous la moufle, leur faire reprendre la couleur puce (1): d'ailleurs, il n'est pas besoin de cette hypothèse pour expliquer l'oxidation de l'argent: en effet, il y a long-temps que Juncker a converti l'argent en un verre, en le traitant par la réverbération d'une chaleur très-forte; Macquer, en exposant vingt fois de suite de l'argent au feu de porcelaine, à Sèvres, a obtenu un verre olive. De mon côté, j'ai reconnu que dans le raffinage de l'argent, que je pratique dans un fourneau à réverbère semblable à celui de Poullaouen, avec une addition variable de plomb suivant les circonstances accidentelles, les premières litharges qui s'imbibent, dans la sole de cendres d'os, sont d'un jaune clair, et les dernières très-vertes. Une portion de sole verte, réduite au flux noir, a donné, pour 10<sup>g</sup>,00, 2<sup>g</sup>,91 de plomb; le culot coupellé a laissé *fin* 0<sup>g</sup>,03825.

Ainsi la sole devait sa forte teinte verte à l'oxide d'argent, et il s'ensuit que ce dernier métal s'oxide et se vitrifie d'autant plus facilement qu'il est en présence d'une moindre dose de plomb.

Après cette digression, que je me suis permise

(1) Les diverses nuances que présentent à différentes températures les coupelles imbibées de litharge, n'indiquent pas des degrés particuliers d'oxidation du plomb: elles dépendent de la propriété dont jouissent presque tous ces corps d'émettre de la lumière, dont la couleur varie avec la température. Il y a des substances qui sont parfaitement blanches à froid, et qui, sans éprouver aucune altération chimique, prennent des couleurs très-vives lorsqu'on les chauffe même faiblement. L'explication que M. Fournet donne ne me paraît donc pas admissible. P. B.

pour prouver par des exemples combien l'argent s'oxide dans divers procédés métallurgiques, je reviens à mon sujet spécial.

II°. *Réaction du sulfure de cuivre et de l'oxide de plomb.*

Le sulfure de cuivre a été préparé au moyen du sulfate, purifié en le faisant d'abord bouillir avec de l'acide nitrique pour suroxyder le fer qu'il contenait, évaporant à siccité, calcinant pour décomposer le sulfate de fer suroxydé reprenant par l'eau froide, filtrant et faisant cristalliser la solution, en rejetant les eaux-mères, qui contenaient encore des traces de sulfate de fer.

Le sulfate de cuivre ainsi préparé a été réduit au creuset brasqué, suivant le procédé de M. Berthier. On a obtenu le sulfure de cuivre  $\text{CuS}$  et des grenailles de cuivre métallique que l'on a séparées.

On a fait les mélanges suivants :

$\text{CuS}$	1 at.	9 <sup>5</sup> ,92	.....	1 at.	9,92
$\text{Pb}$	1 at.	27,86	.....	2 at.	55,78

Le premier mélange devait oxyder complètement le soufre et laisser un alliage de cuivre et de plomb. Pendant la fusion, on voyait dans le creuset un gros culot d'apparence métallique, réfléchissant les parois du creuset comme un miroir et entouré seulement d'un cercle de scories. Ayant retiré du feu et refroidi brusquement en plongeant le fond du creuset dans l'eau, j'obtins simplement une matte tenant le plomb et le cuivre à l'état de sulfures et une scorie vitreuse, rouge, opaque : l'oxide de plomb attaque donc à-la-fois les deux éléments du sul-

fure, amène le cuivre à l'état de protoxide, qui se combine à l'oxide de plomb, et le plomb réduit paraît se combiner avec le sulfure restant, puisque la réaction est incomplète; mais cette dernière circonstance n'est qu'une apparence, car ayant répété l'essai en laissant refroidir lentement le creuset, j'obtins un culot de plomb très-doux, pesant 4<sup>5</sup>,50; plus une matte tenant encore du plomb et du cuivre sulfurés; enfin, une scorie rouge pareille à la précédente: ainsi le plomb combiné ou mélangé à la matte quand la température est suffisante, s'en sépare complètement par un refroidissement lent.

Le second mélange a fourni les mêmes produits que le premier, seulement le culot de plomb obtenu pesait 10<sup>5</sup>,20. Il était cassant, et il m'a présenté les caractères d'un alliage de cuivre et de plomb.

Si le cuivre et le soufre n'ont pas été oxydés entièrement dans cette seconde expérience, cela tient, 1°. à la fusibilité de la matte, qui, se réunissant au fond du creuset, se met hors du contact des oxides; 2°. à la nouvelle combinaison qui s'effectue entre l'oxidule de cuivre et l'oxide de plomb, combinaison qui neutralise l'action de cet oxide sur les sulfures; 3°. à la combinaison de ces oxides avec la silice du creuset, qui s'oppose aussi à la réduction de la litharge; 4°. enfin, à l'affinité du cuivre pour l'oxygène, qui est moindre que celle du plomb pour ce même corps.

Les diverses mattes obtenues ont une texture un peu différente de celle du sulfure de cuivre, ce qui peut tenir au sulfure de plomb combiné. Il me paraît entièrement inadmissible qu'elles tiennent de l'oxygène en combinaison; leur vit

éclat métallique pendant leur fusion, et que ne possèdent jamais les matières oxidées, celui qu'elles conservent durant leur trituration, la liquation du plomb métallique susmentionnée, enfin la présence de la scorie rouge, s'opposent à cette idée. J'insiste sur ce fait, parce qu'on verra plus loin des exemples de sulfures qui restent en combinaison avec l'oxide de plomb.

Ces mattes, essayées au chalumeau, ont indiqué le soufre, le plomb et le cuivre, ce dernier étant en quantité prédominante. Si on grille un instant la matte et qu'on donne un bon coup de feu réductif sur le charbon, on obtient de la matte et des globules de cuivre rouge; cette réaction me surprit d'autant plus que Berzelius (*Emploi du chalumeau*, art. *Sulfure de cuivre*) dit que « tant qu'il y a du soufre, aucune portion du cuivre ne se sépare, en sorte qu'il semble » que le soufre et le cuivre peuvent fondre ensemble dans toutes sortes de proportions; » ce qui est inexact, ainsi qu'on le voit déjà par l'exemple précédent. De plus, j'ai traité de la même manière, par le chalumeau, un sulfure de cuivre pur, et j'ai obtenu du cuivre métallique en grenailles et de la matte. D'ailleurs, les essais de M. Berthier (*Annales des Mines*, t. VII) faits pour essayer d'opérer la combinaison du cuivre avec son sulfure, prouvent bien évidemment l'impossibilité du fait. Si l'on en veut encore un exemple très-joli, on peut l'observer sur les tas de grillage du cuivre pyriteux : on y trouve, à la partie inférieure, des masses noires de protosulfure de fer et de cuivre amenées à l'état de fusion par l'excès de chaleur, dont les cavités sont tapissées de filamens de cuivre métallique très-

fins, contournés, et ayant jusqu'à 0m,03 de longueur; ces filamens de cuivre se sont liquatés d'avec leur excipient, à cause de la dose de soufre qui leur manquait pour y rester unis.

Quant à la composition des scories rouges, on peut voir à ce sujet les expériences de M. Berthier consignées *Annales des Mines*, t. XI.

Quoique la matte cuprifère ne paraisse pas susceptible d'entrer en combinaison avec l'oxide de plomb, ainsi qu'on le voit par les expériences ci-dessus, et que le cuivre soit moins oxidable que le plomb, d'après les observations de M. Berthier, et d'après ce que j'ai rapporté précédemment sur les miniums, qui sont d'autant plus cuprifères qu'ils sont le résultat d'un plus grand nombre de calcinations, néanmoins la première période d'une coupellation en grand, je veux dire celle dans laquelle on procède à l'enlèvement des abstrichs, sépare une quantité considérable de cuivre. En effet, ayant pris 105,00 des diverses qualités de plomb désignées ci-dessous, je les ai coupellés, et j'ai jugé de la dose relative de cuivre qu'ils renfermaient d'après la teinte plus ou moins foncée de la coupelle. J'ai trouvé qu'on pouvait les ranger dans l'ordre suivant de pureté par rapport au cuivre :

1°. Plomb provenant de la réduction des litharges au fourneau à manche, et purifié sur une sole brasquée au fourneau de coupelle, pour faire du plomb de première qualité; il n'offre que des indices de cuivre;

2°. Plomb provenant des mêmes litharges, mais encore brut, et tel qu'il sort du fourneau à manche, plus cuivreux que le précédent; l'opération des abstrichs lui enlève donc du cuivre;

3°. Plomb provenant de la réduction des abstrichs au fourneau à manche, et purifié comme le n°. 1; teinte brunâtre plus foncée que précédemment;

4°. Plomb provenant des mêmes abstrichs que précédemment, mais encore brut, et tel qu'il sort du fourneau à manche; couleur brune aussi intense que si l'on eût fait une coupellation ordinaire sur du cuivre.

Il faut donc que le cuivre se laisse entraîner dans les abstrichs, soit à l'état d'oxide par son affinité pour certains oxides, ou bien à l'état de sulfure, en vertu de la présence de certains sulfures, qui, comme on le verra plus tard, sont susceptibles d'entrer en combinaison avec l'oxide de plomb.

J'ai cherché à vérifier ces deux idées.

Il paraît que l'oxide d'étain, par exemple, a assez d'affinité pour l'oxide de cuivre, pour décider son entière oxidation long-temps avant celle du plomb, puisque, d'après les expériences de M. Pleuard, fabricant de minium à Tours, on peut, en ajoutant très-peu d'étain au plomb cuivreux, et le coupellant aux deux tiers, en débarrasser le restant du plomb de manière qu'il n'en retienne plus sensiblement.

J'ai pensé que le zinc, qui peut se trouver aussi dans les plombs provenant de minerais mêlés de blendes ou de calamines, pourrait jouer un rôle analogue. Ayant donc fait un mélange de 50<sup>g</sup>,00 de plomb et 2<sup>g</sup>,00 de laiton, je le fis fondre dans un scorificateur sous la moufle d'un fourneau de coupelle; après quoi, j'ajoutai 5<sup>g</sup>,00 de zinc métallique, en agitant le bain avec un crochet pour hâter l'alliage avant l'entière combustion du

zinc. Il y eut inflammation; mais en agitant toujours la flamme s'est affaiblie, et il s'est manifesté à la surface du bain des grumeaux noirs très-durs, infusibles et composés de cuivre peroxidé, de litharge et d'oxide de zinc. La flamme ayant totalement cessé, il s'est formé de la litharge; après quoi, j'ai arrêté l'opération, pour examiner l'état du plomb. Il était ductile, se laissant couper presque aussi bien que le plomb pur; j'y ai néanmoins retrouvé du cuivre. La masse s'était réduite à 29<sup>g</sup>,00.

J'ai remis 15<sup>g</sup>,00 de ce plomb dans une coupelle, et quand le bain se fut découvert, j'ajoutai de nouveau du zinc; la combustion eut lieu, et produisit une combinaison zincifère, cristalline à la surface et toute noire de cuivre. J'ai laissé l'opération continuer quelque temps, décanté le restant du plomb dans une coupelle chauffée à l'avance, ajouté de nouveau zinc, qui a produit les mêmes phénomènes que précédemment; mais la couleur noire des grumeaux était moins intense, et même une partie de l'oxide de zinc restait blanche. Décantant dans une nouvelle coupelle sans ajouter de zinc, et continuant l'opération pendant un certain temps, la coupelle s'est colorée en brun noir; mais vers la fin de l'opération il s'est fait autour du bouton un léger dépôt d'oxide de zinc légèrement coloré en jaune. Le restant du plomb, qui pesait environ 1<sup>g</sup>,00, n'a plus donné à une nouvelle coupellation qu'une teinte verdâtre.

Ainsi, si dans ces essais on n'est pas parvenu à enlever complètement le cuivre, on en a du moins considérablement facilité l'oxidation, tandis que ce métal aurait dû se concentrer peu à

peu dans le plomb restant, et donner des teintes de plus en plus noires (1).

Quant à la combinaison supposée du sulfure de cuivre avec un autre sulfure susceptible d'entrer en combinaison avec l'oxide de plomb, hypothèse qui me paraît plus admissible que la précédente pour le cas des abstrichs, il en sera question plus loin.

### III°. Réaction du sulfure de plomb et de l'oxide de plomb.

Il est assez connu, par les expériences de M. Puvvis, que le sulfure de plomb en présence de l'oxide se réduit en plomb métallique, qui est toujours plus ou moins sulfuré, à cause de sa fusibilité, qui le soustrait à l'action de l'oxide, et en second lieu à cause de la combinaison que cet oxide forme avec la silice du creuset. J'ai donc jugé inutile de m'arrêter sur ce sujet.

J'observerai seulement que le charbon est un réductif si énergique pour l'oxide de plomb, qu'en sa présence la même réaction n'a plus lieu.

En effet, un mélange de galène. . . 1<sup>g</sup>,00  
et litharge. . . . . 10,00,  
où la dernière substance était par conséquent en quantité beaucoup plus que suffisante pour dé-

(1) Comme l'on décompose en grande partie le sulfure de plomb, et qu'il faut beaucoup moins de plomb pour coupler le sulfure de cuivre que le cuivre pur (V. *Ann. des Mines*, t. XI, p. 81 à 121), j'avais pensé que l'on pourrait purifier les plombs cuivreux en les soumettant à la coupellation; avec addition d'une certaine quantité de galène, on favorise effectivement beaucoup la séparation du cuivre par ce moyen, mais il ne paraît pas qu'on puisse l'employer pour enlever jusqu'aux dernières traces de ce métal. P. B.

composer la galène, a été mis dans un creuset brasqué et chauffé à un feu suffisant pour fondre et réduire complètement le mélange sans cependant vaporiser le sulfure de plomb; on a laissé le creuset se refroidir lentement, et l'on a obtenu un culot pesant 9<sup>g</sup>,65.

Ce culot était surmonté d'une matre de sous-sulfure mêlé d'un peu de silicate de plomb non réduit et de grenailles; ayant séparé la matre mécaniquement, le culot de plomb ductile s'est trouvé peser exactement 9<sup>g</sup>,00: si l'on y joint le poids des grenailles et du silicate, on voit que la dose ne diffère guère de ce que la litharge devait produire, et le surplus de la matre était le restant du sulfure non décomposé ou volatilisé. Je me suis d'ailleurs assuré que la matre était réellement du sulfure de plomb, en la traitant par l'acide nitrique étendu, qui a donné lieu à du nitrate de plomb et à des globules de soufre, bien faciles à distinguer par leur couleur jaune et leur combustibilité.

Si l'on traite de la même manière, au creuset brasqué, de la céruse de Hollande en quantité suffisante, comme environ 50<sup>g</sup>,00, on obtient pareillement un culot de plomb et de la matre: voici donc un moyen bien simple de démontrer la présence du sulfure de plomb dans cette substance, sulfure auquel elle doit sa teinte grisâtre.

On peut conclure de ces expériences que l'oxide de plomb ne peut jouer qu'un rôle très-faible dans le fourneau écossais pour y opérer la désulfuration de la galène.

### IV°. Réaction du sulfure de bismuth et de l'oxide de plomb.

Le sulfure de bismuth a été préparé en cément

518 RÉACTIONS ENTRE LES SULFURES MÉTALLIQUES

tant avec de la fleur de soufre du bismuth provenant de la réduction par le flux noir de coupelles imbibées de son oxide. En donnant un coup de feu à la fin de l'opération, et laissant refroidir lentement, on obtient le sulfure  $\text{BiS}^2$  et un culot de métal non sulfuré, comme cela a lieu pour les autres sulfures déjà mentionnés.

On a mêlé.

$\text{BiS}^2$  1 at. . . . . 215,76

$\text{Pb}$  2 at. . . . . 55,78.

Le mélange soumis au feu a produit une effervescence très-forte; on a obtenu un culot métallique pesant 42<sup>s</sup>,40, très-dur, composé de deux parties entrelacées, l'une d'un alliage de bismuth et de plomb, l'autre des deux sulfures, et une scorie marbrée de jaune foncé et de noir. Les parties jaunées étant évidemment un composé des deux oxides, on s'est borné à examiner les parties noires.

Attaquées à l'acide nitrique, il se dégage des vapeurs rutilantes, preuve de la présence d'une matière non oxidée; il se forme un précipité blanc de sulfate de plomb et de silice, puis, par l'eau, un nouveau précipité de magistère de bismuth; celui-ci, traité au chalumeau pour s'assurer de sa nature, a fusé fortement sur le charbon, et a donné les réactions du bismuth.

Pour s'assurer encore mieux de la présence du soufre dans ces parties noires, on en a traité avec de la soude sur le charbon; la couleur de l'hépar s'est développée, et la matière, mise sur la langue, manifestait une forte saveur hydrosulfureuse.

En laissant le mélange en question moins long-temps au feu, la scorie entière est d'une

teinte noire uniforme; il paraît donc qu'il y a déjà ici une tendance à la combinaison entre le sulfure de bismuth et l'oxide de plomb, ainsi que cela a lieu dans les réactions suivantes.

V<sup>o</sup>. Réaction du sulfure d'antimoine et de l'oxide de plomb.

Ces expériences ayant déjà été faites par M. Berthier (*Annales des Mines*, t. VIII), il était absolument inutile de les répéter. Je me bornerai donc ici à rappeler, pour la série des faits, qu'il est résulté des premiers mélanges qui tenaient le moins d'oxide de plomb une matière scoriacée, noire, métalloïde, analogue aux abstrichs qu'on obtient dans les coupellations en grand, et constituant une combinaison entre le sulfure d'antimoine et l'oxide de plomb; tandis que le dernier mélange, tenant quatorze fois autant de litharge que de sulfure, a produit une décomposition complète de celui-ci et l'oxidation simultanée des deux élémens du sulfure. Ce sont ces recherches qui, les premières, ont fait connaître aux métallurgistes la vraie nature des abstrichs.

D'un autre côté, j'ai tenté la voie suivante, qui m'a fourni un résultat identique avec celui de M. Berthier, et qui se rapproche davantage, pour la forme seulement, de ce qui se passe en grand.

Ayant mis dans une coupelle chargée de plomb et en pleine opération un fragment de sulfure d'antimoine, il s'est formé une abondante fumée accompagnée d'une petite flamme et d'une odeur sulfureuse. Ayant retiré du feu, j'ai trouvé à la surface du bain un abstrich noir, qui se portait à la circonférence en forme de bourrelet. Ayant ensuite continué l'opération,

l'abstrich précédemment produit s'est grillé et a passé à la teinte orangée et jaunâtre en divers points.

Les abstrichs antimoniaux, attaqués à l'acide nitrique, donnent du gaz nitreux, ce qui prouve que le soufre n'y est pas combiné à l'oxygène; ils passent à la teinte orangée par le grillage, et néanmoins ne dégagent pas beaucoup de gaz sulfureux, parce que le soufre s'empare de suite d'une dose suffisante d'oxygène pour passer à l'état d'acide sulfurique, qui reste en combinaison avec l'oxide de plomb.

L'oxygène combiné au plomb est d'ailleurs indispensable pour la formation des véritables abstrichs, ainsi qu'on en jugera par les faits suivans.

Au commencement d'une coupellation, après la fusion du plomb, le fourneau ayant déjà la température rouge, et avant de donner le vent, on voit nager sur le bain des croûtes de matières dures nommées *abzugs*, et qui refusent d'entrer en fusion à une température suffisante pour produire celle des abstrichs. Ces *abzugs* sont mêlés de sulfure de plomb, reconnaissable à la vue simple, et contiennent en outre beaucoup de cuivre et de fer; mais il y manque l'oxide de plomb pour en provoquer la fusion, et ce n'est qu'après que le vent a joué qu'on voit se former abondamment les véritables abstrichs fusibles. ( Il paraît néanmoins que dans quelques usines on obtient des abstrichs avant de donner le vent. )

Dans une opération de purification d'un plomb très-aigre, exécutée sur une sole brasquée au fourneau de coupelle, en ne donnant qu'un vent faible, on n'a obtenu que très-peu d'abstrichs;

mais au bout d'une huitaine d'heures environ, ayant pu augmenter le vent des soufflets, les abstrichs sont venus en telle abondance que l'affineur pouvait à peine suffire pour les extraire.

Dans une autre expérience faite au petit fourneau de raffinage d'argent, sur une cinquantaine de livres de plomb très-dur, et sans autre courant d'air que celui qui arrivait naturellement par la grille et les ouvreaux, le bain, pendant plus de 6 heures, ne fournissait qu'à peine des abstrichs. Au bout de ce temps, le plomb s'étant peu à peu saturé d'oxide, ainsi que cela arrive dans ce genre d'opérations, d'après les observations de M. Berthier, les abstrichs sont venus de plus en plus abondamment et ont fini par tenir la surface du bain constamment couverte, malgré leur enlèvement continu, jusqu'à la purification complète du plomb.

Les faits précédens prouvent donc combien l'oxygène est nécessaire à cette formation.

Quand l'oxide de plomb domine, la masse des abstrichs devient de plus en plus jaune, et l'on obtient enfin des litharges déjà cristallines, mais non susceptibles de se débiter, et auxquelles les fondeurs donnent le nom de litharges sauvages. Cependant, quand l'oxide de plomb est en très-grand excès, on n'en obtient pas moins de très-belles litharges rouges: c'est ce que j'ai vérifié par l'expérience, en faisant filer, pendant une coupellation, les abstrichs qui en provenaient. J'observerai même à ce sujet que beaucoup de fondeurs travaillant dans des usines où la méthode de filer du plomb pendant la coupellation est introduite, sont dans la persuasion que les plombs

très-doux, qui, par conséquent, donnent peu d'abstrichs, fournissent des litharges moins rouges que d'autres plombs impurs, toutes circonstances égales d'ailleurs; je n'ai pas encore assez d'observations du fait pour l'assurer positivement, quoique l'expérience précédente soit en sa faveur et quoiqu'il ne soit pas repoussé par la théorie (1). En effet, les combinaisons des oxides de plomb et d'antimoine sont orangées, celles des oxides de cuivre et de plomb sont rouges, circonstances qui peuvent très-bien contribuer à augmenter l'intensité de la couleur rouge des litharges; ce qui les fait rechercher dans le commerce.

On aurait donc un moyen bien simple de se débarrasser avantageusement des abstrichs, puisqu'il suffirait de les filer successivement pendant la coupellation, ainsi que cela peut se faire d'après l'expérience mentionnée plus haut; on augmenterait par là la masse des litharges, et on éviterait des refontes et nouvelles coupellations, puisque ordinairement ces matières sont assez argentifères pour mériter de repasser à ces opérations; mais ne s'exposerait-on pas à perdre dans les litharges une dose notable de l'argent que ces matières renferment? C'est pour répondre à cette question que j'ai fait l'essai suivant.

J'ai fait un sulfure double d'argent et d'antimoine en fondant ensemble des poids égaux des deux sulfures; 10<sup>g</sup>,00 du sulfure double ont été

(1) De nouveaux faits, qui se sont présentés à moi depuis la rédaction de ce mémoire, me prouvent que les plombs doux donnent au moins autant et d'aussi belles litharges rouges que les plombs impurs.

mêlés avec 160<sup>g</sup>,00 de litharge, dose plus que suffisante pour décomposer le sulfure; par la fusion de ce mélange, j'ai obtenu un culot pesant 47<sup>g</sup>,00 et une scorie orangée; 20<sup>g</sup>,00 de cette scorie, réduits par le flux noir, ont donné 13<sup>g</sup>,00 de plomb, et celui-ci a laissé par la coupellation 0<sup>g</sup>,003 d'argent. On voit par là que dans cette circonstance la litharge oxide une portion notable de l'argent des abstrichs, ce qui diminue considérablement les avantages de la méthode en question, outre qu'elle peut rendre la coupellation un peu chanceuse.

Il restait à savoir si l'argent existe dans les abstrichs à l'état de simple mélange dans des grenailles de plomb, ou s'il y est, comme dans l'essai précédent, en combinaison à l'état de sulfure.

J'ai donc trié très-soigneusement un abstrich noir; 10<sup>g</sup>,00, réduits au flux noir, ont donné plomb, 5<sup>g</sup>,72; le culot, coupellé, a laissé *fin* 0<sup>g</sup>,0125. On voit par là que l'abstrich tient de l'argent, indépendamment de celui que renferment les grenailles de plomb qui s'y trouvent toujours; cependant, pour éviter encore tout soupçon de mélange mécanique, j'ai pris du sulfure double d'antimoine et d'argent, mentionné ci-dessus, une dose de 5<sup>g</sup>,00, que j'ai mêlés avec 15<sup>g</sup>,00 de litharge. Après la fusion, j'ai obtenu trois produits, savoir:

1<sup>o</sup>. Un culot de plomb très-cassant et d'apparence sulfurée, mêlé de veines entrelacées et même de grenailles d'argent métallique: il pesait 4<sup>g</sup>,5p;

2<sup>o</sup>. Un sulfure éclatant et semblable à de la galène, à grains d'acier;

3<sup>o</sup>. Enfin, une scorie noire semblable aux abs-

trichs ; j'ai soumis cette scorie aux essais suivants.

Une portion pesant 1<sup>g</sup>,00, bien séparée du sulfure, a été porphyrisée et traitée par l'acide muriatique étendu, pour attaquer les oxides de plomb et d'argent qui devaient s'y trouver ; il s'est formé un peu de kermès, adhérent aux parois de la fiole et un résidu noir. On a décanté le liquide, et en étendant d'eau pour laver le résidu, il s'est fait un précipité blanc. Le résidu lavé a été traité par l'ammoniaque caustique pour enlever le muriate d'argent qui pouvait s'y trouver ; j'ai filtré, lavé soigneusement, et ce qui est resté, fondu au flux noir avec addition de 5<sup>g</sup>,00 de litharge pour noyer l'antimoine dans un excès de plomb qui pût faciliter la coupellation subséquente, a donné un culot pesant 4<sup>g</sup>,53, lequel, coupellé, a laissé *fin* 0<sup>g</sup>,085.

On voit, d'après cette expérience, que l'abstrich tient l'argent en combinaison à l'état de sulfure double, état dans lequel il est susceptible d'oxidation d'après les expériences précédentes ; ce fait doit empêcher de mettre en usage la méthode proposée du filage de l'abstrich, sur-tout pour les matières très-argentifères.

C'est ici le cas de revenir sur l'état de combinaison du cuivre dans les abstrichs ; nous avons déjà vu que certains oxides en présence de l'oxide de plomb peuvent en entraîner des quantités notables à l'état d'oxide ; restait à savoir si certains sulfures, susceptibles de combinaison avec l'oxide de plomb, comme le sulfure d'antimoine, ne pourraient pas en entraîner à l'état de sulfure.

J'ai donc constitué un sulfure double d'antimoine et de cuivre, en fondant ensemble 1 par-

tie de sulfure de cuivre et 2 de sulfure d'antimoine.

5<sup>g</sup>,00 de ce sulfure double ont été traités avec trois fois leur poids de litharge. J'ai obtenu un culot extrêmement fragile, semblable à de la galène, contenant cuivre, plomb et antimoine sulfurés, et pesant 10<sup>g</sup>,00, et une scorie compacte, vitreuse, noire. J'ai porphyrisé cette scorie, et je l'ai attaquée à l'acide muriatique étendu, pour en séparer les oxides ; j'ai obtenu une liqueur incolore, qui donnait un précipité de sulfate de plomb par l'acide sulfurique, qui n'indiquait aucune trace de cuivre par le moyen d'une lame de fer, et qui laissait précipiter de l'antimoine en l'étendant d'eau. Le résidu, insoluble dans l'acide muriatique, traité par l'acide nitrique, a donné lieu à un fort dégagement de vapeurs rutilantes et à une solution bleue ; ce qui y indiquait suffisamment le cuivre, qui devait s'y trouver sulfuré, puisque autrement il eût été enlevé par l'acide muriatique.

Ainsi le sulfure d'antimoine jouit de la propriété de maintenir les sulfures de cuivre et d'argent en combinaison avec lui à l'état de sulfures doubles en présence de l'oxide de plomb.

Les anciens métallurgistes connaissaient déjà cette tendance qu'a le cuivre à se concentrer dans les abstrichs, et en profitaient pour extraire ce métal, ainsi qu'on peut le voir par le passage suivant, extrait de Schlutter, et dont je n'ai eu connaissance que pendant que je m'occupais de la rédaction de ce mémoire.

« On amasse, dit-il ( chapitre LXXXI ), toutes  
» les crasses des affinages faits pendant un ou  
» deux quartiers de l'année ; puis on les passe  
» par le fourneau dit à rafraîchir, et on en fait  
» des culots dans les mêmes poëles, qui servent

» à mouler le plomb de la refonte de la lithargie ;  
 » on met ces culots sur le fourneau de liquation ,  
 » le plomb qui en coule se verse de nouveau  
 » dans ces mêmes poêles , et, comme il tient en-  
 » core de l'argent, on l'affine ; ce qui reste sur le  
 » fourneau de liquation est une matière cui-  
 » vreuse ; si cette matière contenait encore beau-  
 » coup de plomb, on pourrait la passer une se-  
 » conde fois par le fourneau à rafraîchir, et la re-  
 » mettre au fourneau de liquation s'il était né-  
 » cessaire.

» On fond ensuite au fourneau d'affinage les  
 » matières cuivreuses qui sont restées sur le four-  
 » neau de liquation. Il y a pour cette fonte un  
 » bassin de percée au fourneau d'affinage ser-  
 » vant à cet usage. On prépare ce fourneau avec  
 » une brasque, qui est composée de parties égales  
 » d'argile et de charbon, comme pour le raffi-  
 » nage de l'argent, excepté que le bassin formé  
 » par la brasque est plat vers la percée qui passe  
 » à travers le mur : il doit même avoir un peu  
 » de pente de ce côté-là, afin que la matière  
 » puisse s'écouler sans qu'il en reste en arrière ;  
 » ensuite on ferme cette percée avec des briques  
 » et de l'argile. On la chauffe bien, ainsi que son  
 » bassin de réception, mais non pas le grand  
 » bassin du fourneau d'affinage, sur lequel on  
 » pose d'abord 30 à 33 quintaux de matière cui-  
 » vreuse ; puis l'on ferme le grand trou à feu  
 » avec des briques, ne laissant en bas qu'une  
 » ouverture de 6 pouces de hauteur sur toute la  
 » longueur de cette bouche à feu.

» Tout étant préparé, on fait du feu avec des  
 » fagots dans la chauffe, pour mettre la matière  
 » en fusion, et avec une espèce d'écumoire on

» retire les scories qui surragent. Cette matière  
 » étant encore remplie de plomb, on ne peut pas  
 » en retirer du cuivre dès cette première fonte ;  
 » elle ne sert qu'à la désouffrer ; la matte qui s'y  
 » trouve se grille et le plomb se scorifie : cette  
 » opération dure 25 à 30 heures. Comme cette  
 » matière est extrêmement chaude et rongante,  
 » elle creuse considérablement le bassin ; par  
 » conséquent elle baisse, et le vent du soufflet  
 » ne pouvant plus la frapper comme au commen-  
 » cement, les scories sont alors très-difficiles à  
 » retirer. Si ces scories, qui au commencement  
 » sont noires, prennent une couleur bleuâtre,  
 » et que le cuivre, qui s'attache au fer avec lequel  
 » on prend l'essai, commence à se faire ou à se  
 » purifier, on perce pour faire couler ce métal  
 » dans le bassin de réception qu'on a tenu très-  
 » chaud ; on le retire en plaques de cuivre noir,  
 » à la quantité de 8 à 12 quintaux. On brûle pour  
 » chauffer le bassin de percée deux mesures de  
 » charbon, et trois cent cinquante fagots dans la  
 » chauffe ou réverbère.

» On rassemble tout le cuivre noir qui vient  
 » des matières cuivreuses, après plusieurs des  
 » opérations qu'on vient de décrire ; on refait  
 » une nouvelle brasque dans le foyer, on y met  
 » 25 quintaux de cuivre noir et on le chauffe  
 » vivement avec la flamme des fagots, pour le  
 » raffiner. On en tire les scories comme dans le  
 » désouffré précédent, et lorsqu'elles prennent  
 » une couleur tirant sur le brun, on lève, dans  
 » le bain, un essai avec un fer qui est au bout  
 » d'un long manche ; si l'on en trouve le grain  
 » très-fin, on juge que le cuivre est pur ; on  
 » perce pour le faire couler dans le bassin de ré-

» ception, qui doit être très-chaud, et on le lève  
 » ensuite par plaques, etc., etc.

» Des 25 quintaux de cuivre noir qu'on a mis  
 » à raffiner, on retire ordinairement 18 quintaux  
 » de cuivre rosette, et pour ce raffinage on brûle  
 » deux mesures de charbon pour chauffer le  
 » bassin de la percée, et jusqu'à trois cents fagots  
 » dans la chauffe au réverbère.

» Les scories qui restent de la première opéra-  
 » tion sont fondues dans le fourneau destiné à  
 » la fonte des mines de cuivre : on leur joint, si  
 » l'on veut, quelques scories de fonte de mine.  
 » Si la matière qui en provient est cuivreuse,  
 » on perce et on laisse en culot dans le bassin  
 » de la percée ; mais lorsqu'elle tient beaucoup  
 » de plomb, on la moule dans des poêles de fer  
 » et l'on passe le plomb, ordinairement cui-  
 » vreuse, au fourneau de liquation. Les culots  
 » qui sont riches en cuivre sont désouffrés sur le  
 » foyer du fourneau d'affinage ; puis on en raf-  
 » fine le cuivre noir, comme on l'a enseigné  
 » précédemment. »

Ce procédé de traitement des abstrichs, usité  
 au Bas-Hartz, m'a paru assez curieux, et si bien  
 d'accord avec le résultat de mes essais, que j'ai  
 jugé à propos de le rapporter en entier. On voit  
 que l'on y obtient du cuivre noir, qui est princi-  
 palement composé de sulfure de cuivre, et que  
 Schlutier considérait le soufre comme une partie  
 essentielle des abstrichs et comme jouant un rôle  
 important dans ce procédé pour obtenir le cuivre.

VI°. *Réaction du sulfure d'arsenic et de l'oxide  
 de plomb.*

Les recherches analytiques de M. Berthier, qui

lui ont fait reconnaître la présence de l'anti-  
 moine dans les abstrichs, ont dû être toutes fai-  
 tes sur des matières provenant du traitement de la  
 galène, puisque cette substance est presque le  
 seul minéral de plomb que l'on traite en grand ;  
 mais à Katzenthal (Bas-Rhin), où l'on fond beau-  
 coup de minerais de plomb arséniaté, l'arsenic  
 doit aussi dominer dans les abstrichs, et il deve-  
 nait intéressant d'examiner si le sulfure de ce mé-  
 tal ne donnait pas lieu à des combinaisons ana-  
 logues à celles que M. Berthier a découvertes  
 entre le sulfure d'antimoine et l'oxide de plomb ;  
 j'étais d'ailleurs conduit à l'admettre d'après les  
 observations suivantes.

Le traitement des abstrichs de Katzenthal au  
 fourneau à manche produit avec abondance des  
 vapeurs qui répandent une forte odeur d'arse-  
 nic ; les fentes du fourneau se tapissent de petits  
 cristaux très-nets et très-vifs, de forme octaé-  
 drique, d'acide arsénieux ; en outre, on obtient  
 encore du réalgar et de l'orpiment cristallisés, et  
 jusqu'à des sublimés noirs d'arsenic métallique,  
 ainsi qu'on peut s'en assurer par leur éclat mé-  
 tallique et en les projetant sur des scories chau-  
 des, où ils se dissipent entièrement en fumée  
 blanche arsénicale. Les plombs bruts qui résultent  
 de ces abstrichs s'écoulent de la percée en  
 exhalant une abondante fumée blanche et l'o-  
 deur caractéristique de l'arsenic, jusqu'à la der-  
 nière période de leur solidification. Les mêmes  
 phénomènes se présentent aussi dans le traite-  
 ment des minerais très-arséniatés ; seulement  
 les sulfures d'arsenic ne sont pas aussi abon-  
 dans, à moins que le minéral ne tienne beaucoup

de blende dont le soufre puisse se combiner à l'arsenic.

J'observerai encore qu'ayant eu à purifier sur une sole brasquée, dans le fourneau de coupelle, des plombs très-aigres provenant des écumages de la fabrication du plomb granulé pour la chasse, auquel on ajoute du sulfure d'arsenic, soit pour faciliter l'opération, soit pour durcir les grenailles, j'ai obtenu considérablement d'abstrichs très-noirs et répandant une forte odeur arsénicale.

D'après ces observations, j'étais donc en droit de présumer que le sulfure d'arsenic peut jouer un rôle analogue à celui du sulfure d'antimoine : c'est ce qui a été confirmé par les essais suivans.

J'ai d'abord essayé la voie de la coupellation, en ajoutant à une certaine quantité de plomb en pleine coupellation du sulfure d'arsenic ; mais ce procédé ne m'a pas bien réussi, parce que cette substance se brûle à la surface du bain sans s'y dissoudre. J'ai donc donné plus de fixité au sulfure d'arsenic, en constituant un sulfure double d'arsenic et de plomb par la fusion des deux élémens. Ce sulfure double s'est dissous rapidement dans le bain avec formation d'une flamme accompagnée d'une fumée abondante. Ayant, au bout de quelques instans, retiré la coupelle, je l'ai trouvée chargée d'une scorie noire, en tout semblable aux abstrichs ; en continuant la coupellation, cette scorie s'est grillée et elle a disparu.

J'ai fait aussi les divers mélanges suivans d'orpiment et de litharge, pour lesquels j'ai fait usage d'un orpiment du commerce, choisi, bien cris-

tallisé et parfaitement exempt de tout réalgar

Sulf. d'arsenic. 1 at. 15<sup>g</sup>,43 | 1 at. 15<sup>g</sup>,43 | 1 at. 15<sup>g</sup>,43  
Litharge. . . . 3 at. 83<sup>g</sup>,67 | 6 at. 167<sup>g</sup>,43 | 16 at. 446<sup>g</sup>,24

Tous ces mélanges m'ont donné :

1<sup>o</sup>. Des culots de plomb plus ou moins durs, à l'exception du premier, qui aurait produit un arséniure de plomb, si tout le soufre se fût brûlé par le contact de l'oxide de plomb, mais qui n'a donné qu'un culot très-cassant et semblable à de la galène, recouvert d'un peu de plomb métallique ; ce sulfure contenait considérablement d'arsenic et de soufre : on peut donc le considérer comme un sulfure double de plomb et d'arsenic.

2<sup>o</sup>. Des abstrichs métalloïdes, aussi noirs pour le dernier mélange que pour le premier : ainsi, le sulfure d'arsenic possède à un haut degré la propriété de noircir l'oxide de plomb en se combinant avec lui. Ces abstrichs sont plus cristallins que ceux obtenus, dans les mêmes circonstances, avec le sulfure d'antimoine.

Si on les maintient long-temps au feu, ainsi que je l'ai fait en les transvasant dans de nouveaux creusets, car cette matière est très-corrosive, on obtient des scories vitreuses, noires, dues à la combinaison de l'abstrich avec les terres du creuset, composé analogue à celui qui se rencontre si souvent dans les scories provenant de divers traitemens métallurgiques, où des sulfures se trouvent dans des silicates d'oxides, même quelquefois dans les laitiers de hauts-fourneaux, où l'on traite des minerais de fer gypseux ou barytiques, ainsi que j'ai été à portée de l'observer.

Ces abstrichs grillés prennent une couleur jaune orangée, et cela d'autant plus facilement que l'oxide de plomb y domine davantage.

Si on les traite au creuset brasqué, on obtient un plomb très-aigre, qui, soumis à la coupellation, fournit, au commencement, des abstrichs noirs: ainsi ce plomb retient du soufre et de l'arsenic; tous ces caractères sont pareillement ceux des abstrichs obtenus en grand.

Il résulte de ces faits que le sulfure d'arsenic peut, aussi bien que le sulfure d'antimoine, entrer en combinaison avec l'oxide de plomb pour constituer des abstrichs, et que cette espèce d'abstrich se rencontre aussi quelquefois dans les coupellations en grand.

Jusqu'à présent j'ai fait mention de quatre genres de réactions, savoir:

1°. Oxidation simultanée et partielle des deux élémens de sulfure, ainsi que cela a lieu pour les sulfures d'argent et de cuivre;

2°. Oxidation d'un seul des élémens du sulfure: ex. plomb sulfuré;

3°. Combinaison des sulfures avec l'oxide de plomb: ex. antimoine et arsenic sulfurés, l'oxide de plomb n'étant pas en très-grand excès;

4°. Enfin, combinaison avec l'oxide de plomb de sulfures doubles, dont l'un des élémens constitutifs n'est pas susceptible d'entrer seul en combinaison: ex. sulfure double d'argent et d'antimoine, sulfure double de cuivre et d'antimoine.

Actuellement, pour les métaux plus oxidables que les précédens une nouvelle série de phénomènes va se présenter; savoir, un échange plus ou moins complet des bases: en sorte que le plomb cède son oxigène aux sulfures, et ceux-ci

leur soufre au plomb; ce qui tient à la forte affinité de ces derniers pour l'oxigène.

VII°. Réaction du sulfure de fer et de l'oxide de plomb.

Le sulfure de fer employé était une pyrite naturelle, parfaitement pure et cristallisée, nullement efflorescente ni attirable.

On a formé le mélange suivant:

Persulfure de fer.  $\text{FeS}^4$  1 at. . . . . 14<sup>8</sup>,82

Oxide de plomb. .  $\text{Pb}$  4 at. . . . . 111<sup>8</sup>,56.

Après un bon feu qui n'a produit qu'une fusion imparfaite, on a obtenu:

1°. Un culot demi-ductile, pesant 6,55, mêlé de sulfure de plomb, dont on trouvait des cristaux dans les cavités du culot;

2°. Une masse assez considérable offrant tous les caractères de la galène, et qui contenait cependant du sulfure de fer en combinaison; elle se liait, d'une part, au culot précédent, et, de l'autre, se perdait dans la troisième matière, qui était une scorie compacte, noire, très-fortement attirable, sans éclat métallique, n'offrant que quelques points brillans dus au sulfure de plomb disséminé. C'est cette scorie qu'il importait surtout d'examiner.

On en a donc trié les parties exemptes de sulfure; par la porphyrisation, elles prenaient une teinte brune verdâtre. Cette substance, traitée par l'acide muriatique étendu, ne produit pas d'hydrogène sulfuré; elle s'attaque comme un oxide noir de fer contenant un peu de silice; par le refroidissement, il y a précipitation de chlorure

de plomb. Au chalumeau, elle n'a pas pu produire les réactions du soufre, mais celles de l'oxidule de fer et de l'oxide de plomb : cette scorie était donc une combinaison de ces deux oxides : ainsi il s'est opéré ici une double décomposition partielle, en vertu de laquelle il s'est formé un sulfure double de fer et de plomb avec un grand excès de ce dernier et une combinaison des deux oxides.

Comme tout autre mélange d'oxide de plomb et de sulfure de fer n'eût probablement contribué qu'à produire plus de plomb métallique aux dépens du sulfure de plomb et de l'oxide, j'ai jugé inutile de pousser plus loin les essais sur ce genre de réaction.

VIII°. Réaction du sulfure de zinc et de l'oxide de plomb.

Le sulfure de zinc a été préparé au moyen du sulfate de zinc purifié et réduit au creuset brasqué, suivant la méthode de M. Berthier. J'ai obtenu une blende peu cohérente et de couleur jaune clair.

On a fait le mélange suivant :

Sulfure de zinc.  $ZnS^o$  1 at. . . 12<sup>g</sup>,08,

Oxide de plomb.  $Pb$  2 at. . . 55<sup>g</sup>,78.

Ce mélange, mis au feu, a pris seulement dans son intérieur une fluidité pâteuse; à la surface, il s'était formé une croûte mince et infusible; il se dégagait du reste, comme de toutes les autres réactions, du gaz sulfureux, et on a remarqué en outre une faible flamme à la surface, qui provenait probablement du zinc en combustion.

Ayant retiré le creuset du feu après une bonne chauffe, j'ai trouvé une masse semblable à du sulfure de plomb, mais beaucoup plus terne, sans culot de plomb ni de scorie.

Un morceau de cette masse, dont j'ai malheureusement perdu le poids, en sorte que je ne puis donner l'analyse suivante que comme approximative, a été soumis aux traitemens suivans :

Porphyrisé et traité par l'acide acétique bouillant, on a obtenu par la filtration une solution contenant les oxides, et sur le filtre un résidu renfermant les sulfures.

La solution, précipitée par l'acide sulfurique, évaporée à siccité, reprise par l'eau, en aussi petite quantité que possible, pour ne pas redissoudre le sulfate de plomb formé, filtrée et lavée, a laissé sur le filtre

Sulfate de plomb. . . . . 0<sup>g</sup>,30,

Auquel correspond oxide de plomb. . . . . 0<sup>g</sup>,22.

La liqueur provenant de la filtration précédente, précipitée par le sous-carbonate de soude, a fourni un dépôt blanc gélatineux, qui, soumis à l'ébullition, est devenu grenu; filtrant, lavant soigneusement et calcinant de manière à éviter le contact des vapeurs charbonneuses, on a obtenu oxide de zinc 0<sup>g</sup>,21.

Je me suis assuré que ce précipité d'oxide de zinc ne retenait pas de plomb, mais des traces de fer, qui le coloraient un peu en jaune comme la blende employée.

Le sulfure restant sur le filtre lors du traitement par l'acide acétique a été traité par l'acide nitrique bouillant; il s'est formé un précipité de sulfate de plomb, du nitrate de plomb cristallisé

et du soufre en grumeaux ; on a converti le tout en sulfate par l'acide sulfurique, évaporé à siccité, repris par l'eau, filtré, lavé et calciné ; ce qui a produit

Sulfate de plomb. . . . . 2<sup>g</sup>,60,  
Auquel correspond sulfure. . . . . 2<sup>g</sup>,05.

La liqueur filtrée, précipitée par le sous-carbonate de soude, soumise à l'ébullition, a donné un nouveau précipité de carbonate de zinc, qui, calciné, pesait

Oxide. . . . . 0<sup>g</sup>,025,  
Auquel correspond sulfure. . . . . 0<sup>g</sup>,029.

D'après cet essai, la masse serait composée approximativement ainsi qu'il suit :

		Pour 10,00	
Oxide de plomb..	0,220	} 0,430 . . .	{ 0,870 } 1,700
Oxide de zinc. . . .	0,210		
Sulfure de plomb. . .	2,050	} 2,079 . . .	{ 8,200 } 8,300
Sulfure de zinc. . . .	0,029		

Traces de fer. — TOTAL. . . 2,509 . . . . . 10,000

#### IX°. Réaction du sulfure de calcium et de l'oxide de plomb.

Le sulfure de calcium a été préparé en réduisant au creuset brasqué des cristaux de gypse blanc.

On a opéré le pesage et le mélange du sulfure avec l'oxide de plomb au sortir du creuset, encore chaud.

Sulfure de calcium CS<sup>2</sup> 1 at. . . . . 9<sup>g</sup>,14,  
Oxide de plomb. . Pb 2 at. . . . . 55<sup>g</sup>,78.

Malgré l'activité du feu, je n'ai pas pu parvenir à amener le mélange à fusion, et je n'ai pu produire qu'une simple agglomération. Ayant retiré le creuset du feu, j'y ai trouvé une masse gris

noirâtre, qui, examinée à la loupe, offrait une multitude de points brillans comme la galène ; d'ailleurs, dans une cavité faite en enfonçant un crochet de fer pour sonder si la fusion s'opérait, j'ai trouvé des cristaux cubiques de galène, et à la surface de la matière il y avait quelques petites grenailles de plomb doux.

Cette matière a été soumise aux essais suivans : un fragment pulvérisé, mis en digestion dans l'eau, soit à froid, soit à chaud, n'a manifesté aucune odeur hydrosulfureuse, et la liqueur précipitait les sels de plomb en blanc. Le sulfure de calcium s'était donc complètement décomposé pendant cette réaction.

Par le nitrate de baryte, il se formait un précipité de sulfate de baryte ; une partie de la chaux s'était donc sulfatée pendant la réaction, ce qui forme un nouveau produit non encore observé parmi les précédens, les sulfates de tous les métaux soumis à la réaction de l'oxide de plomb étant trop décomposables par la chaleur pour subsister comme celui-ci dans la scorie.

Mais indépendamment du sulfate que contenait la liqueur, la chaux s'y trouvait à l'état d'hydrate et formait une eau de chaux, car elle se carbonatait à l'air, précipitait à l'état d'hydrate les solutions métalliques, comme les nitrates de cuivre, d'argent, etc. Enfin, la liqueur était précipitée au noir par un hydrosulfate alcalin, qui donnait lieu à la formation du sulfure de plomb ; j'avais d'autant plus lieu d'être surpris de cet effet, que l'on considère la litharge comme insoluble ou seulement susceptible d'être maintenue à l'état de suspension dans l'eau ; en conséquence, je chauffai fortement un mélange de

Chaux calcinée. . . 75,12,

Litharge. . . . . 27<sup>e</sup>,89.

J'obtins une masse cohérente, qui, pulvérisée et mise en digestion dans l'eau, m'a donné, après la filtration, une liqueur parfaitement claire et incolore, mais qui précipitait abondamment en noir par l'hydrogène sulfuré : l'oxide de plomb devient donc soluble dans l'eau à la faveur de la chaux.

La matière résultant de la réaction du sulfure de calcium et de la litharge, traitée par l'acide acétique bouillant, s'attaquait en laissant un dépôt noir, insoluble, qui offrait tous les caractères du sulfure de plomb; quant à la liqueur acétique, elle contenait des acétates de chaux et de plomb et des traces d'acide sulfurique.

Ainsi, la réaction qu'éprouve ce mélange est du même genre que les précédentes, en ce qu'il y a échange de bases; mais, indépendamment de cette réaction, il y a formation de sulfates de chaux.

Comme il était infiniment probable que les sulfures des autres bases alcalines joueraient absolument le même rôle que celle-ci, j'ai jugé inutile de pousser plus loin ces recherches.

En résumant ce qui vient d'être exposé dans ce mémoire, on voit :

1<sup>o</sup>. Que les sulfures d'argent et de cuivre subissent l'oxidation simultanée et plus ou moins complète de leurs deux élémens par l'oxide de plomb; et qu'ainsi il faut se méfier des scorifications qu'on ferait subir directement à ces sulfures pour en extraire le *fin*;

2<sup>o</sup>. Que le sulfure de plomb est plus ou moins complètement réduit par l'oxide de plomb, mais

que cette réaction n'a plus lieu en présence du charbon, même lorsque l'oxide de plomb est en grand excès;

3<sup>o</sup>. Que les sulfures d'antimoine et d'arsenic ont une forte tendance à se combiner avec l'oxide de plomb, quoiqu'une portion de leurs principes soit oxidée par ce réactif, et cela en d'autant plus grande quantité que l'oxide de plomb domine davantage;

4<sup>o</sup>. Que les deux sulfures précédens jouissent de la propriété d'entraîner les sulfures de cuivre et d'argent dans leur combinaison avec l'oxide de plomb, et de contribuer à leur oxidation par l'excès d'oxide de plomb;

5<sup>o</sup>. Que certains métaux, tels que l'étain et le zinc, facilitent l'oxidation du cuivre en présence du plomb;

6<sup>o</sup>. Que les sulfures de zinc et de fer cèdent la majeure partie de leur base à l'oxigène de l'oxide de plomb pour entrer en combinaison avec une portion restante de ce dernier, et que le plomb, devenu libre, s'empare du soufre pour constituer un sulfure, qui retient une certaine quantité des sulfures primitifs;

7<sup>o</sup>. Que les sulfures des métaux alcalino-terreux, et très-probablement des métaux alcalins cèdent leur soufre au plomb en échange de son oxigène, et qu'ils se convertissent réciproquement en sulfure de plomb et en oxides alcalino-terreux ou alcalins combinés avec l'oxide de plomb et en sulfates;

8<sup>o</sup>. Que les abstrichs sont des composés complexes, dont l'oxide de plomb forme un élément essentiel, et dont le second élément principal est un des sulfures d'antimoine ou d'arsenic, qui

peuvent entraîner en combinaison avec eux des sulfures de cuivre et d'argent, et que ces composés doivent contenir en outre divers oxides métalliques autres que celui de plomb, et du sulfate de ce dernier métal, d'après l'observation faite précédemment, que les abstrichs, par leur grillage, ne laissent dégager qu'une odeur sulfureuse très-faible ;

9°. Que l'argent se montre susceptible d'oxidation dans plusieurs traitemens métallurgiques, lors même qu'il ne se trouve pas en contact avec des sulfures, et de subsister à l'état d'oxide, quoique cet oxide soit réductible par une simple calcination quand il est libre et non vitrifié ;

10°. Enfin, que l'oxide de plomb devient soluble dans l'eau lorsqu'on l'a combiné avec la chaux.

NOTA. J'ai fait, il y a déjà long-temps, sur le sujet qui est traité dans ce mémoire, dans le but d'éclaircir plusieurs points de la théorie des essais par la voie sèche, beaucoup d'essais, qui m'ont conduit au même résultat que M. Fournet. Je ferai connaître mes expériences dans la prochaine livraison. P. B.

## RECHERCHES

### *Sur le traitement des minerais de cuivre pauvres.*

( *Archives métallurgiques* de M. Karsten, t. 6, p. 340. )

EXTRAIT.

On a trouvé dans la mine dite Félix, près Kupferberg, dans la Basse-Silésie, un filon qui n'était pas stérile, mais dont le minéral, au sortir des fossés, se recouvrait d'une poussière ocreuse, qui le faisait regarder comme n'étant pas susceptible d'être passé au fourneau. On lui a donné le nom de minéral de bocard ocreux, pour le distinguer des minerais pyriteux (sulfure et malaquite) qui se trouvent dans le voisinage. Il serait utile de faire à la main un triage exact et soigné de ces divers minerais, parce que ceux qui sont sulfureux sont les plus propres à subir les préparations mécaniques, comme bocardage, lavage, etc., et peuvent être, avec plus d'avantage, réduits en schlich, tandis que les minerais ocreux perdent considérablement par le lavage, en raison de ce qu'ils se réduisent en poussière très fine et très légère, qui est entraînée par l'eau, de manière que les particules d'oxide ou de carbonate de cuivre ne se retrouvent plus dans les bourbes. On a reconnu plusieurs fois, par des recherches faites à ce sujet, que 13,200 liv. de minéral ocreux donnaient seulement 660 liv. de schlich, et que 100 de ce dernier contenaient  $8\frac{1}{3}$  de cuivre : de sorte que 100 du minéral primitif rendaient, par la fonte de ce même schlich,

seulement 0,4166 ; c'est-à-dire qu'on pouvait espérer d'en retirer à peine 3,7 pour 100 de métal.

On a cherché, à l'aide d'expériences en grand, s'il ne serait pas possible de fondre avec avantage ce minéral ocreux sans le soumettre à aucune préparation mécanique : en effet, on pouvait espérer, d'un côté, de retirer par la fonte immédiate plus de cuivre qu'en préparant du schlich, puisqu'on évitait ainsi la perte notable qui a lieu au lavage ; mais aussi il était évident que les frais de fonte seraient plus considérables, puisqu'au lieu d'avoir à traiter seulement 660 livres, il faudrait opérer sur 13,200 livres. Il n'était donc pas certain que l'excédant de produit en cuivre pût couvrir le surcroît de dépenses ; toutefois, vu l'excessive pauvreté de ce minéral, ces recherches seraient peut-être demeurées sans résultat utile, si la gangue, après s'être effleurie, ne s'était pas trouvée aussi fusible qu'elle s'est montrée.

Si le peu de richesse du minéral provenait de ce qu'il se trouve trop peu de cuivre pyriteux dans de la pyrite de fer ou pyrite magnétique, la difficulté serait moindre que dans le cas présent, puisque, par le moyen du grillage des minerais, on pourrait oxider la plus grande partie du fer, et concentrer ensuite dans une matte presque tout le cuivre contenu, à l'aide d'une fonte succédant au grillage ; mais ce n'est point ce dont il s'agit ici, puisqu'il pourrait être utile d'ajouter du soufre dans le mélange à fondre, afin de rassembler le cuivre et d'en laisser moins dans la masse des scories.

Pour faire les recherches dont il nous reste à

présenter les résultats, il a été nécessaire, vu les différences de richesse des minerais ocreux, de les essayer et d'en faire des mélanges en proportions convenables, afin que, dans chaque expérience, le contenu en cuivre fût à-peu-près le même.

Pour les premières recherches, on prépara 19,800 livres de minéral, quantité qui fut partagée en trois portions, chacune de 6,600 livres, et qui ont été fondues comparativement. Le but que l'on se proposa d'abord était de reconnaître si ces minerais contenaient la quantité de soufre nécessaire pour former suffisamment de mattes, ou bien si le produit en cuivre serait augmenté par l'addition de matières sulfureuses.

1<sup>re</sup>. fonte. — 6,600 livres de minerais ocreux furent grillés et ensuite fondus sans autre addition que celle de scories pures de cuivre ; on en obtint 759 livres de mattes, qui contenaient, d'après l'essai qu'on en fit, 191 livres de cuivre : le minéral avait donc rendu en cuivre 2,9 p<sup>r</sup>. 100.

2<sup>e</sup>. fonte. — 6,600 livres du même minéral furent mêlés avec 1320 livres de pyrite de fer, et le tout fut grillé sur une aire ordinaire de grillage ; on en retira ensuite par la fonte 924 livres de mattes, qui contenaient 210 livres de cuivre : de sorte que le métal qui se trouvait concentré dans la matte formait 3,18 pour 100 du minéral.

3<sup>e</sup>. fonte. — 6,600 livres du même minéral furent mêlés avec 2,640 livres de pyrite de fer et ensuite grillés. La fonte eut lieu, comme précédemment, sans autre addition que celle des scories de cuivre pures ; on obtint 627 livres de mattes, qui contenaient 200 livres de cuivre métallique ; ce qui fait 3,03 pour 100.

Ces premiers essais confirmèrent la conjecture qu'en fondant les minerais en question sans préparation mécanique, on pouvait en retirer une bien plus grande quantité de métal, parce qu'il se perdait une portion notable de l'oxide de cuivre tant au bocardage qu'au lavage qui succédait : en effet, le produit en cuivre était porté de 3,7 à 3 pour 100; cependant, il n'y aurait point d'avantage dans cette opération si l'excédant des frais de fonte n'était pas compensé par l'augmentation du produit; mais comme on ne peut établir de calculs sans avoir égard au prix du combustible, qui varie dans chaque lieu, il est impossible de prononcer d'une manière absolue sur les avantages de l'un ou de l'autre procédé.

Ces mêmes essais ont fait connaître qu'en augmentant la proportion de soufre dans le mélange à fondre, on obtenait un résultat plus avantageux; mais il était nécessaire de rechercher si ce but, que l'on s'efforçait d'atteindre en ajoutant de la pyrite, ne pourrait pas l'être plus économiquement, et même d'une manière plus certaine, en supprimant le grillage; enfin, dans la supposition que les minerais ocreux ne contiennent pas une quantité suffisante de soufre, il fallait reconnaître quelle proportion de pyrite il convenait de mêler avec eux pour rassembler le cuivre sans augmenter inutilement la masse des mattes produite par la fonte crue. A cet effet, on prit 6,600 livres de minerais de même espèce que les premiers, mais provenant d'un endroit différent dans la mine, et on les partagea en deux parties égales.

1<sup>re</sup>. fonte. — 3,300 livres de ce minéral furent fondues sans aucune préparation et tel qu'il était sorti des souterrains; on les concassa seulement; on n'y ajouta aucune matière, et l'on obtint 363 livres de mattes, qui contenaient 145 livres  $\frac{3}{8}$  de cuivre: de sorte que le produit fut de 4,425 pour 100.

2<sup>e</sup>. fonte. — L'autre moitié, savoir 3,300 livres du même minéral, fut fondue de la même manière, mais avec addition de 20 pour 100, ou 660 livres de pyrite de fer, et le mélange fut soumis au grillage: on obtint 363 livres de mattes, qui contenaient 137 livres un quart de cuivre; le produit était donc de 4,16 pour 100.

On doit conclure de ces faits que les minerais contenant très-peu de soufre, le grillage ne produisait qu'un effet nuisible, et que l'avantage de l'addition de la pyrite était détruit par le grillage qu'avait subi le mélange avant la fonte dans la seconde expérience; car les premiers essais avaient fait connaître que l'addition de la pyrite augmentait notablement le produit en cuivre, même en pratiquant le grillage. Dans la première série de recherches, on a vu que le minéral fondu seul, mais sans grillage, donnait plus de cuivre qu'après son mélange avec de la pyrite; mais ce mélange était grillé.

Il restait encore à examiner si l'on ne pouvait pas fondre avec avantage ces minerais en les mêlant de manière que quelques-uns d'entre eux apportassent le soufre nécessaire pour former une quantité suffisante de mattes et y concentrer le cuivre qu'ils contiennent; et, ensuite, si l'addition des matières pyriteuses augmente-

rait encore le produit. On prépara, en conséquence, 39,600 liv. de minéral ocreux très-pauvre, destinées à deux fontes d'essai; on partagea en deux portions, dont l'une fut laissée dans son état naturel, et l'autre mêlée avec de la pyrite de fer.

1<sup>re</sup>. fonte. — 19,800 livres furent fondues crues, c'est-à-dire sans grillage préalable et sans aucune addition; on obtint 1,683 livres de mattes, qui contenaient 274 livres  $\frac{1}{2}$  de cuivre: c'était 1,38 pour 100.

2<sup>e</sup>. fonte. — 19,800 livres du même minéral furent fondues sans grillage préliminaire, mais après avoir été mêlées avec 2 pour 100 ou 396 livres de pyrite de fer. On espérait que le soufre contenu dans la pyrite cuivreuse non grillée pourrait rassembler le cuivre disséminé; ce qui n'avait peut-être pas eu lieu dans la fonte précédente, vu l'insuffisance du soufre. On obtint 1,617 livres de mattes, qui contenaient 294 liv. de cuivre: c'était 1,48 pour 100.

Enfin, dans le but de reconnaître si l'addition de 2 pour 100 de pyrite conviendrait également aux minerais de même nature, mais plus riches que les précédens, on en prépara encore 19,800 livres pour être fondues en deux portions égales.

1<sup>re</sup>. fonte. — 9,900 livres, fondues sans grillage préliminaire et sans aucune addition, donnèrent 1,089 livres de mattes, qui contenaient 383 livres  $\frac{2}{3}$  de cuivre, c'est-à-dire 3,876 pour 100.

2<sup>e</sup>. fonte. — De 9,900 liv. de ce même minéral fondues avec addition de 2 pour 100 de pyrites de fer sans grillage préliminaire, on obtint 1,023

livres de mattes, qui contenaient 403 livres de cuivre, c'est-à-dire 4,07 pour 100.

Ces expériences montrent avec évidence que les minerais de cuivre pauvres, qui ne peuvent être soumis aux lavages sans éprouver une très-grande perte, parce qu'ils contiennent des particules d'oxide de cuivre très-légères, et qui, d'ailleurs, ne renferment qu'une très-faible proportion de soufre, doivent être traités sans grillage préliminaire, c'est-à-dire en fonte crue; car le grillage, outre les dépenses auxquelles il donne lieu, volatilise une partie du soufre, qu'il serait au contraire utile d'augmenter dans certains cas, dans la vue de réunir et de concentrer le cuivre dans la matte, afin qu'il en reste le moins possible dans les scories. On doit en conclure aussi que ceux qui contiennent des oxides de cuivre et très-peu de cuivre sulfureux ou de pyrites de fer doivent être fondus sans être lavés, et en y ajoutant une certaine quantité de pyrites, qui y apportent le soufre qui leur manque, pour former, par la fonte crue, une suffisante quantité de mattes.

Les avantages de ce procédé seront d'autant plus notables, comparativement aux méthodes employées ordinairement (celle des lavages, grillages et fonte qui succède), que le prix du cuivre sera plus élevé et celui du combustible moindre, en supposant toutefois qu'il ne fût pas trop difficile, c'est-à-dire trop coûteux, de se procurer des pyrites de fer; car, dans le cas où l'on ne pourrait pas en trouver à un prix convenable, on serait obligé d'abandonner, comme intraitables, les minerais dont nous parlons.

### Minéral de Bismuth et Cobalt.

(Archives métallurgiques de M. Karsten, t. 15, p. 239.)

EXTRAIT.

M. Ch. Karsten a donné le nom de *bismuth-kobalterz* à un minéral de cobalt trouvé à Schneeberg, dans l'Erzgebirge. Sa couleur est gris de plomb passant au gris d'acier; sa texture rayonnée: il est peu éclatant dans certaines parties et brillant dans d'autres; il donne, par le choc du briquet, des étincelles qui paraissent provenir de particules de quartz mélangées sans être visibles; il n'y a pas d'odeur d'arsenic. La pesanteur spécifique varie de 4,5 à 4,7; mais si l'on supposait que le quartz n'existe point, elle serait de 6,0 à 6,7.

M. Karsten considère ce minéral comme une combinaison réelle, et faisant abstraction du mélange quarzeux, qui varie de 0,975 à 32,325, il en représente la composition par la formule,  $30\text{Co As}^2 + 15\text{Fe As}^2 + 5\text{Bi As} + 4\text{Cu As} + 4\text{Ni As} + 3\text{FeS}$ , d'après le résultat d'analyse qui suit:

Arsenic . . . . .	77,9602
Cobalt . . . . .	9,8866
Fer . . . . .	4,7695
Bismuth . . . . .	3,8866
Cuivre . . . . .	1,3030
Nickel . . . . .	1,1063
Soufre . . . . .	1,0160
Manganèse . . . . .	trace.

99,9282.

#### Errata pour le mémoire précédent.

Page 542, ligne 2. . . 3,7, lisez  $\frac{3}{2}$ .

Page 544, ligne 8. . . 3,7, lisez  $\frac{3}{2}$ .

## ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU TROISIÈME TRIMESTRE  
DE 1826.

ORDONNANCE du 6 septembre 1826, portant autorisation d'établir un haut-fourneau, pour la fusion du fer, en la commune de Brazey (Côte d'Or).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.  
ART. I<sup>er</sup>. Les sieurs Philippon frères sont autorisés à établir sur leurs propriétés, dans la commune de Brazey, département de la Côte-d'Or, un haut-fourneau pour la fusion du minéral de fer, à l'aide du charbon de bois, conformément aux deux plans ci-joints.

ART. II. La machine à vapeur à haute pression dont ils feront usage ne pourra être alimentée qu'à la houille.

ORDONNANCE du 11 septembre 1826, portant autorisation d'établir deux lavoirs à bras, pour le lavage du minéral de fer en la commune d'Etreille (Haute-Saône).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.  
ART. I<sup>er</sup>. Les sieurs Derosne et compagnie sont autorisés à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, deux lavoirs à bras pour le lavage du minéral de fer, sur leur propriété, sisé au territoire d'Etreille, département de la Haute-Saône.

ART. IV. Les impétrans seront tenus d'établir à la suite desdits lavoirs trois récipients ou bassins de dépôt pour re-

Haut-fourneau de Brazey.

Lavoirs à bras d'Etreille.

cevoir les boues produites par le lavage des minerais. Ces bassins auront chacun cinquante mètres de longueur sur quatre mètres de largeur; leur fond sera horizontal et à un mètre vingt-cinq centimètres en contre-bas du dessus de leur déversoir de superficie. Chacun de ces déversoirs de superficie sera muni d'une vanne de décharge, qui ne sera ouverte que pendant le curage des bassins.

ART. V. Lesdits bassins seront curés à fond toutes les fois que le dépôt boueux s'éleva à trente-cinq centimètres en contre-bas du niveau de la surface de l'eau dans la partie d'amont de ces bassins.

ART. VI. Les matières provenant du curage seront déposées en des points où elles ne pourront être entraînées par les eaux.

ART. VII. Faute par les impétrants de faire curer les bassins quand besoin sera, le curage sera fait à leurs frais par les soins du maire de la commune d'Étrelle.

ART. VIII. Le réservoir B sera muni d'une vanne, qui devra être fermée toutes les fois que le lavage sera suspendu, et alors on donnera écoulement aux eaux par un canal large d'un mètre et profond de quatre-vingts centimètres, qui sera creusé le long des lavoirs et bassins, à partir du dit réservoir jusqu'au point où les eaux seront rendues à leur cours naturel à leur sortie du troisième bassin du dépôt.

ART. IX. Les impétrants se soumettront au surplus à toutes les autres mesures qui pourront être ordonnées par l'administration, pour garantir les propriétés riveraines des dégâts que causeront les boues, dans le cas où celles ci-dessus seraient reconnues insuffisantes.

ART. X. Les travaux relatifs à la distribution des eaux et à la fixation de leur hauteur seront exécutés sous la surveillance de l'ingénieur des ponts et chaussées, et ceux relatifs à l'emplacement, aux dimensions et à la construction des bassins, sous la surveillance de l'ingénieur des mines.

Ces ingénieurs dresseront procès-verbaux de la vérification de ces ouvrages après leur achèvement. Copies de ces procès-verbaux seront déposées aux archives de la préfecture et à celles de la commune d'Étrelle, et il en sera donné avis au Directeur général des ponts et chaussées et des mines.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant que le sieur Bressand est autorisé à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, quatre lavoirs à bras, pour le lavage du minéral de fer, sur le terrain qui lui appartient, au lieu dit le Pré-du-Puy, dans la commune de Raze (Haute-Saône). Lavoirs à bras du Pré-du-Puy.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant que les sieurs Derosne et compagnie sont autorisés à maintenir en activité, conformément au plan joint à la présente ordonnance, les deux lavoirs à bras qu'ils ont établis sur leur terrain, pour le lavage du minéral de fer, dans la commune de la Chapelle Saint-Quillain (Haute-Saône). Lavoirs à bras de la Chapelle Saint-Quillain.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant que le sieur Gallot, propriétaire de la forge d'Ivoyle-Pré (Cher), est autorisé à ajouter à cette usine, conformément au plan joint à la présente ordonnance, et en remplacement des deux verreries existant dans la même commune, un haut-fourneau pour la fonte du minéral de fer, par le charbon de bois. Haut-fourneau d'Ivoyle-Pré.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant que le sieur Thibault est autorisé à établir deux lavoirs à cheval, pour le lavage du minéral de fer, dans le pré dit Nicaise, commune d'Oyrière (Haute-Loire). Lavoirs à cheval d'Oyrière.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant autorisation de construire une forge à l'anglaise sur les bords du Blavet, près d'Hennecourt (Morbihan). Forge à l'anglaise du Blavet.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. Ier. La dame veuve Hébert et le sieur Besné sont autorisés à faire construire sur leur propriété dite *la Joie*, située sur les bords du Blavet, près d'Hennecourt, département du Morbihan, une forge à l'anglaise, destinée à convertir la fonte en fer en barres, en ne consommant que de la houille pour combustible.

ART. II. La consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux quatre plans joints à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit :

- 1°. Deux machines à vapeur, l'une de la force de seize chevaux, l'autre de trente;
- 2°. Six fourneaux de réverbère d'affinage;
- 3°. Deux fourneaux pour chauffer et souder le fer;
- 4°. Un feu de Mazerie;
- 5°. Un fourneau à la Wilkinson;
- 6°. Deux fours servant à convertir la houille en coak.

Patouillet à  
roue de  
Feurg.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant que les sieurs Linossier, Philippe Terrasse et compagnie, sont autorisés à établir, conformément au plan joint à la présente ordonnance, un patouillet à roue, pour le lavage du minéral de fer, au moulin de Feurg, dont ils sont propriétaires, sur le ruisseau de La Sous-Froide, commune de Bouhans (Haute-Saône).

Lavoires à  
bras  
d'Étreille.

ORDONNANCE du 12 septembre 1826, portant que le sieur Duchon est autorisé à établir deux lavoires à bras, sur un terrain qu'il a amodié au canton dit Blanc-Saule, commune d'Étreille (Haute-Saône), le tout conformément au plan joint à la présente ordonnance.

## TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME I<sup>er</sup>.*Géologie et Minéralogie.*

NOTICE sur le gisement de l'antimoine sulfuré de Malbosc (Ardèche); par M. P.-F. Jabin, Aspirant au Corps royal des Mines. . . . .	Pag. 3
SUR le gisement de platine en Amérique. — Lettre de M. Boussingault à M. de Humboldt ( <i>Ann. de Ch.</i> , t. 32, p. 209) . . . . .	175
SUR les mines d'or et de platine de l'Oural; par M. de Humboldt ( <i>Globe</i> , juill. 1826) . . . . .	178
NOTICE géologique sur les environs de Nemours, Puyseaux et Château-Landon; par M. P. Berthier, ingénieur en chef au Corps royal des Mines. . . . .	287
ITINÉRAIRE géognostique de Fontainebleau à Château-Landon, et composition du sol de la plaine de Château-Landon; par M. le vicomte Héricart Ferrand, Docteur en médecine. . . . .	297
APERÇU sur les différens bassins houillers de l'Angleterre; par MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont, Ingénieurs au Corps royal des Mines. . . . .	355
NOTICE sur une carte géologique de la France, entreprise par ordre de M. Becquey, Conseiller d'État, Direct. général des Ponts et Chaussées et des Mines. . . . .	381
OBSERVATIONS géologiques sur les différentes formations qui, dans le système des Vosges, séparent la formation houillère de celle du lias; par M. Elie de Beaumont. . . . .	393
SUR les diverses formations calcaires de la Souabe; par M. C.-G. Gmelin ( <i>Naturwissenschaftlich abhandlungen</i> . — Extrait). . . . .	491
<i>Chimie; Recherches docimastiques; Analyses de substances minérales.</i>	
DE l'action des alcalis et des terres alcalines sur quelques sulfures métalliques; par M. P. Berthier. . . . .	25

CHIMIE. (Extraits de journaux.) . . . . .	Pag. 63
— 1. Sur la classification et la nomenclature; par M. J. Berzelius. . . . .	Ib.
— 2. Note sur la nomenclature et la classification chimique; par M. Guibourt. . . . .	67
— 3. Note sur la cristallisation des minéraux; par M. Vincent. . . . .	74
— 4. Observations sur le dimorphisme des corps; par MM. Mitscherlich et Haidinger. . . . .	79
— 5. Tubes pour la conservation de certains liquides; par M. Faraday. . . . .	80
— 6. Instrument propre à mesurer la densité des corps en poudre; par M. Leslie. . . . .	Ib.
— 7. Graduation des aréomètres; par M. Moore. . . . .	82
— 8. Du pouvoir conducteur de l'électricité dans les métaux, etc.; par M. Becquerel. . . . .	83
— 9. Sur la faculté qu'ont les gaz de traverser le mercure; par M. Faraday. . . . .	Ib.
— 10. Nouvelle forme qu'affecte le carbone; par M. Colquhoun. . . . .	84
— 11. Sur une nouvelle méthode pour la préparation de l'oxide de carbone; par M. Dumas. . . . .	85
— 12. Soufre fluide à la température ordinaire, observé par M. Faraday. . . . .	86
— 13. Sur la combinaison du soufre avec l'eau; par M. Bischof. . . . .	Ib.
— 14. Des sulfo-hydrates; par M. J. Berzelius. . . . .	Ib.
— 15. Des sulfo-carbonates; par le même. . . . .	88
— 16. Remède aux dangers de l'inspiration du chlore. . . . .	89
— 17. Mémoire sur une substance particulière contenue dans l'eau de la mer; par M. Balard. . . . .	Ib.
— 18. Sur le brome; par M. J. Liebig. . . . .	99
— 19. Sur l'acide iodeux de Sémentini; par M. Wöhler. . . . .	100
— 20. Mémoire sur les combinaisons du phosphore, et particulièrement sur celles de ce corps avec l'hydrogène; par M. J. Dumas. . . . .	109
— 21. Des sulfo-sels d'arsenic; par M. J. Berzelius. . . . .	107
— 22. Sur le fluorure d'arsenic; par M. Unverdorben. . . . .	112
— 23. Note sur quelques fluorures; par M. Dumas. . . . .	Ib.
— 24. Mémoire sur quelques points de la théorie ato-	

mistiquel; par M. J. Dumas. . . . .	Pag. 115
— 25. Recherches chimiques sur l'amidon; par M. J.-B. Caventou. . . . .	121
— 26. Analyse d'un composé cristallin d'acide hyponitrique et d'acide sulfurique; par M. W. Henry. . . . .	122
— 27. Sur l'action mutuelle de l'acide sulfurique et de la naphthaline; par M. Faraday. . . . .	Ib.
— 28. Moyen de découvrir la présence de l'acide borique dans les minéraux, à l'aide du chalumeau; par M. Ed. Turner. . . . .	125
— 29. Sur la cause qui tient la silice en dissolution dans les eaux minérales. . . . .	126
— 30. Théorie nouvelle de la nitrification; par M. Longchamp. . . . .	127
— 31. Sur la manière d'agir des chlorures alcalins comme corps désinfectans; par M. Gaultier de Claubry. . . . .	130
— 32. Carbo-phosphate de soude; par M. Thomson. . . . .	131
— 33. Moyen de découvrir l'existence de la lithine dans les minéraux, à l'aide du chalumeau; par M. Ed. Turner. . . . .	132
— 34. Procédé pour reconnaître de très-petites quantités de phosphate de chaux; par MM. Vauquelin et Thénard. . . . .	133
— 35. Préparation de l'aluminium; par M. Oerstedt. . . . .	134
— 36. Sur les aluminates; par M. Unverdorben. . . . .	135
— 37. Sur le fluorure de chrome; par le même. . . . .	Ib.
— 38. Sur le fluorure et le chlorure de chrome; par M. Berzelius. . . . .	137
— 39. Sur le chlorure de chrome; par M. Dumas. . . . .	Ib.
— 40. Sur les sulfo-sels de molybdène; par M. J. Berzelius. . . . .	138
— 41. Sur les moyens de séparer la zircone de l'acide titanique; par M. Berzelius. . . . .	143
— 42. Du sulfure de cérium; par M. Mosander. . . . .	144
— 43. Sur l'acide manganésique; par M. Unverdorben. . . . .	145
— 44. Sur la propriété pyrophorique du fer réduit par l'hydrogène, et sur l'oxide de fer; par M. Stromeyer. . . . .	146
— 45. Détermination de la température la plus basse à laquelle l'oxide de fer est complètement réduit par le gaz hydrogène; par M. G. Magnus. . . . .	147

- 46. Préparation des sulfures de fer  $\text{FeS}_2$  et  $\text{FeS}_4$ ; par M. *J. Berzelius*. . . . . Pag. 49
- 47. Sur un sulfure supérieur de cobalt; par M. *J.-J. Sotterberg*. . . . . 50
- 48. Sur la préparation du nickel; par M. *P. Berthier*. . . . . 51
- 49. Moyen de séparer l'arsenic du nickel et du cobalt; par M. *Wöhler*. . . . . 66
- 50. Chloro-sulfure d'antimoine; par M. *Gmelin*. . . . . 67
- 51. Sur deux nouveaux sels triples d'étain; par M. *Apjon*. . . . . *Ib.*
- 52. Sur les muriates ammoniaco-mercuriels; par M. *Soubeiran*. . . . . 168
- 53. Composé de cyanure de mercure et de chromate de potasse; par MM. *Caillot et Podevin*. . . . . 169
- 54. Sur quelques cyanates; par M. *J. Liebig*. . . . . *Ib.*
- 55. Action du platine sur les mélanges de gaz (application à leur analyse); par M. *Henry*. . . . . 172
- 56. Réaction de l'acide hydriodique sur les dissolutions métalliques; par M. *Pleischl*. . . . . 173
- 57. Nouveau moyen d'extraire l'or du minéral de platine; par M. *Arkhipoff*. . . . . 174
- ANALYSES DE SUBSTANCES MINÉRALES. (Ext. de journ.) 229
- 1. Note sur la présence de l'iode dans les eaux minérales; par M. *Liebig*. . . . . *Ib.*
- 2. Note sur le gaz inflammable qui sort de la mine de sel de Ludovici, pays de Szlativa en Hongrie; par M. *Brenner*. . . . . *Ib.*
- Observations de M. *Poggendorf*. . . . . 230
- 3. Analyse de la suie; par M. *H. Braconnot*. . . . . 231
- 4. Analyse du noir de fumée; par le même. . . . . 232
- 5. Sur les éfilorescences salines du trass du lac de Laach et des laves de Bertrich; par les Drs. *G. Bischoff et J. Nöggerath*. . . . . 234
- 6. Sur la famille des feldspaths; par le Dr. *Hessel*. . . . . *Ib.*
- 7. Analyse de la thénardite; par M. *A. L. Casaseca*. . . . . 235
- 8. Notice sur le sulfate de soude trouvé en Suisse (canton d'Argovie); par M. *Gimbernat*. . . . . 236
- 9. Analyses des eaux minérales de la Peirrière, près Montiers en Savoie; par M. *J.-M. Soquet*. . . . . 237
- 10. Analyse de l'eau de la Mer-Morte; par M. *C.-G. Gmelin*. . . . . 238

- 11. Analyse de la gay-luscite; par M. *J.-B. Boussingault*. . . . . Pag. 259
- 12. Sur la gay-luscite; par M. *L. Cordier*. . . . . *Ib.*
- 13. Sur la lévyne; par M. le Dr. *Brewster*. . . . . 241
- 14. Analyse des cendres de diverses espèces de bois; par M. *P. Berthier*. . . . . *Ib.*
- 15. Analyse d'une poudre qu'on vend, à Paris, aux bijoutiers sous le nom de couleur; par M. *Casaseca*. . . . . 259
- 16. Sur le sulfate de baryte d'Auvergne; par M. *Barruel*, préparateur à la faculté des sciences. . . . . 260
- 17. Analyse du calcaire à chaux hydraulique, employé au canal Erié (New-Yorck); par M. *Seybert*. . . . . *Ib.*
- 18. Analyse de deux calcaires magnésiens des montagnes d'Oliouilles et de Cette; par M. *Laugier*. . . . . *Ib.*
- 19. Analyse du magnésien limestone des environs de Bristol; par M. *Gilby*. . . . . 261
- 20. Sur deux nouvelles espèces de chaux arséniatee; par M. *W. Haidinger*. . . . . 262
- 21. Analyse du grenat de Pitkaranda en Finlande; par M. *Hess*. . . . . *Ib.*
- 22. Analyse de la vésuvienne de Mussa et de Montzoni; par M. *F. de Kobell*. . . . . *Ib.*
- 23. Analyse de la picrosmine; par M. *G. Magnus*. . . . . 263
- 24. Analyse de l'asbeste cristallisée; par M. *Hess*. . . . . *Ib.*
- 25. Note sur la fluellite; par M. *Lévy*. . . . . *Ib.*
- 26. Analyse de l'halloysite; par M. *P. Berthier*. . . . . 264
- 27. Analyse de la cordiérite d'Arendal en Norwège; par M. *Laugier*. . . . . 266
- 28. Description de l'édingtonite; par M. *W. Haidinger*. . . . . 267
- 29. Sur l'épistilbite; par le Dr. *G. Rose*. . . . . *Ib.*
- 30. Examen chimique de l'argile de Combal, près Cormayeur (Savoie); par M. *Laugier*. . . . . 268
- 31. Analyse des cendres de l'Etna envoyées par M. Ferrari, professeur d'histoire naturelle, à Palerme; par M. *Vauquelin*. . . . . 269
- 32. Analyse du pyrochlore; par M. *Wöhler*. . . . . 270
- 33. Sur la bustamite. . . . . 272
- 34. Sur la composition des battitures de fer; par M. *Mosander*. . . . . 273

- 35. Analyse de l'aérolithe tombée dans l'État de Maryland; par *G. Chilton* . . . . . Pag. 275
- 36. Sur les aérolithes; par *M. John* . . . . . 276
- 37. Pluie de pierres observée près d'Orembourg en Sibérie; par le Dr. *Eversmann* . . . . . 277
- 38. Sur une formation de pyrite dans une eau thermale; par *M. Longchamp* . . . . . *Ib.*
- 39. Analyse, du sphérosidérîte du lignite; par *M. G. Bichoff* . . . . . 279
- 40. Sulfate de fer octaédrique; par *M. Wöllner* . . . . . *Ib.*
- 41. Analyse du fer chromé de Shetland; par *M. T. Thomson* (Extrait d'une lettre adressée à *M. Berthier*) . . . . . 280
- 42. Nouvelle analyse du cobalt éclatant de Musen; par *M. Vernekinck* . . . . . *Ib.*
- 43. Analyse de quelques objets d'antiquités égyptiennes recueillis par *M. Passalacqua*; par *M. Vaucelin* . . . . . 281
- 44. Description de la kœnigite; par *M. Lévy* . . . . . *Ib.*
- 45. Sur le bismuth telluré; par *M. J. Berzelius* . . . . . *Ib.*
- 46. Description de la heudantite; par *M. Lévy* . . . . . 282
- 47. Analyse du plomb antimonifère d'Alsau sur le Rhin; par *M. Tromsdorf* . . . . . *Ib.*
- 48. Description de la zinkenite; par *M. G. Rose* . . . . . *Ib.*
- 49. Analyse de la zinkenite et de la jamesonite; par *le même* . . . . . 284
- 50. Isomorphisme du tunstate et du molybdate de plomb; par *M. Lévy* . . . . . 285
- 51. Analyse de monnaies d'argent romaines trouvées à Famars (département du Nord); par *M. Fe-neulle* . . . . . 286
- ANALYSE de la pouzzolane de Naples et du trass des bords du Rhin; par *M. P. Berthier* . . . . . 333
- ANALYSE du fer météorique de Toluca au Mexique; par *le même* . . . . . 337
- ANALYSES de quelques poteries; par *le même* . . . . . 469
- RECHERCHES chimiques sur les diverses formations calcaires de la Souabe; par *M. C.-G. Gmelin* ( *Naturwissenschaftlich abhandlungen*, 1827. — Extrait ) . . . . . 491
- MÉMOIRE sur les réactions qui ont lieu entre les sul-

- fures métalliques et l'oxide de plomb; par *M. J. Fournet*, ancien Elève des Mines . . . . . Pag. 503
- MINÉRAI de Bismuth et Cobalt. ( *Archives métal. de M. Karsten*, t. 15, p. 259. — Extrait. ) . . . . . 548

### Minérallurgie : Arts qui en dépendent.

- NOTICE sur le traitement de l'antimoine sulfuré de Malbosc ( Ardèche ); par *M. Jabin* . . . . . 3
- MÉTHODE perfectionnée pour fondre l'acier; par *M. Needham* ( *London Journal of Arts*, juill. 1825 ). . . . . 62
- DESCRIPTION des procédés suivis à Chessy pour la préparation mécanique des minerais; par *M. Thibaud*, Ingénieur au Corps royal des Mines . . . . . 193
- INFLUENCE de la température sur les propriétés des produits obtenus des minerais de fer fondus dans un haut-fourneau. ( *Archives d'exploitation et de métallurgie de M. Karsten*, tome 15, page 211. ) . . . . . 209
- MÉMOIRE sur une nouvelle méthode pour l'essai et le traitement de la pyrite aurifère; par *M. J.-B. Bous-singault* . . . . . 319
- FABRICATION du packfong; par *M. de Gersdorff* ( *Ann. de Poggendorf*, 1826, p. 103 ). . . . . 339
- FABRICATION de la fonte et du fer en Angleterre; par *MM. Dufrenoy et Élie de Beaumont* . . . . . 353
- SUR les stuckofens du Henneberg ( dans la Thuringe ). — ( Extrait. ) . . . . . 477
- RECHERCHES sur le traitement des minerais de cuivre pauvres. ( *Arch. mét. de M. Karsten*, t. 6, p. 340. ) . . . . . 541

### Exploitation des Mines.

- NOTICE sur l'exploitation de l'antimoine sulfuré de Malbosc ( Ardèche ); par *M. P.-F. Jabin* . . . . . 3

### Mécanique, Arts de construction et Objets divers.

- EXPÉRIENCES faites dans le but d'apprécier les avantages que l'on doit retirer en substituant à la houille, dans le chauffage des machines à vapeur, de la tour-

de bonne qualité; par M. Garnier, Ingénieur au Corps royal des Mines.....	Pag. 51
REPERTOIRE DELLE MINIERE, etc. — Répertoire des Mines, ou Recueil de lettres-patentes, réglemens, mémoires et notices sur les substances minérales des États de S. M. le Roi de Sardaigne. T. 1 et 2. Turin, 1826.....	179
Sur la machine à débourber de Chessy; par M. Thi- baud.....	195

### Ordonnances royales concernant les Mines.

ORDONNANCES rendues pendant :

1°. La fin du premier trimestre de 1826 . . . . .	181
2°. Le second trimestre (même année)... . . . .	184
3°. Le troisième trimestre (même année).. . . .	341 et 549

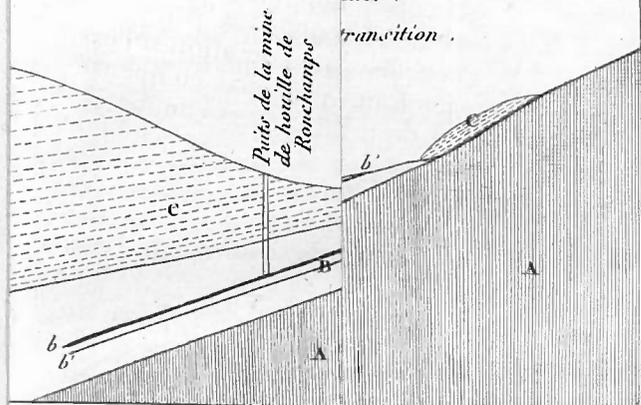
Planches jointes à ce Tome.

- PL. I. Fourneau pour la fusion de l'antimoine sulfuré  
à Malbosc.  
PL. II. Machine à débourber, de Chessy.  
PL. III. Carte des environs de Nemours, Puyseaux et  
Château-Landon.  
PL. IV. }  
PL. V. } Coupes de terrains.  
PL. VI. }  
PL. VII. Four à poterie de Saint-Amand.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Imprimerie de Madame HUZARD (née Vallat la Chapelle), rue de  
l'Éperon, n°. 7.

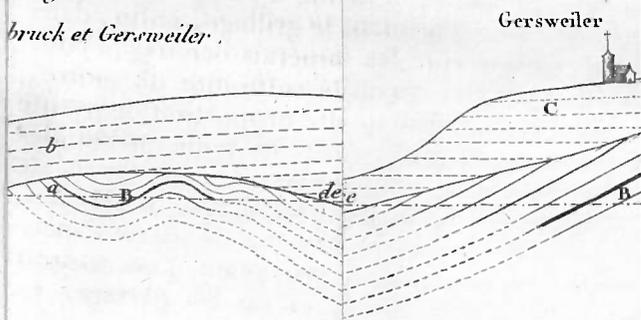
des terrains  
Ronchamps.



orges proprement dit.  
érieures de la formation  
Vosges qui rappellent  
ement le roche toute

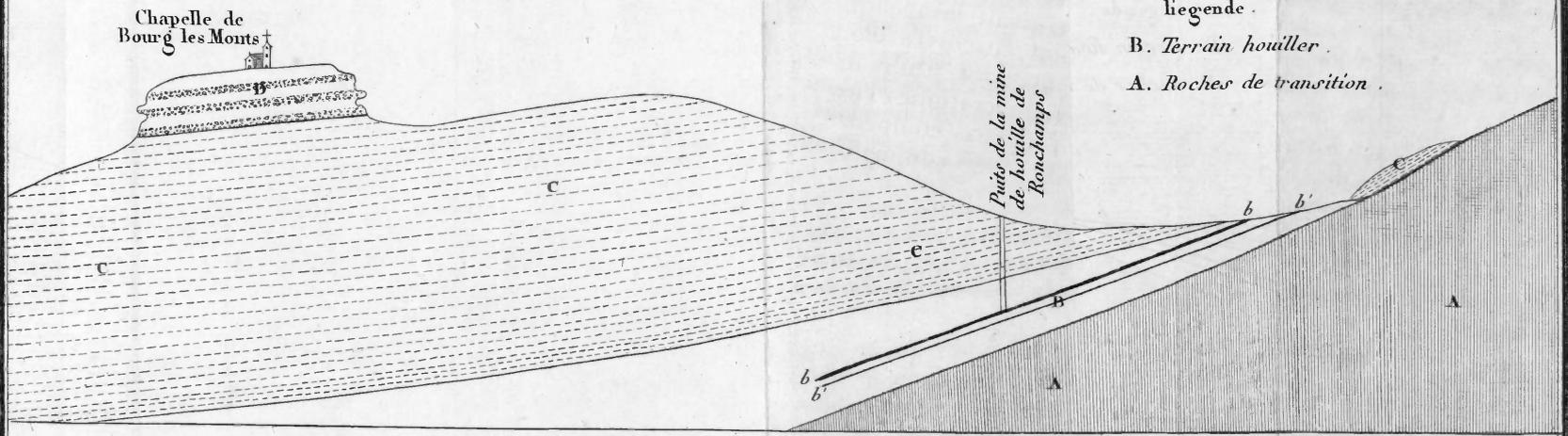
iller.  
transition.

ive des terrains  
ive gauche de la  
bruck et Gersweiler.



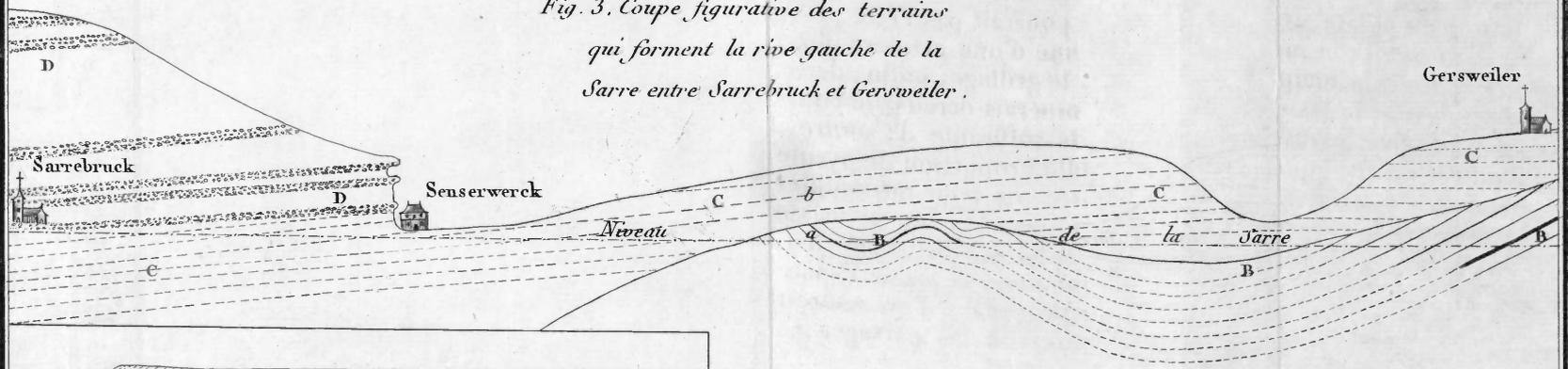
- D. Grèment dit.  
C. Coue solides de la  
für Vosges.  
B. Ter

Fig. 2. Coupe figurative des terrains  
des environs de Ronchamps .



- D. Grès des Vosges proprement dit .
- C Couches inférieures de la formation du Grès des Vosges qui rappellent assez exactement le rothe todte liegende .
- B. Terrain houiller .
- A. Roches de transition .

Fig. 3. Coupe figurative des terrains  
qui forment la rive gauche de la  
Sarre entre Sarrebruck et Gerweiler .



- D. Grès des Vosges proprement dit .
- C. Couches inférieures peu solides de la formation du Grès des Vosges .
- B. Terrain houiller .

Fig. 1.

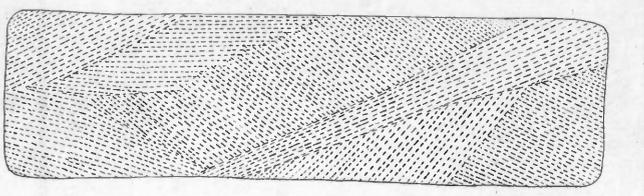


Fig. 1. Juxtaposition accidentelle de  
Muschelkalk et de Grès Bigarré

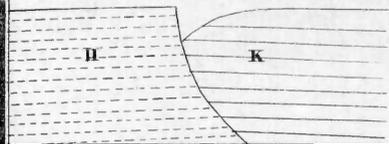


Fig. 2. Coupe du Terrain des Environs de la Marche  
(Dép<sup>t.</sup> des Vosges)

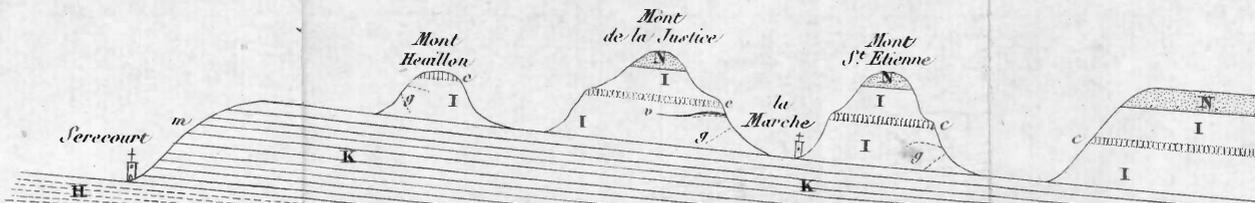


Fig. 3. Coupe d'une Colline au  
Nord de Senaide.  
(Dép<sup>t.</sup> de la H<sup>e</sup> Marne.)

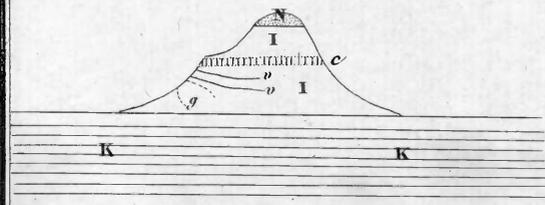
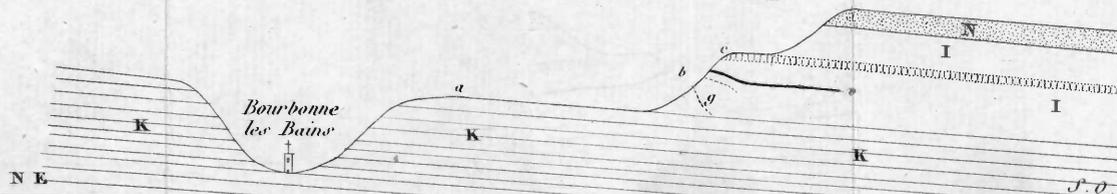


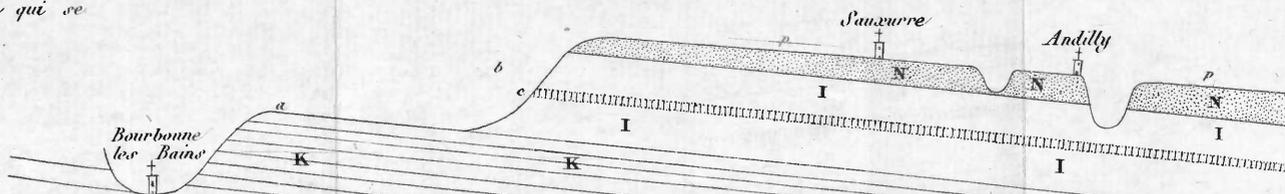
Fig. 4. Coupe du Terrain au S. O. de Bourbonne-les-Bains  
(H<sup>e</sup> Marne)



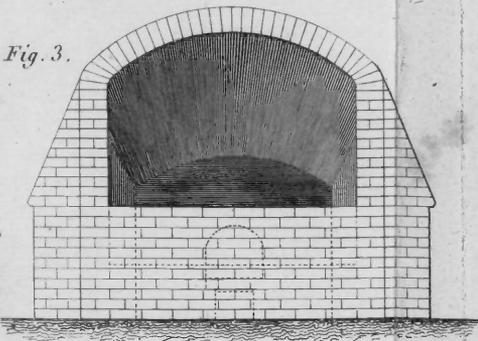
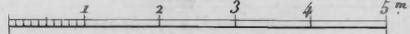
L É G E N D E  
(pour toute la Planche)

- H Grès Bigarré
- K Muschelkalk
- I Marnes irisées
- N 1<sup>er</sup> Etage de la Formation du Liás, compren<sup>t</sup>  
l'un des Grès nommés Quaderwandstein.
- c Couche de Calcaire Magnésifère qui se  
trouve dans les Marnes irisées.
- g Amas de Gypse
- v Marnes Charbonneuses.

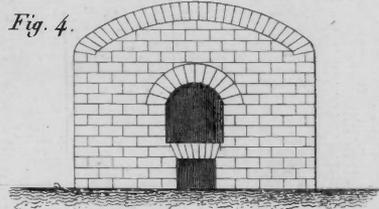
Fig. 5. Coupe du Terrain à l'Ouest de  
Bourbonne-les-Bains



Elevation sur I.I.

Echelle de 0.<sup>m</sup>5 pour mètr.

Elevation sur H.H.



Coupe longitudinale suivant F.G.

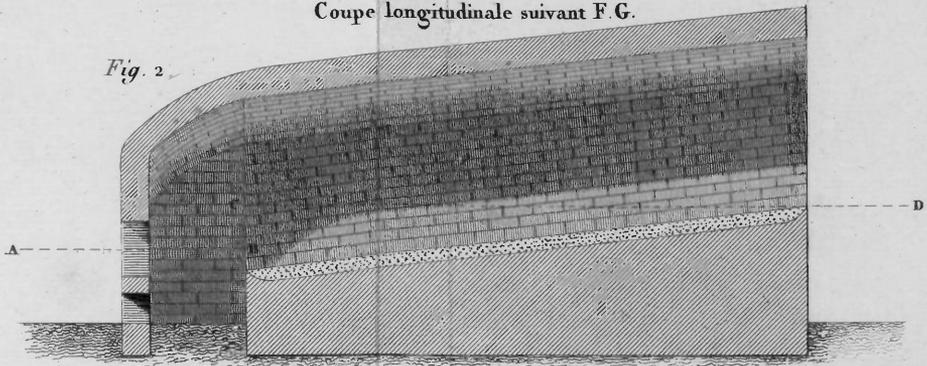
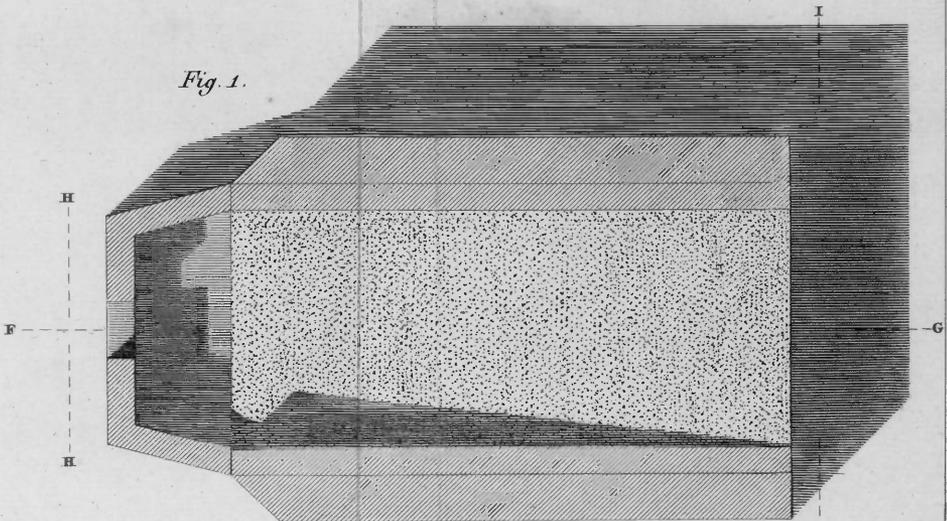


Fig. 1.



Coupe horizontale suivant A.B — C.D.

I. Raynaud del.

Gravé par Berthe.