

ANNALES
DES MINES,

ou

RECUEIL

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

Rédigées par le Conseil général des Mines,

PUBLIÉES

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

—ooo—
TOME XIII.
—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°. 5.

1826.

AVERTISSEMENT.

L'avis placé en tête du neuvième volume (1^{re}. liv. 1824) porte que les *Annales des Mines* seront augmentées de deux livraisons, et qu'elles paraîtront de *deux mois en deux mois*. Néanmoins, à cause de l'abondance des matières, les livraisons de 1824 sont encore bien plus fortes qu'elles ne devaient l'être, puisque chacune d'elles surpasse de beaucoup *sept à huit* feuilles d'impression.

S'il fallait s'en tenir à ce nombre, il serait impossible de faire connaître, à temps, dans ce Recueil tous les Mémoires qui intéressent l'art des Mines.

D'après cette considération, il a été arrêté qu'à commencer du 1^{er}. janvier 1825, chaque livraison comprendra, au moins, *dix* feuilles d'impression. Les livraisons continueront de paraître de *deux mois en deux mois*.

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

En s'engageant ainsi à faire paraître, par année, *six* livraisons, composées chacune de *dix* feuilles d'impression, au moins, on ne peut maintenir le prix de la souscription aux *Annales des Mines*, tel qu'il avait été fixé au moment de la publication du volume de 1816 (1).

Ce prix a été porté, à compter du 1^{er}. janvier 1825, à *vingt francs*, par an, pour Paris, et à *vingt-quatre francs* pour les Départemens.

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

(1) Alors on ne s'était engagé à publier, par année, qu'un seul volume, composé de quatre livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune.

MÉMOIRE

SUR

LA GÉOGNOSIE DU DÉPARTEMENT DU NORD;

PAR M. POIRIER SAINT-BRICE, Ingénieur au Corps royal des Mines (1).

Le département du Nord, si riche par son industrie manufacturière et par l'extrême fertilité de son sol en général, est également l'un des plus importants de toute la France sous le rapport de ses produits minéraux et de ses établissemens métallurgiques. Les mines de houille qu'il renferme seraient peut-être susceptibles de satisfaire aux besoins de tout le nord-ouest du royaume : ses minerais de fer fournissent à la consommation de la moitié des nombreuses forges disséminées dans l'arrondissement d'Avesnes, et les carrières nouvellement découvertes ou remises en exploitation dans cet arrondissement, nous donnent depuis quelques années tous les marbres que nous allions auparavant acheter à grands frais dans la Belgique.

Les divers terrains qui constituent le sol de ce département semblent présenter naturellement deux grandes divisions, l'une renfermant

Importance de la richesse minérale du département du Nord.

Coup d'œil sur l'ensemble de sa constitution géognostique.

(1) Ce mémoire a été adressé, à la fin du mois de juillet 1825, à la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille, qui l'a couronné dans sa séance publique du jour de la Saint-Charles, 4 novembre suivant, et lui a décerné une médaille d'or.

les terrains à couches inclinées, qui sont les plus anciens, et l'autre ceux à couches horizontales. Dans la première, on trouve un terrain de calcaire fétide et schiste argileux et le terrain houillier : tous deux sont recouverts par ceux de la seconde division ; parmi lesquels on remarque successivement, et en remontant, les argiles et sables inférieurs à la craie, le terrain de craie, celui des sables et grès supérieurs ; enfin, les terrains d'alluvion.

Système de classification générale, suivi dans ce mémoire.

On sait que les géologues divisent en plusieurs grandes classes de terrains, d'après l'ancienneté reconnue de formation, l'ensemble des substances minérales qui constituent la partie solide déjà explorée de notre globe. La première, celle des *terrains primitifs ou primordiaux*, comprend tous ceux de structure cristallisée, qui sont évidemment antérieurs à l'existence des corps organisés, qui par conséquent n'en contiennent aucune trace ; la seconde classe, celle des *terrains intermédiaires ou de transition*, se compose de ceux qui sont comme le passage de la première à la troisième. Cette classe peut offrir deux sous-divisions, 1^o. les terrains de transition plus anciens, qui tiennent, pour leur structure ou leur disposition, de ceux primordiaux, mais qui renferment déjà quelques débris de corps organisés, végétaux ou animaux ; 2^o. les terrains de transition plus modernes, plus riches en débris de corps organisés, et qui ont beaucoup plus de points de rapprochement avec ceux de la classe suivante. La troisième classe renferme les *terrains dits secondaires*, jusques et y compris la craie ; tous sont d'ordinaire remplis abondamment des débris des corps organisés. Vient

ensuite la quatrième classe, celle des *terrains tertiaires*, supérieurs à la craie ; enfin la classe des *terrains d'alluvion ou d'atterrissement*, qui se sont formés des débris de tous les précédens.

Ce système de classification, qui a été généralement adopté depuis la fondation de l'École allemande par Werner, est encore le plus en usage, tout imparfait qu'il est, sur-tout sous le rapport des dénominations employées ; c'est aussi celui que je suivrai dans le cours de mon travail.

Les terrains appelés primitifs, qui composent la première classe, ne se rencontrent sur aucun point du département du Nord. Parmi ceux qui constituent le sol de ce département, les plus anciens sont, comme je l'ai déjà dit, le terrain de calcaire fétide et schiste argileux avec celui houillier, qui me paraissent devoir être rangés dans la deuxième classe, parmi les terrains de transition les plus modernes.

Les terrains de la seconde classe seront donc l'objet du commencement de ce mémoire, dont la suite se composera des autres classes auxquelles se rapportent les terrains moins anciens dont j'ai parlé. Je ferai ainsi connaître successivement la nature et la disposition des divers terrains, appa-rens ou non à la surface, qui composent le sol du département ; j'indiquerai leurs limites autant qu'elles me sont connues, et j'exposerai en même temps quelques considérations sur l'ancienneté relative des formations que constituent ces terrains. Dans l'examen particulier de chaque formation, je parlerai du gisement des minéraux qu'elle renferme, de la position des fossiles qui s'y rencontrent, des rapports de ces derniers avec

Les terrains primitifs manquent dans le département du Nord.

Division de ce mémoire.

les terrains plus ou moins anciens ; enfin je donnerai tous les détails qu'il me paraîtra utile de faire connaître sur la manière d'être de ces divers terrains.

Définition géognostique des mots terrain et formation.

Les deux mots de *terrain* et de *formation*, que je viens d'employer, sont souvent confondus ensemble. Avant d'aller plus loin, je crois nécessaire de rappeler ici d'une manière précise quel est le sens géognostique qu'il faut attribuer à l'un et à l'autre. Un *terrain* est la réunion des différentes couches d'une même roche, ou bien celle de plusieurs roches dont les couches successives peuvent alterner les unes avec les autres, ou se trouver seulement superposées sans qu'il y ait alternance ; la seule condition est que tout l'ensemble rentre dans l'une des grandes divisions du système de classification que j'ai rappelé plus haut. Une *formation* est la réunion des différentes couches d'une même roche, ou celle de plusieurs roches alternant d'ordinaire ensemble, et que l'on peut regarder d'ailleurs, sous tous les rapports, comme ayant été formées simultanément par les mêmes causes, et présentant par conséquent des circonstances semblables de gisement. On voit, d'après ces définitions, qu'un terrain peut constituer une seule et même formation, comme il peut également en réunir plusieurs qui soient ou contemporaines ou bien d'époques plus ou moins rapprochées.

Terrains de transition.

Disposition relative des deux espèces de terrains de
 Les terrains les plus anciens parmi ceux qui constituent le sol du département du Nord sont, 1^o. le terrain de calcaire fétide et schiste argileux ; 2^o. le terrain houillier. Tous deux rentrent,

d'après leurs caractères, dans la seconde classe ; celle des terrains de transition.

Le premier, après avoir occupé toute la partie sud-est du département, se trouve borné par la rencontre du terrain houillier, puis il se montre de nouveau et absolument le même au nord-ouest de celui-ci : il présente donc ainsi deux formations contemporaines, mais séparées, que je distinguerai par leurs positions respectives du nord et du midi. Le terrain houillier, bien connu, n'en constitue qu'une seule qui leur est intermédiaire.

Je vais parler d'abord des deux formations de calcaire fétide et schiste argileux, en commençant par celle du sud, la seule qui se fasse voir à la surface du sol.

§ 1. Formation (sud) de calcaire fétide et schiste argileux.

Dans la partie le plus à l'est du département du nord, la formation (sud) de calcaire fétide et schiste argileux est apparente à la surface du sol. La ligne qui limite l'étendue superficielle qu'elle y occupe, passe au nord dans les environs de Montignies-sur-Roc et de Roisin en Belgique, d'où elle continue à descendre au midi, en passant, entre Bavay et le Quesnoy, par la forêt de Mormal, puis entre Maroilles et Landrecie. Au-delà de cette limite, vers l'ouest, la même formation se prolonge en plongeant sous les terrains secondaires, dont les couches horizontales recouvrent presque tout le reste du département.

J'examinerai d'abord la nature et la disposition générale de cette formation.

Les deux roches principales qui la composent

transition, et des formations qu'ils constituent.

Etendue superficielle de cette formation.

Nature des roches com-

posantes : sont le calcaire fétide et le schiste argileux. La première est un calcaire généralement compacte, dur et susceptible de poli ; sa couleur est d'un gris bleuâtre plus ou moins foncé ; qui va quelquefois jusqu'au plus beau noir ; l'analyse a fait voir que cette couleur est due au carbone, qu'il renferme en plus ou moins grande quantité. Il présente assez souvent des parties grenues, qui lui donnent alors par places l'aspect d'un calcaire saccharoïde à grains très-fins, très-serrés. Il est aussi fréquemment parsemé de mouches et de petits filets de chaux carbonatée lamellaire, dont la couleur blanche contraste avec celle bleue ou noire du fond. Pour les parties compactes, la cassure en grand est imparfaitement conchoïde, et pour les autres elle est unie ou inégale ; dans l'un et l'autre cas, elle est presque toujours esquiveuse à très-petites esquies. Ce calcaire renferme un gaz très-fétide, qui paraît être de l'hydrogène sulfuré ; il en dégage l'odeur par la raclure et plus sensiblement encore sous le choc du marteau. C'est d'après cette propriété que lui a été donnée la dénomination de *calcaire fétide*.

Indication des fossiles caractéristiques que contient cette roche de transition.

Les divers caractères de cette roche sont évidemment ceux d'un calcaire de transition. La nature des corps organisés dont il renferme les débris, paraît devoir le faire ranger parmi les terrains les plus modernes de cette classe. On y trouve des *ammonites*, des *térébratules*, beaucoup de *madrépores* dans certaines couches, et dans d'autres une telle multitude d'*encrinites*, que plusieurs géologues ont regardé ces derniers fossiles comme caractéristiques pour ce terrain, et l'ont désigné sous le nom de *calcaire à encrinites* ; les couches qui les renferment en sont pour ainsi dire pétries,

et elles se représentent dans la formation par intervalles assez rapprochés.

J'ai reconnu en outre dans le même calcaire deux genres de coquilles bivalves, que l'on a longtemps confondus avec les térébratules, et qui ont été décrits depuis peu d'années par Sowerby dans son ouvrage sur la conchyliologie fossile de l'Angleterre : ce sont les *spirifers* et les *productus*, qui existent dans un calcaire de transition de cette contrée (*Mountain-limestone* du Derbyshire), lequel paraît analogue à celui-ci, et se montre comme lui recouvert par une grande formation de houille. Le *spirifer* se distingue de la térébratule par une échancrure ou fossette triangulaire qui remplace le trou rond de la seconde, et est, ainsi que ce dernier, placée sous le crochet de la grande valve. Le *productus* est, comme la térébratule, une coquille inéquivalve, à crochets inégaux, mais imperforés, c'est-à-dire où il n'y a aucune sorte d'ouverture ; c'est ce caractère qui le distingue sur-tout des deux autres fossiles : de plus, la charnière est en ligne droite. Les couches remplies d'encrinites sont celles où ces fossiles m'ont paru exister en plus grande abondance : ils se représentent d'ailleurs fréquemment dans beaucoup d'autres couches calcaires et schisteuses ; aussi je pense qu'on doit les regarder, aussi bien que les encrinites, comme des fossiles caractéristiques de cette formation.

Malgré de nombreuses recherches suivies sur plusieurs points, je n'ai découvert dans le calcaire fétide aucune trace de bélemnites ni d'orthocératites : ces deux genres de fossiles, sur-tout les bélemnites, paraissent appartenir de préfé-

rence aux couches les plus anciennes du calcaire de transition, dans lesquelles on ne rencontre point de térébratules, et on ne voit que très-peu d'autres coquilles bivalves.

2°. Schiste argileux.

Le schiste argileux (thonschiefer des géologues allemands) est onctueux au toucher, parsemé de petites paillettes de mica, donnant au contact de l'haleine l'odeur fortement argileuse : sa couleur ordinaire est d'un gris bleuâtre plus ou moins foncé ; mais elle varie, et passe souvent au jaune ou au vert : sa cassure en grand est schisteuse ; en petit, elle est inégale et terreuse. Ce schiste argileux est évidemment, comme le calcaire avec lequel il alterne, de transition ; on y rencontre parfois quelques corps organisés fossiles analogues à ceux du calcaire, comme des encrinites, des térébratules et autres bivalves dont je viens de parler.

Allure générale de cette formation.

La direction générale des couches de la formation (sud) de calcaire fétide et schiste argileux, observée sur plusieurs points assez éloignés, est par-tout de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, c'est-à-dire sur une ligne qui va de l'est à l'ouest, en prenant son point de départ remonté de 8 à 10 degrés vers le nord : la différence qui se remarque quelquefois n'est jamais que d'un très-petit nombre de degrés. L'inclinaison de tout le système est beaucoup plus variable : d'ordinaire, elle est assez forte relativement à l'horizon, et se rapproche plus ou moins de la verticale ; mais sur plusieurs points elle diminue progressivement et finit par être nulle, en sorte que les couches deviennent horizontales, après quoi elles reprennent une inclinaison en sens contraire. Ainsi cette inclinaison a lieu tantôt

vers le midi et tantôt vers le nord ; cependant elle se soutient toujours long-temps dans le même sens, et les variations ne se manifestent d'ordinaire qu'à de très-grandes distances les unes des autres.

On connaît déjà les limites de cette formation pour toute la partie du sol du département où elle se montre à découvert : au-delà de ces limites, vers le nord, elle s'enfonce sous le terrain secondaire, et vient se terminer à la rencontre du terrain houillier par une ligne parallèle à sa direction générale, qui prend au-dessus de Montignies en Belgique, et passe de là par Estreux, Saint-Léger et Arleux. Montignies est un des points où le calcaire fétide se montre encore tout près de la surface du sol ; on voit à peu de distance une carrière où il est en exploitation. A Estreux, ce n'est que par tradition que l'on y connaît son existence ; on y a, dit-on, creusé anciennement un puits qui est venu tomber sur une de ses couches. Quant à la position de Saint-Léger, elle est déterminée par les résultats positifs d'un sondage exécuté en 1819 par les ouvriers de la compagnie d'Anzin, au bas de la montagne du Paradis et près le chemin du Vignoble à Saint-Léger : on a bien voulu me confier les produits de ce sondage pour en faire l'examen. Après avoir traversé 31^m,8 de terrain secondaire, on s'est ensuite enfoncé de 8^m,95 dans le calcaire gris compacte ; on en a obtenu des fragmens assez gros présentant des veines de calcaire blanc cristallin, et la sonde a même ramené des débris de plusieurs petites coquilles fossiles assez bien caractérisées, parmi lesquelles j'ai pu reconnaître une ammonite ayant conservé

Indication de ses limites vers le nord et sous le terrain secondaire.

deux tours de spire, une térébratule très-plate, deux turritelles à quatre tours de spire, et une turbinolie sillonnée, espèce de madrépore.

Au-delà de Saint-Léger et dans tout l'arrondissement de Cambrai, l'existence de la formation de calcaire fétide au-dessous du terrain secondaire n'est plus qu'une présomption; l'épaisseur de ce dernier augmente de plus en plus, et il n'a été traversé sur aucun point.

Alternance
prononcée
du calcaire
fétide et du
schiste argi-
leux.

Dans toute cette formation, le calcaire fétide alterne assez régulièrement avec le schiste argileux; cependant, sur beaucoup de points, la première des deux roches paraît dominante; ses couches prennent très-souvent beaucoup plus d'épaisseur que celles du schiste argileux, qui pourtant se représentent toujours à de certains intervalles: en sorte que ces deux roches composent bien évidemment une seule et même formation. Les passages de l'une à l'autre n'ont pas lieu d'ordinaire d'une manière brusque et très-prononcée: le plus souvent, au contraire, le schiste argileux devient effervescent dans le voisinage du calcaire, qui lui-même devient parfois feuilleté et argileux; mais le premier passage se remarque plus fréquemment que le second, ce qui tient sans doute à la prédominance que j'ai déjà dit appartenir au calcaire dans tout le système.

Indication
des lieux où
cette alter-
nance a été
constatée.

Je vais indiquer ici quelques points principaux où j'ai pu constater l'alternance des deux roches qui composent la formation.

Dans la commune de Ferrière-la-Petite, en remontant vers le nord, dans la direction de Cerfontaine, on voit à découvert, des deux côtés de la route, des couches schisteuses inclinées vers

le sud, sous un angle de 7 à 8 degrés avec la verticale, et dont la direction est celle générale de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest. Le schiste argileux est gris verdâtre, très-micacé, et ne fait aucune effervescence avec l'acide nitrique: il est compris entre le calcaire fétide de Ferrière-la-Petite au midi, dont l'inclinaison des couches varie de 9 à 12 degrés avec la verticale, et celui de Cerfontaine, incliné de 10 à 15 degrés, l'un et l'autre vers le midi; leur direction est du reste constamment la même. Les couches du schiste argileux se montrent sans interruption et sans changer de nature sur une assez grande largeur; mais je n'ai pu voir à découvert d'aucun côté leur jonction avec le calcaire fétide.

Entre Ferrière-la-Petite et Ferrière-la-Grande, dans le ravin d'un petit ruisseau qui coule à-peu-près de l'est à l'ouest, j'ai retrouvé d'autres couches de schiste argileux, qui paraissent être le prolongement des précédentes: leur direction est la même; leur inclinaison, toujours vers le midi, est de 18 à 20 degrés avec la verticale: le schiste argileux est également micacé et d'un gris verdâtre.

A Aulnois-lès-Berlaimont, sur les bords de la Sambre, on a repris depuis deux ans d'anciennes recherches de houille qui paraissent y avoir été autrefois poussées assez loin, mais sans résultat. Dans un puits qui y a été creusé en 1822 et 1823, jusqu'à 30 mètres environ de profondeur, on a traversé une suite de couches, très-inclinées au midi, de calcaire fétide et de schiste argileux: le principe charbonneux y est tellement abondant, qu'ils sont l'un et l'autre d'une couleur noire très-foncée, et que leurs parties anguleuses

laissent une trace noirâtre sur le papier. Le schiste sur-tout jouit de cette propriété remarquable, qui paraîtrait le distinguer du schiste houillier proprement dit; car ce dernier ne tache jamais le papier qu'en gris verdâtre, même lorsqu'il fait partie des couches les plus voisines de la houille.

Le schiste noir d'Aulnois paraît n'être point en général micacé; mais il renferme beaucoup de fer sulfuré, disséminé dans sa masse en petits cristaux cubiques, qui souvent ne sont visibles qu'à la loupe; ses parties qui avoisinent la roche calcaire font effervescence avec l'acide nitrique. Le calcaire renferme également beaucoup de parties pyriteuses, ainsi que des veines et nids de chaux carbonatée lamelleuse; les échantillons que j'ai vus de l'une et l'autre roche ne m'ont paru contenir aucun débris de coquilles fossiles.

A Saint-Remy-Chaussée, entre Pont-sur-Sambre et Avesnes, on retrouve encore l'alternance du schiste micacé et du calcaire fétide: mais ici ces deux roches sont beaucoup moins chargées de carbone; leur couleur est celle la plus ordinaire, le gris bleuâtre. Le schiste est presque toujours légèrement effervescent; il contient dans certaines couches des encrinites: on voit que ces caractères sont bien éloignés de ceux du schiste houillier; aussi n'a-t-on point donné suite aux recherches de houille entreprises d'abord de ce côté. Le calcaire avec lequel ce schiste alterne est également coquillier, et renferme sur-tout beaucoup d'encrinites.

Enfin, dans le canton de Trélon, à l'extrémité sud-est du département, on trouve sur bien des points le calcaire fétide alternant avec le schiste

argileux, souvent même en couches qui ont à peine un ou deux décimètres d'épaisseur, comme on le remarque, dans la commune de Glageon, sur la côte qui s'élève au midi entre le village et le bois communal qui en dépend.

La roche de calcaire fétide renferme souvent des géodes plus ou moins resserrées, tapissées de plusieurs variétés de cristaux de chaux carbonatée lamelleuse. On y rencontre aussi la chaux carbonatée stalactiforme et concrétionnée. Les autres substances accidentelles que j'y ai reconnues sont la chaux carbonatée ferrifère, la chaux fluatée violette, l'anthracite et le fer sulfuré: ces deux dernières substances sont les seules que j'aie rencontrées dans le schiste argileux. J'indiquerai les localités de ces diverses substances dans le cours de ce mémoire.

La formation (sud) de calcaire fétide et de schiste argileux renferme le plus fréquemment, en couches subordonnées, une roche arénacée quartzeuse ou grès à grains fins, ayant tous les caractères de la *grauwacke* des Allemands: Ce grès, toujours argilo-miacé, devient un peu calcaire quand il alterne avec le calcaire fétide. Je l'ai observé de cette nature dans un canton dont j'ai déjà parlé, aux environs de Saint-Remy-Chaussée: il est gris verdâtre, très-miacé, et par suite un peu schisteux; sa cassure transversale est inégale et esquieuse; il fait une légère effervescence avec l'acide nitrique, et présente dans son intérieur de petits filets noirs, où le carbone du calcaire fétide semble avoir pénétré.

Les minerais de fer du canton de Trélon sont également en couches subordonnées au milieu

Substances
acciden-
telles ren-
contrées
dans les ro-
ches de cette
formation.

Couches su-
bordonnées.

de la même formation ; je terminerai ce qui la concerne en faisant connaître avec détails la nature et le gisement de ces minerais.

Existence
de nombreuses
carrières
de marbres
dans l'arron-
dissement
d'Avesnes.

D'après ce qui précède, on voit que la formation de calcaire fétide et schiste argileux se montre à découvert sur presque toute la superficie de l'arrondissement d'Avesnes. De tout temps, le calcaire fétide, connu sous le nom de *Pierre bleue*, a été exploité comme pierre de taille. La dureté qu'il acquiert dans quelques bancs le rend susceptible de recevoir alors un très-beau poli, et de donner un marbre dont l'aspect varie selon que la couleur est plus ou moins foncée, ou suivant la manière dont le fond est accidenté par la présence des filets et veines de chaux carbonatée laminaire, ou bien par celle des débris de corps organisés fossiles. On a ainsi, dans cet arrondissement, de nombreuses variétés de marbres, qui, en général, sont les mêmes que ceux tant recherchés de la Belgique ; leur qualité ne peut être inférieure, puisque c'est absolument le même terrain qui les renferme dans l'un et l'autre pays. Leur exploitation a pris sur-tout depuis 1818 beaucoup d'extension ; on a ouvert de tous côtés de nouvelles carrières, on a repris les anciennes, et plus de quinze scieries sont maintenant en activité sur les différens cours d'eau.

Déjà le rapport fait, en 1822, à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, par M. le vicomte Héricart de Thury, conseiller d'État, directeur des travaux de Paris, a fait connaître plusieurs espèces de marbres qui venaient d'être découvertes dans les cantons de Bavay et de Maubeuge. Les détails qui suivent sont relatifs à

d'autres carrières que j'ai visitées, et pour lesquelles je vais indiquer la nature et la qualité des marbres qu'elles fournissent.

1°. *Carrière de Cerfontaine, près Maubeuge.*
On y trouve un très-beau *Sainte-Anne* gris, noir et blanc ; la couche qui le donne est très-peu coquillière. Une couche voisine l'est au contraire beaucoup, et renferme une multitude de madrépores tubulaires, souvent à plusieurs branches : l'intérieur du madrépore est d'ordinaire entièrement formé de calcaire grenu d'une couleur grise, moins foncée que celle du fond ; souvent aussi la chaux carbonatée blanche laminaire compose l'intérieur de chaque petit tube, tandis que les intervalles qui les séparent sont remplis du même calcaire foncé qui empâte les madrépores ; ce qui donne alors un très-joli marbre. On trouve dans cette dernière couche, outre les madrépores, des encrinites et quelques coquilles bivalves, comme térébratules et spirifers.

Dans les veines de chaux carbonatée lamelleuse qui traversent le calcaire compacte, j'ai rencontré la forme primitive striée parallèlement à la grande diagonale horizontale de ses plans rhombes ; on sait que ces stries assez rares indiquent des clivages parallèles aux faces des rhomboïdes inverse ou équiaxe. J'y ai recueilli en outre la chaux carbonatée bibinaire de M. Haüy.

2°. *Carrières de Ferrière-la-Petite.* Deux carrières de cette commune donnent un beau marbre lumachelle noir, analogue au granitin des Écaussines de Mons ; mais il a le fond beaucoup plus noir, et est parsemé, comme lui, d'une infinité de petites taches blanches ou grisâtres,

rondes ou rectangulaires, marquées, pour la plupart, d'un point central noir, et provenant des encrinites (espèces de polypiers) qu'il renferme en très-grande abondance : beaucoup de ces encrinites sont très-grosses, et ont jusqu'à 0^m,01 de diamètre. Il contient en outre quelques fossiles bivalves, parmi lesquels j'ai reconnu une térébratule unie et un spirifer strié ; de plus, le fer sulfuré s'y montre fréquemment disséminé en petits cristaux cubiques. Ce marbre, qui est un de ceux indiqués dans le rapport dont j'ai parlé plus haut, s'emploie très-avantageusement pour le meuble ; il peut même donner des colonnes de 5 à 6 mètres de hauteur, mais rarement, parce qu'il est souvent terrasseux, c'est-à-dire traversé par des veines terreuses noires qui détruisent sa solidité.

On exploite dans la même commune une carrière de marbre blanc grisâtre, mêlé de beaucoup de petites veines jaunes, tirant sur l'or mat quand elles ont tout leur éclat ; elles y sont disséminées à-peu-près comme les veines blanches dans le Sainte-Anne. Ce marbre est d'un effet agréable, et peut être employé avec avantage pour cheminées : le calcaire du fond est compacte et très-dur, mais celui des veines est un peu sableux ; ce qui fait qu'elles ne prennent pas aussi bien le poli. Cette carrière donne un autre marbre d'un blanc plus gris, un peu sale, avec de petites taches grises de calcaire grentu : le fond est un calcaire compacte, très-dur, très-sonore, et qui prend un beau poli ; mais il est sec et s'écaille facilement ; ce qui le rend difficile à travailler. On en fait des carreaux, des marches, etc. ; on peut en faire sur-tout un beau dallage, en l'em-

ployant conjointement avec un marbre noir.

Ce calcaire compacte, blanc grisâtre, n'est aucunement fétide, quoique enveloppé de tous côtés par le calcaire de couleur foncée : ses couches ont même direction et même inclinaison de 9 à 10 degrés au midi ; on peut donc le regarder comme étant en couches subordonnées au milieu du calcaire fétide. C'est le seul point du département où je le connaisse, et les marbres qu'il fournit n'existent point en Belgique.

3^o. *Carrières de Ferrière-la-Grande.* Il y a dans cette commune plusieurs carrières de pierres bleues, dont les couches sont aussi dirigées de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, et inclinées de 15 à 18 degrés vers le midi. Ces carrières ont fourni toutes les pierres de taille employées à la construction de la nouvelle église de Maubeuge. On n'en a point tiré jusqu'à présent de marbre ; plusieurs couches sont cependant très-veinées de filamens blancs ; d'autres renferment une grande variété de coquilles fossiles ; on y remarque des encrinites et beaucoup de grandes coquilles bivalves des genres spirifer et productus ; de plus, des madrépores tubulaires, et quelques coquilles univalves de la classe des turbinées, qui paraissent être des turritelles.

4^o. *Carrières de Baschamp.* Ces carrières, situées sur la commune de Baschamp, canton de Berlaimont, donnent un marbre noir qui remplace avec avantage celui de Dinant ; il est d'un beau noir foncé, généralement bien pur et très-égal en couleur. Le même marbre s'exploite encore à Saint-Remy-Mal-Bâti, entre Baschamp et Maubeuge. Dans les carrières de cette commune, il en existe une qualité qu'on appelle *touchetée*,

Calcaire blanc compacte en couches subordonnées dans le calcaire fétide.

à cause de petites taches blanches disséminées de loin en loin sur le fond noir.

5°. *Carrières de Marbaix*. On trouve dans ces carrières un marbre encrinétique tout-à-fait semblable à celui de Ferrière-la-Petite.

On y exploite aussi une couche très-coquillière, qui, outre les encrinites, renferme en grand nombre les bivalves ordinaires, dont l'intérieur est rempli par un calcaire lamelleux blanc grisâtre. Elle donne un joli marbre, qui prend le nom de *lumachelle panachée* ou *granit royal*.

6°. *Carrières du camp de César, près Avesnes*. Ces carrières sont au nord-est et à une demi-lieue d'Avesnes, sur une hauteur qui domine la rive droite de la Grande-Helpe, et qui porte le nom de *Camp de César*; on y voit encore quelques restes de l'enceinte tracée par son armée. On y a ouvert deux carrières, qui donnent l'une et l'autre, outre une pierre bleue foncée, un petit granit d'une qualité moyenne. Les couches ont toujours la même direction remarquée jusqu'à présent, celle de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest; mais leur inclinaison, au lieu d'être au midi, comme dans les carrières dont j'ai déjà parlé, se dirige vers le nord: dans la carrière la plus rapprochée d'Avesnes, cette inclinaison est d'environ 20 degrés avec l'horizon, et directement vers le nord de l'aiguille aimantée; dans l'autre, elle est de 30 à 35 degrés, dirigée également vers le nord magnétique, mais avec quelques degrés de plus vers la droite.

L'inclinaison des couches est donc ici tout-à-fait en sens inverse de celui observé sur tous les autres points. Ce changement remarquable se soutient à mesure que l'on avance vers le midi,

où les couches se relèvent davantage, comme on le verra bientôt dans le canton de Trélon.

Dans ces carrières, comme dans les précédentes, les couches chargées d'encrinites alternent avec d'autres qui en contiennent à peine quelques traces: les unes et les autres renferment toujours un assez grand nombre des bivalves ordinaires.

Dans la seconde carrière ouverte sur le haut du plateau, il existe quelques couches d'un calcaire un peu grenu, qui, dans les parties à découvert, est d'une couleur grise beaucoup moins foncée: il est rempli de petites cavités renfermant différentes cristallisations de chaux carbonatée lamelleuse, dont la forme la plus ordinaire et la plus distincte est le métastatique; on en trouve parfois des cristaux de deux et trois centimètres de longueur.

Les déblais des deux carrières dont je viens de parler, fournissent des pierres pour l'entretien des routes avoisinantes: on en tire aussi de différens côtés, dans les environs, sur les têtes des couches. C'est au milieu d'un tas de ces pierres, et près d'Avesnes, sur la route de Sains, que j'ai rencontré les fragmens de deux ammonites, qui m'ont donné la certitude de l'existence de ce genre de fossile dans le calcaire fétide, où je n'ai pu le trouver en place dans aucune des nombreuses carrières que j'ai visitées: ces exemples sont au reste bien caractéristiques, et proviennent nécessairement d'une carrière des environs d'Avesnes. Ils appartiennent tous les deux à l'une de ces couches de calcaire compacte de couleur bleue foncée, qui renferment une multitude d'encrinites, des productus, des

Existence
reconnue
des ammoni-
tes
dans le cal-
caire fétide.

térébratules, etc. Ces ammonites présentent chacune deux tours de spire sur un diamètre de 6 à 7 centimètres : quoique peu entières, elles sont cependant bien déterminables ; elles paraissent être d'une même espèce, appelée *ammonites simplex*, qui est à raies rares et à dos arrondi ; l'une d'elles est seulement plus plate que l'autre. Leur test, bien conservé, est à l'état de chaux carbonatée lamellaire. Le calcaire fétide remplit tout leur intérieur, qui ne paraît point cloisonné, et dont la plus grande largeur est d'environ 0^m,012.

7^o. *Carrières de Glageon*. Il n'existait avant 1822 dans la commune de Glageon qu'une seule exploitation de pierres qu'on employait ou à la bâtisse, ou à faire de la chaux. Aujourd'hui quatre carrières occupant plus de quarante ouvriers, sont exploitées avec beaucoup d'activité et donnent de très-beaux marbres. Les diverses couches qui les fournissent ont la direction générale de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest : leur inclinaison moyenne est de 70 degrés avec l'horizon, et elle a lieu vers le nord, comme dans les carrières des environs d'Avesnes.

La couche principale, appelée *gros banc*, a 1^m,46 de puissance ; on en tire le plus beau marbre, dit le *glageon fleuri* ; ce gros banc repose sur le *banc noir* de 0^m,24 seulement, lequel donne un assez beau marbre noir ; sous cette dernière couche on trouve le calcaire bleu ordinaire. Sur le gros banc repose une couche très-coquillière de 0^m,32 d'épaisseur, dont la pierre n'a point encore été travaillée comme marbre ; sur celle-ci, le *banc moyen*, épais de 0^m,48, qui fournit le *glageon mêlé* ; puis le *banc du nord*, de 1^m,30 d'épaisseur, qui donne le *glageon mou-*

ché, et par-dessus le calcaire bleu. On exploite de préférence le gros banc et le moyen, dont les marbres sont de très-belle qualité.

Le *glageon fleuri* remplace très-avantageusement le petit antique de Brayelle et le La Busière, qui sont les deux plus belles espèces du marbre dit le *Sainte-Anne*. Ses taches blanches sont plus petites et plus multipliées que dans l'un et l'autre ; il a d'ailleurs le fond moins gris que le brayelle, et nuancé plus agréablement par des taches ou jaspures plus foncées, assez fréquentes, et qui se détachent bien du fond général. Ce fond est un calcaire compacte, dur ; ses parties plus noires ont l'aspect d'un calcaire grenu à grains très-fins, très-serrés, et leur dureté est encore plus grande ; enfin, les taches blanches sont formées par un calcaire lamelleux également très-dur, en sorte que ce marbre prend un fort beau poli dans toutes ses parties.

Le *glageon mêlé* a le même fond que le *glageon fleuri* ; mais ses taches noires sont moins grandes et paraissent plus évidemment que dans l'autre, dues à des madrépores ; elles sont aussi mêlées par intervalles de quelques taches veinées de blanc et de noir, provenant de coquilles fossiles : de plus, ses parties blanches et spathiques sont plus petites et surtout bien moins multipliées, ce qui lui donne en général une teinte plus sombre ; mais aussi il est susceptible d'un poli encore plus parfait. On voit que ce marbre est une belle variété du *Sainte-Anne*.

La description de ces deux espèces de marbres fait voir combien d'avantages on peut tirer, dans le pays, de leur découverte : leur qualité supérieure bien reconnue fait que leur exploitation

Description
du marbre
appelé *glageon fleuri*.

Description
du *glageon
mêlé*.

se poursuit depuis trois ans avec beaucoup d'activité. Le seul défaut des bancs de glageon est de contenir souvent des *terrasses* ou veines terrasses qui ne peuvent recevoir le poli ; ces terrasses, constamment perpendiculaires au plan des couches, ne permettent ainsi d'obtenir dans leur sens que des blocs de 2 à 3 mètres de longueur ; mais en même temps cette circonstance facilite l'exploitation.

Indication
des divers
fossiles qui
se rencontrent
dans le
calcaire fé-
tide de gla-
geon.

Parmi les couches dont je viens de parler, l'une sur-tout est très-coquillière ; c'est celle comprise entre le banc moyen et le gros banc. Elle est remplie de petites et moyennes encrinites, marquées d'un point noir au milieu, et quelquefois rayonnées du centre à la circonférence ; quelques-unes sont de forme carrée. Cette même couche contient en outre des térébratules unies et assez plates, presque toujours très-petites, des spirifers et des productus ; ces deux derniers genres de fossiles y sont répandus très-abondamment, et c'est sur ce point que j'ai trouvé les mieux caractérisés ; ils ont généralement de 2 à 4 centimètres de largeur, mais on en trouve parfois aussi d'excessivement petits. Leur intérieur est rempli tantôt par le calcaire lamelleux blanchâtre, tantôt par celui grenu de couleur foncée.

Les deux couches entre lesquelles celle dont je viens de parler se trouve comprise, m'ont paru ne présenter aucune trace d'encrinites : on y rencontre les mêmes fossiles bivalves, mais disséminés et en petit nombre. Ces couches renferment sur-tout une grande quantité de madrépores très-variés, dont la teinte, souvent plus noire que celle du fond, contribue beaucoup à l'agrément des marbres de Glageon : la plupart

de ces madrépores sont des tubulaires à plusieurs branches ; quelques-uns, des *millépores* rayonnés du centre à la circonférence ; d'autres, des madrépores *coralloïdes* : on trouve aussi beaucoup de *caryo-phyllloïdes* ou champignons de mer (*fungus lapideus coralloïdes*, de Columna) ; ils sont quelquefois isolés, mais le plus souvent groupés sur leur longueur, et ils forment ainsi des masses toutes criblées de trous profonds qui sont rayonnés du centre à la circonférence extérieure ; l'intérieur de ces madrépores est toujours rempli par un calcaire grenu, d'ordinaire très-foncé.

Outre tous ces fossiles, j'ai rencontré au milieu des déblais d'une carrière, sur la même commune de Glageon, un fragment de coquille bivalve qui paraît appartenir à une gryphite de l'espèce appelée *gryphœa latissima*. C'est le seul indice que je connaisse de l'existence de ce fossile dans le calcaire fétide du département du Nord ; encore est-il peu caractérisé, et il pourrait bien se faire qu'il appartint réellement à un spirifer : cependant il paraît en différer sous plusieurs rapports.

Le fer sulfuré, que j'ai déjà indiqué dans d'autres lieux, se rencontre également à Glageon, dans différentes couches de calcaire fétide, sur-tout dans celle qui donne le marbre noir ; il s'y trouve disséminé en petits cristaux cubiques, dont quelques-uns ont jusqu'à 3 et 4 millimètres de côté.

C'est aussi dans les carrières de Glageon que j'ai reconnu l'existence accidentelle de la chaux carbonatée ferrifère et de la chaux fluatée dans la formation de calcaire fétide. Ces deux sub-

Substances
acciden-
telles trou-
vées au mi-
lieu du cal-
caire fétide :
1°. fer sulfu-
ré.

2°. Chaux
carbonatée
ferrifère et
chaux flua-
tée.

stances se trouvent disséminées par veinules et petits nids dans les filets de chaux carbonatée lamelleuse qui traversent le calcaire fétide, mais elles ne sont jamais au milieu de ce dernier. La chaux carbonatée ferrifère est à l'état lamellaire, ses petites lames étant contournées et entrelacées les unes dans les autres : sa couleur la plus ordinaire est d'un jaune plus ou moins foncé; quelquefois elle est blanchâtre avec des reflets perlés.

La chaux fluatée ne s'est point non plus encore trouvée cristallisée, mais on remarque fréquemment au milieu de ses lames les clivages de l'octaèdre régulier, qui est sa forme primitive; elle est translucide et généralement d'une très-belle couleur violette, qui pâlit par intervalles et devient parfois presque blanche. C'est dans la couche dite le *gros banc*, que l'on rencontre le plus fréquemment ces deux substances.

8°. *Carrière du bois du Sourment près Trélon.* Cette carrière est une de celles qui donnent un marbre rouge veiné de blanc; mais comme il est d'une teinte assez brune et d'ailleurs peu accidenté, on n'en a point continué l'exploitation. On trouve des marbres semblables de l'autre côté de Trélon, vers l'est, à Hestrud près Solre-le-Château, à Dompierre et à Saint-Aubin près Doullers; mais je n'ai vu en place que celui de la localité du bois du Sourment.

Existence du calcaire compacte rouge, et sa manière d'être au milieu de la formation de cal-

Là, le calcaire compacte rouge, veiné de calcaire blanc lamelleux, est en couches inclinées à l'est d'environ 50 degrés avec l'horizon; il repose sur le schiste argileux, qui se trouve incliné de 45 à 50 degrés vers le nord, et dont les parties les plus rapprochées sont très-effervescentes; sa stratification est, comme on le voit,

bien caractérisée; mais elle ne paraît point concordante avec celle du calcaire bien foncé et du schiste argileux, que l'on retrouve de l'autre côté avec leur direction ordinaire et leur inclinaison vers le nord.

Il forme donc, pour ainsi dire, un dépôt accidentel au milieu de ce terrain, dont il se distingue en ce qu'il n'est point fétide; mais, d'un autre côté, il s'en rapproche par ses fossiles, qui sont analogues; j'y ai reconnu, entre autres, un spirifer aplati parfaitement caractérisé. L'une des couches de schiste argileux qui l'avoisinent fait effervescence avec les acides, et renferme, outre quelques encrinites, beaucoup de fossiles bivalves, parmi lesquels j'ai cru reconnaître des cythérées et un grand nombre de petites bucardes; cependant les caractères décisifs manquent, comme dans la plupart des coquilles fossiles, et celles-ci pourraient bien n'être que des variétés de spirifers et productus. La couche de calcaire fétide qui vient ensuite renferme ces derniers en grande abondance et parfaitement caractérisés; de plus, une multitude d'encrinites, dont beaucoup sont rayonnées du centre à la circonférence.

Les différentes carrières de marbre dont je viens de parler, sont, avec celles du canton de Bavay, les plus importantes de tout l'arrondissement d'Avesnes; quelques autres encore sont ouvertes de différens côtés. Les travaux d'extraction, dans la plupart de ces carrières, sont commencés à peine depuis quatre ans, et déjà l'on en tire des marbres très-variés, qui ne le cèdent en rien à ceux de la Belgique, et dont la qualité ne pourra que s'améliorer dans la profondeur,

caire fétide et schiste argileux.

Importance des exploitations de marbres du département du Nord.

L'exploitation de ces marbres, dont l'usage est encore peu répandu, peut devenir une branche d'industrie bien importante pour cette partie du département du Nord, et l'on ne saurait trop l'encourager dans son principe, en accordant à nos marbres sur ceux étrangers une préférence qu'ils méritent sous bien des rapports : c'est pour y contribuer de tout mon pouvoir en les faisant mieux connaître, que j'ai cru devoir donner ici beaucoup de développemens sur leur nature et les qualités qui les distinguent. J'ai pensé entrer ainsi avec plus de certitude dans les vues de la Société, qui tendent à faire concourir l'étude de la géognosie à la prospérité du département.

Mines de fer
du canton de
Trélon.

L'arrondissement d'Avesnes renferme une autre source de richesses minérales, concentrée dans le canton de Trélon : elle y est connue et utilisée depuis longues années; ce sont les mines de fer qui alimentent aujourd'hui les deux hauts-fourneaux du Hayon-sur-Trélon et celui de la commune de Fourmies. Une partie de la fonte brute que produisent ces trois hauts-fourneaux fournit à la consommation de cinq ou six forges de l'arrondissement; le surplus est expédié pour les diverses fonderies des départemens du Nord, de l'Aisne et du Pas-de-Calais, ou bien livré au commerce sous la forme de fonte moulée, dite *poterie*. Je crois devoir faire connaître d'une manière détaillée le gisement de ces mines, qui présente des particularités intéressantes. Ce travail complètera tout ce qui me reste à dire sur l'ensemble de la formation (sud) de calcaire fétide et schiste argileux.

Distinction
des deux es-

Les minerais de fer qui existent dans l'étendue du canton de Trélon sont de deux espèces bien

distinctes, connues par les mineurs du pays sous les noms de *mine rouge* et de *mine jaune*, tirés de leur couleur la plus ordinaire.

pièces de mi-
nerais de fer
du canton de
Trélon.

Le minerai rouge est un oxide de fer rouge, argileux, qui doit se rapporter au fer oligiste. Il paraît être toujours granuleux, presque terreux, les grains étant très-petits et réunis en masse par une argile qui leur sert de ciment, et prend alors leur couleur rouge.

1°. Minerai
rouge.

Le minerai jaune est un fer oxidé hydraté de couleur variable, généralement d'un brun jaunâtre : il se présente sous deux états différens, compacte et argileux. A l'état compacte, c'est une véritable hématite brune en masses rondes ou concrétionnées tuberculeuses, de grosseur très-variable; leur vide intérieur est rempli presque toujours entièrement par un noyau d'argile endurcie, qui souvent est en grande partie quartzeux; les ouvriers appellent ces hématites *mine en coquilles* : c'est le *fer oxidé géodique* de M. Haüy

2°. Minerai
jaune.

A l'état argileux, le minerai jaune est ou en petits fragmens de dureté variable, ou bien presque pulvérulent et disséminé dans une argile grise et jaune, pure ou quartzeuse, laquelle empâte également les masses d'hématite brune; à ce second état, la couleur du minerai est généralement d'un brun jaunâtre.

On rencontre fréquemment avec la mine jaune en coquilles une substance qui la recouvre en enduit superficiel. Elle est en légères concrétions, cariées à la surface, ou bien en petites masses ondulées, composées de couches successives : sa couleur est d'un blanc jaunâtre un peu sale; sa poussière est blanche : elle ne fait point

Existence de
la calamine
ou zinc oxidé
au milieu
des minerais
jaunes.

effervescence avec l'acide nitrique, mais elle s'y dissout en gelée et avec boursoufflement. Tous ces caractères appartiennent au zinc oxidé dit *calamine*. Je ne pense pas qu'on le trouve en masses isolées : je l'ai toujours remarqué formant un enduit plus ou moins épais à la surface du fer hématite.

Gisement du
minerai
rouge.

Le minerai rouge est en couches subordonnées au milieu de la formation qui nous occupe. Ces couches sont au nombre de deux, et comprises entre des couches parallèles de schiste argileux. La plus puissante et la plus riche, celle que les mineurs appellent *le grand train de mine rouge*, est communément inclinée de 68 à 70 degrés vers le nord ; cette inclinaison augmente souvent de plusieurs degrés, et la couche devient même parfois à-peu-près verticale. Sa puissance moyennée est de 2^m,4 à 2^m,5 ; mais elle se trouve presque constamment divisée d'une manière assez régulière, en 4 ou 5 parties, par des veines ou sautoir d'argile jaunâtre qui lui sont parallèles, et dont l'épaisseur ne surpasse guère un décimètre. La couche de minerai dont il s'agit est comprise et renfermée par-tout entre deux autres couches de même nature, formées d'une roche particulière appelée *clapis* par les mineurs, laquelle sert ainsi de toit et de mur au minerai.

Cette roche, dans son état parfait, c'est-à-dire quand elle n'est pas attenante au minerai, est schisteuse, d'une couleur rouge de brique, ayant une dureté assez grande pour que ses parties aiguës raient facilement le verre ; d'ailleurs on sent sous la dent qu'elle renferme beaucoup de particules siliceuses ; on y remarque aussi un grand nombre de petites paillettes de mica blanc : c'est

donc un grès schisteux micacé, à grains très-fins et un peu mélangé d'argile.

La couche de grès qui fait le toit du minerai n'a guère que 0^m,15 d'épaisseur ; mais celle qui lui sert de mur est épaisse de 0^m,4 à 0^m,5, et elle repose sur un autre grès de couleur jaune, ayant 0^m,5 au moins d'épaisseur, et dont la structure, aussi à grains fins, n'est que légèrement schisteuse. Le clapis du mur est en quelque sorte le passage de cette couche de grès jaune à celle argileuse qui renferme le minerai : sa couleur rouge est due à l'oxide de fer qui s'y manifeste dès le principe, et y augmente constamment de proportion aussi bien que l'argile, à mesure qu'il approche de la couche métallifère, à tel point qu'à la fin on ne distingue presque plus l'un de l'autre.

La seconde couche de minerai rouge, appelée *petit train de mine rouge*, est au midi de la première ; son épaisseur n'est d'ordinaire que de 0^m,5 à 0^m,6 : elle a même direction, même inclinaison que l'autre, et est comme elle comprise entre deux lits minces de clapis ou grès schisteux rouge.

Le schiste argileux micacé gris bleuâtre, renfermant les mêmes fossiles que ceux habituels de la formation, est la roche la plus abondante dans le voisinage des deux couches de minerai rouge : il s'y montre en bancs épais au nord et au midi, ainsi que dans l'intervalle qui les sépare ; cet intervalle, mesuré horizontalement, peut varier de 15 à 20 mètres.

Entre ces deux couches, on trouve aussi un banc de grès bien caractérisé, qui paraît pur et non mélangé d'argile : il est gris blanchâtre,

d'une structure schisteuse, due sans doute au mica qui y est abondant, d'un grain moyen, et se divisant facilement en petits prismes rhomboïdaux. Ce grès, ainsi que les précédents, se rapportent tous à la roche arénacée quartzreuse, dont j'ai parlé plus haut, comme formant fréquemment des couches subordonnées dans la formation de schiste argileux et calcaire fétide.

Gisement
des minerais
jaunes.

D'après beaucoup d'observations faites sur les lieux, les minerais jaunes m'ont paru avoir un gisement parfaitement analogue à celui du minerai rouge, et constituer trois couches subordonnées dans la même formation. Ces couches, connues et exploitées sur plusieurs communes voisines, conservent toujours la même direction et inclinaison que tout le système qui les environne : elles sont toutes trois au nord des mines rouges, et sont distinguées, d'après leur position respective, par les mineurs, qui les appellent *train de mine jaune du Midi*, *train intermédiaire* et *train du Nord*. Les deux espèces de minerai jaune y sont mélangées, enveloppées dans une argile grise et noire, souvent jaunie par l'oxide de fer pulvérulent qu'elle renferme. Ces minerais sont inégalement disséminés dans leur gangue, et s'y montrent par places en plus ou moins grande abondance. Quelquefois leur qualité s'altère, et ce n'est plus qu'un mélange d'argile, de sable et d'oxide de fer, lequel est en fragmens plus ou moins durs, selon que l'une ou l'autre des deux premières substances y domine. C'est ce que les ouvriers appellent *mine jaune sourdeuse* ; elle est toujours rejetée par eux comme mauvaise, et ne pourrait en effet, par son mélange, que nuire à la qualité du minerai ; ils re-

jettent également des morceaux, qui se présentent parfois recouverts d'une croûte de fer sulfuré.

Je n'ai pu reconnaître bien exactement l'épaisseur de chaque couche minérale ; celle du train intermédiaire paraît être de 3 à 4 mètres, et les deux autres ont au moins la même puissance. Chacune d'elles est comprise entre deux bancs de schiste argileux gris bleuâtre : dans les parties les plus rapprochées, ce schiste paraît moins dur, et prend une teinte jaunâtre, due à de l'oxide de fer ; sa texture est alors moins régulièrement schisteuse, quoiqu'il renferme toujours beaucoup de mica blanc en petites paillettes ; mais il est aussi un peu siliceux, et prend même de l'analogie avec le grès jaune qui avoisine la mine rouge. Plus loin, le schiste reprend sa texture feuilletée, sa couleur bleuâtre, et redevient tout-à-fait le même : ces couches de minerai de fer sont donc évidemment subordonnées au schiste argileux micacé, qui lui-même alterne, dans les intervalles qui les séparent, avec le calcaire fétide. J'ai reconnu ce dernier en place entre le train de mine jaune du midi et celui intermédiaire, ainsi qu'entre ce dernier et le train du nord ; puis, à 500 mètres au plus au-delà de ce train du nord, sont les carrières de marbres de Glageon dont j'ai déjà parlé.

Les mines de fer dont je viens de faire connaître le gisement, traversent tout le canton de Trélon : leurs couches y sont connues et exploitées depuis plusieurs siècles dans les communes de Wignehies, Féron, Glageon, Trélon et Oain, et de là en Belgique, à Macon et dans les environs de Chimay, en conservant toujours, comme

Exploitations faites par les anciens maîtres de forges sur les mines de fer du canton de Trélon.

on le voit, la direction générale de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest. Dans le canton de Trélon, tel qu'il est circonscrit aujourd'hui, on retrouve les traces de huit à neuf fourneaux, dont l'origine remonte pour quelques-uns jusque vers le quinzième siècle; il en existait également plusieurs dans la Belgique. Leur forme et leur mode de construction étaient à-peu-près les mêmes que pour les hauts-fourneaux actuels; seulement leurs dimensions étaient beaucoup plus petites: il paraît que chaque maître de forges avait son fourneau, et n'y faisait de fonte que ce qu'il lui fallait pour sa forge. De ces anciens fourneaux, celui de la commune de Trélon est le seul qui ait existé presque sans interruption jusqu'à nos jours. L'époque où les autres ont été abandonnés fut sans doute celle de la découverte des mines de fer des environs de Philippeville, qui étaient beaucoup plus riches: alors les maîtres de forges du voisinage de Trélon et de Chimay auront trouvé plus d'avantage à tirer de ce pays leur fonte en gueuses, qu'à continuer à la faire eux-mêmes.

Les anciens maîtres de forges ont donc exploité pendant longues années les mines de fer du canton de Trélon. Ils fondaient, comme on le fait encore à présent, un mélange de minerais rouges et jaunes; car on retrouve sur l'alignement de chacune des couches métallifères des excavations nombreuses et plus ou moins profondes, dues à l'affaissement du terrain environnant, et qui sont autant de preuves attestant que ces mines ont été jadis exploitées sur un grand nombre de points. La couche de minerai rouge du nord, qui est la plus puissante, a été presque

par-tout enlevée depuis la surface du sol jusqu'à la profondeur de 15 à 16 mètres: c'est sur sa direction que se remarquent les excavations les plus multipliées et les plus profondes; elles sont ordinairement remplies d'eau pendant la saison d'hiver. Les anciens ont aussi souvent exploité la couche du midi, quoique peu puissante et moins riche que l'autre; ils y trouvaient toujours de l'avantage, vu la facilité de travaux aussi rapprochés de la surface. Quant aux minerais jaunes, ils paraissent avoir été également recherchés autrefois, mais exploités à une moins grande profondeur: on les retrouve intacts d'ordinaire à 10 ou 12 mètres seulement.

Les travaux d'extraction des anciens étaient par-tout faits avec soin. On rencontre souvent encore des restes du boisage de leurs galeries, qui se composait de cadres complets placés à la distance de trois pieds les uns des autres, et derrière lesquels étaient de menus bois de garnissage. Il y avait à-peu-près trois pieds d'écartement entre les poteaux ou étançons du même cadre: ces pièces étaient des bois non équarris, portant aux deux extrémités des entailles arrondies, destinées à recevoir la sole et le chapeau, qui étaient également ronds et de moindres dimensions. J'ai vu plusieurs vieux étançons; leur hauteur est de 1^m,6 et leur diamètre de 0^m,14 à 0^m,15: ils sont souvent assez sains pour que l'on puisse les employer encore dans les travaux actuels.

Les exploitations actuelles de ces mines ont lieu dans les communes de Glageon, Trélon et Oain, où elles occupent soixante à quatre-vingts ouvriers, sans parler de ceux employés dans les usines. La

Exploita-
tions moder-
nes des
mêmes mi-
nerais.

plus grande profondeur des travaux sur la mine jaune ne passe pas d'ordinaire 18 à 20 mètres; mais celle sur la mine rouge est poussée jusqu'à 50 mètres, et pourra se poursuivre encore plus bas; car l'allure des couches métallifères se montre constamment dans le fond tout aussi régulière que dans les parties supérieures.

§ 2. *Formation (nord) de calcaire fétide et schiste argileux.*

Identité reconnue de cette formation et de la précédente.

La formation (nord) de calcaire fétide et schiste argileux n'est autre chose que le prolongement de celle du sud : elle lui est parfaitement semblable, et je ne distingue l'une de l'autre que parce qu'elles se trouvent entièrement séparées par le terrain houillier qu'elles encaissent. On ne peut du reste étudier cette formation dans le département du Nord, où elle ne se montre nulle part à la surface du sol. Je l'ai vue à découvert à Blaton, dans la Belgique : la direction des couches y est absolument la même que celle de la formation (sud), c'est-à-dire de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest; leur inclinaison est de 10 degrés seulement vers le midi : en général, dans les points connus de cette formation, l'inclinaison des couches paraît moins forte que dans l'autre, et elle se rapproche même très-souvent de l'horizontale.

Limites présumées de cette formation.

La ligne qui limite la formation (nord) avec le terrain houillier passe entre Blaton et la forêt de Condé : en la regardant comme parallèle à la direction commune de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, elle se prolongerait alors par Saint-Léonard-de-Rache, entre Saint-Amand et Orchies; mais elle paraît se rejeter plus au nord

d'Orchies, vers Séclin; le sondage de Wattignies, dont il sera question dans la suite de ce mémoire, et d'autres indices encore, donneraient cette idée.

La formation (nord) ne se montre à nu que dans la Belgique, à Blaton, à Peruwels et à Tournay, connu par ses nombreuses carrières et sa pierre à chaux éminemment hydraulique. Sur la frontière du département du Nord, dans la commune de Vieux-Condé, au midi de Peruwels, on a depuis peu entrepris des recherches qui ont fait reconnaître les couches du calcaire fétide à 13 mètres de profondeur. A Flines-lès-Mortagne, un sondage paraît les avoir également indiquées à 15 ou 18 mètres; mais, passé ce point, le calcaire fétide s'enfoncé de plus en plus sous le terrain secondaire, et un sondage fait à Lambertsart près de Lille, en 1822, ne l'a plus atteint qu'à 80 mètres de profondeur : c'est la dernière trace que l'on ait de son existence dans le nord-ouest du département. Il est donc impossible d'assigner de ce côté les limites de la formation (nord) de calcaire fétide et de schiste argileux. Les carrières où l'on exploite le calcaire de cette formation sont toutes situées en Belgique. Il ne paraît pas que l'on y connaisse aucun gîte de minerais.

Je ne veux pas finir cet article sans consigner ici un fait que j'ai eu l'occasion d'observer dans une carrière de Blaton, et que je n'ai remarqué sur aucun des points du département du Nord où le calcaire fétide se montre à découvert. C'est l'existence, au milieu de cette dernière roche, d'une substance parfaitement semblable à celle qui se trouve dans les couches inférieures de la

Existence au milieu du calcaire fétide, d'une substance semblable à celle connue, dans des terrains

moins anciens, sous le nom de chlorite.

craie, et lui a fait donner pendant long-temps le nom de *craie chloritée*, à cause de sa ressemblance extérieure avec la chlorite, dont elle diffère d'ailleurs beaucoup par sa composition, comme l'analyse l'a prouvé depuis peu d'années. Cette substance est ici en très-petits grains verts, qui s'écrasent facilement et donnent alors sur le papier une belle couleur vert de pré : elle fait partie d'une espèce de sable calcaire, dont la couleur est d'autant plus verte qu'elle y domine davantage. Certaines parties de ce sable, formant comme des nodules ou de petites veines dans la masse, en sont entièrement privées, et présentent l'aspect d'un calcaire blanchâtre ou jaunâtre que paraît colorer l'oxide de fer : ce calcaire est presque pulvérulent, et tache les doigts comme le ferait une véritable craie.

J'ai cru d'abord que ce sable n'était qu'un dépôt accidentel de craie chloritée recouvrant le calcaire fétide ; mais j'ai bientôt été forcé de reconnaître qu'il faisait réellement partie de cette dernière formation. Dans les couches inclinées qui le recèlent, il s'insinue en veinules dans la roche même de calcaire fétide : celle-ci, à son approche, perd peu à peu sa couleur foncée, et devient d'un gris plus clair, presque entièrement blanchâtre aux points de contact, où elle est aussi tendre et même en partie pulvérulente. On serait tenté de voir, dans cette circonstance, comme une sorte de passage du calcaire de couleur foncée aux nodules analogues à la craie, qui se trouvent en grand nombre dans le sable chlorité ; ce qui rapprocherait pour ainsi dire ces deux terrains. Mais je suis loin de présenter cette idée comme tant soit peu probable : l'intervalle

est trop immense entre un calcaire que l'on a toujours regardé comme de transition, et la craie, qui est le plus nouveau des terrains secondaires. J'ai voulu sur-tout faire connaître dans tous ses détails un fait intéressant, qui, je le crois, n'a point encore été observé ; c'est l'existence, au milieu d'un terrain de transition, de la terre verte appelée communément *chlorite*, que l'on a, il est vrai, déjà rencontrée dans plusieurs formations différentes, mais toutes appartenant à des terrains secondaires ou même plus nouveaux. Je n'ai pu constater ce fait que sur le seul point dont je viens de parler ; mais je l'ai du reste examiné avec une attention d'autant plus grande qu'il m'a paru plus remarquable.

(La suite à la prochaine livraison.)

Perfectionnement dans les fours à chauffer le fer ;

PAR M. RICHARD HARFORD.

AYANT remarqué que lorsque l'on chauffe du fer dans des fours à réverbère dont la sole est en sable ou en matières difficilement vitrifiables, il est difficile de le forger et de le souder, et qu'il est souvent rempli de criques et de fissures, je conjecturai que cela provenait des grains de quartz qui deviennent adhérens au métal et qui s'interposent dans sa masse par le martelage.

J'évite cet inconvénient en formant la sole du fourneau avec une plaque de fonte. Ce moyen a déjà été employé, mais, jusqu'à présent, on a éprouvé de grandes difficultés pour empêcher la plaque de s'oxyder et de se fondre : j'y suis parvenu en la recouvrant de charbon animal ou végétal, ou avec une substance végétale ou animale qui se carbonise par la chaleur, telles que de la poix, de la tourbe, de la sciure de bois, de la suie, des rognures de cuir, etc. Le fer, chauffé sur une sole de fonte ainsi recouverte, reste très-net; il acquiert une grande malléabilité, et le déchet qu'il éprouve est incomparablement moindre que dans le procédé ordinaire; ce qui se conçoit aisément, car la silice ayant une grande tendance à se combiner avec l'oxide de fer, doit accélérer beaucoup la formation de cet oxide.

NOTICE

Sur un moyen particulier de rendre propre à la fonte du minerai de plomb mélangé d'une grande partie de pyrite de fer ;

PAR M. BOÜESNEL, Ingénieur en chef des Mines des Pays-Bas.

LES minerais de plomb (plomb sulfuré) ont ordinairement pour gangues des matières légères dont il est facile de les débarrasser par des débouages, bocardages et lavages appropriés : tels sont ceux qui sont mélangés avec du schiste argileux, du carbonate calcaire, du fer spathique, des argiles, des ocre, etc. Quelquefois, parmi les gangues, il se trouve un peu de pyrite, ce qui n'empêche pas de suivre la même méthode de séparation; mais il demeure toujours dans les minerais préparés une certaine quantité de cette matière, qui nuit beaucoup aux opérations métallurgiques, à cause de la grande proportion de soufre qu'elle contient.

Lorsque la gangue pyriteuse est abondante dans le minerai, il devient très-difficile de la séparer du plomb sulfuré, et l'on n'obtient, après un lavage très-long, qu'un minerai très-chargé de pyrite, que l'on est obligé de griller avant de fondre, ou de fondre cru, en grillant ensuite la matte obtenue, avant de fondre une deuxième fois pour retirer le métal. Le plus souvent même, lorsque la pyrite domine tellement dans le mélange qu'elle en constitue la plus grande partie, ou quand on a un minerai composé d'un mé-

lange intime de plomb sulfuré, de pyrite de fer et d'autres pyrites, on ne lui fait subir aucune préparation mécanique, et on le grille immédiatement pour en séparer les gangues par la fusion.

A Védren, le minerai de plomb a deux sortes de gangues : l'une est de l'ocre plus ou moins mêlée d'argile, et l'autre de la pyrite de fer. Dans toutes les deux, le plomb sulfuré est à grandes facettes ; il est facile de le dégager de la gangue ocreuse par de simples débourbages, criblages et lavages ; mais la gangue pyriteuse est si dure et si pesante, qu'on ne peut espérer de séparer le plomb sulfuré du mélange par la différence des pesanteurs spécifiques des deux substances.

Anciennement, ce dernier minerai, après qu'on en avait trié les parties riches en plomb sulfuré, était rejeté, ou bien l'on s'en servait pour remplir les fosses et les souterrains de la mine. Cependant, comme l'on avait observé qu'au bout d'un grand nombre d'années l'air et l'humidité avaient suffisamment agi sur lui pour décomposer la pyrite et la transformer en partie en sulfate de fer et en oxide de fer sulfaté, tandis que le sulfure de plomb n'avait pas souffert d'altération, on reprenait quelquefois ces matières, et on en retirait par le triage et le lavage un plomb sulfuré plus ou moins mêlé de la substance pyriteuse en partie décomposée, que l'on pouvait faire passer à la fonte, par petites quantités, avec le minerai à gangue ocreuse.

Il n'était pas alors très-important pour l'établissement de Védren de faire usage du minerai pyriteux : le minerai à gangue ocreuse étant en assez grande proportion pour l'alimenter, et

d'une préparation facile, on devait peu s'inquiéter de l'autre ; mais aujourd'hui que la mine ne fournit plus, pour ainsi dire, que du minerai à gangue pyriteuse, il devenait indispensable de chercher un moyen expéditif de le rendre propre à la fonte.

On sait qu'en Angleterre, pour préparer les minerais d'étain (étain oxidé) contenant des pyrites de fer et autres pyrites, après en avoir séparé les gangues légères par le débourbage, le bocardage et le lavage, on les grille dans des fourneaux à réverbère et on les lave de nouveau. Ce procédé est fondé sur ce que l'oxide d'étain n'est pas altéré dans sa nature ni dans sa pesanteur spécifique par le grillage ; tandis que les sulfures, en se décomposant et se transformant en oxides et en sulfates, diminuent beaucoup de pesanteur spécifique.

Le plomb sulfuré pur et à grandes facettes, comme celui de Védren, étant très-difficile à décomposer par le grillage, qui ne le pénètre même entièrement qu'à la longue, et qu'autant qu'il a été réduit préalablement en poudre très-fine, on a pensé que la méthode employée pour séparer les pyrites du minerai d'étain pourrait être appliquée aux mélanges de plomb sulfuré et de pyrite.

La première idée qui est venue était de griller au fourneau à réverbère ; mais une grande partie des minerais pyriteux de Védren s'obtenant en gros et moyens morceaux, on n'aurait pu leur faire subir cette opération qu'après les avoir bocardés à sec, ce qui eût demandé un travail de plus qu'en grillant les morceaux directement. D'ailleurs le grillage au réverbère

est lent, parce qu'on ne peut y passer beaucoup de matières à-la-fois ; il coûte beaucoup de combustible (houille), qui est cher dans le pays, et il est de nature à altérer davantage le sulfure de plomb que le grillage à l'air, où l'on évite l'inconvénient de pulvériser le minerai, et où ce sulfure, quand il est à grandes facettes, par la propriété qu'il a d'éclater souvent par le feu, en se divisant en lames, peut se tamiser en quelque sorte et descendre plus bas dans la masse du grillage, ce qui le soustrait pour la suite à cette action. C'est pourquoi on a adopté généralement le grillage à l'air pour tous les minerais pyriteux, en l'exécutant séparément sur les gros morceaux, sur les moyens et sur le minerai fin.

Les minerais pyriteux, au sortir de la mine, sont d'abord jetés sur une grille dite anglaise (barreaux de fer parallèles placés horizontalement à une distance égale les uns des autres), au-dessus de laquelle tombe un courant d'eau. En remuant continuellement la matière, tant sur la grille que dans la caisse qui est au-dessous, on obtient de gros morceaux et du menu. On casse les gros morceaux et l'on en retire du minerai contenant peu de pyrite, qui est immédiatement propre à la fonte, de la pyrite pure destinée à être distillée en vaisseaux clos pour avoir du soufre, de gros morceaux de minerai pyriteux, auxquels l'on donne un volume à-peu-près égal, et de menus minerais. On passe tous les menus minerais sur un crible à sec, que l'on incline convenablement, et on les partage de cette manière en minerais de moyenne grosseur et en minerais fins ; quelquefois on trie à la main dans les minerais de grosseur moyenne, pour en

séparer les parties riches ou propres à la fonte, quand ils paraissent en renfermer. Les boues que fournit le nettoyage sur la grille anglaise sont en petite quantité ; elles sont composées de pyrites en partie décomposées, qui contiennent si peu de plomb sulfuré mélangé, qu'il paraît qu'on devra les abandonner. Toutefois, on a soin de les réunir en tas à l'air, et lorsque la décomposition des pyrites sera plus avancée, on essaiera de les amener, par le lavage, à une teneur en sulfure de plomb de quelque valeur, ce qu'on n'a pu obtenir jusqu'à présent.

Tous les grillages s'exécutent entre quatre murs ; les parois de ces murs sont percées sur toute leur hauteur de trous horizontaux, destinés à porter la fumée dans une galerie qui tourne autour des murs, et dont la voûte est garnie de cheminées. Sur le sol, où l'on a ménagé des canaux, que l'on recouvre de briques ou pierres plates, laissant entre elles des intervalles pour le passage de l'air, on place une couche de bois, puis une couche de charbon menu, et l'on dispose, sur trois des points où les canaux se croisent, les tuyaux en planches par lesquels on doit mettre le feu aux grillages ; on charge ensuite le minerai. S'il s'agit de griller de gros morceaux, on se borne à en remplir entièrement le fourneau, à l'exception de la couche supérieure, que l'on forme avec du minerai de moyenne grosseur et que l'on recouvre de résidus de minerai fin, grillé et lavé ; lorsqu'on doit griller du minerai de moyenne grosseur, il faut le placer dans le fourneau, par couches alternatives, avec des couches de menu charbon, en laissant de plus, dans chaque couche de minerai, des trous que

l'on remplit de charbon, et qui établissent la communication des couches de charbon entre elles. La dernière couche de minerai est recouverte avec des résidus de minerai fin, grillé et lavé. Enfin, pour le minerai fin, on opère comme pour le minerai de moyenne grosseur, en ayant soin seulement de mouiller préalablement ce minerai et de le mêler avec un quart en volume de poussière de charbon. Le feu étant mis au grillage par les tuyaux en planches, et la couche de bois étant brûlée, on remplit avec du minerai le vide laissé par les tuyaux; on répare la couverture, faite de résidus de minerai grillé et lavé, et on ferme les cheminées de la galerie. Il suffit de regarder de temps à autre si le grillage ne s'affaisse pas uniformément et s'il ne s'est pas fait quelque jour dans la couverture, et on tâche d'y remédier en fermant plus ou moins les canaux par lesquels l'air entre avec trop d'abondance, et en remplissant les fentes qui se sont formées dans le haut du grillage. Une toiture, supportée par des piliers, met les grillages à l'abri de la pluie et des neiges. Un grillage en gros morceaux contient environ 600 quintaux métriques de minerai; celui en moyens morceaux 400 quintaux, et celui en minerai fin 260 quintaux. La consommation en bois est d'un demi-stère de bûches et d'un tombereau de copeaux représentant environ un quart de stère, pour tous les grillages; en menu charbon de bois, elle est de 5 vans pour les grillages en gros morceaux, et de 18 vans pour les grillages en moyens morceaux, comme pour les grillages de minerai fin. Le van de menu charbon se compte pour les deux tiers d'un van de charbon, lequel pèse environ 40 kilogrammes.

Quand les grillages sont froids, ce qui arrive le plus souvent au bout de deux mois pour les minerais en gros morceaux, de deux et demi pour les minerais de moyenne grosseur, et de quatre mois pour les minerais fins, on les démonte. Assez généralement l'on observe que la masse est bien grillée en totalité, et si quelquefois les parties supérieures ne le sont pas suffisamment, on repasse ces matières dans les grillages suivants, dont elles forment les dernières couches après qu'on les a séparées par le triage et le criblage à sec, en gros, en moyen et en fin.

Le minerai grillé a une couleur rouge foncée; la pyrite s'y est changée en oxide de fer au *maximum*, contenant un peu d'acide sulfurique et de sulfure de fer au *minimum*; tandis que le sulfure de plomb, attaqué seulement à la surface, où il s'est formé une croûte dure de sulfate de plomb, conserve dans l'intérieur la couleur bleue métallique qui le caractérise. C'est au milieu de la partie de la pyrite décomposée, devenue pulvérulente, que ce sulfure se retrouve en plus grande quantité, sur-tout dans le fond du grillage, où sont descendues naturellement les parties qui ont éclaté et se sont séparées des morceaux dans lesquels elles étaient mêlées. Les grillages en moyens morceaux et en minerai fin ne donnent point de soufre distillé, et à peine, si ce sont de gros morceaux que l'on a grillés, en trouve-t-on quelques parties qui ont coulé en gouttes dans la galerie qui tourne autour des murs du grillage. On ne voit paraître de la fleur de soufre que dans le cas où il se forme des fentes dans la couverture des grillages, ou quand les cheminées de la galerie ne sont pas bien bouchées, de ma-

nière que le soufre est brûlé et changé en acide sulfureux et en acide sulfurique, à fur et mesure qu'il se produit.

Le minerai grillé est porté sur un double crible, qu'une roue hydraulique met en mouvement; un courant d'eau tombe au sommet du premier crible et délaye la matière, dont la plus grande partie se rend dans le deuxième crible, où elle est délayée par un nouveau courant d'eau. Au moyen des grilles dont ces cribles sont munis, le minerai se trouve divisé en cinq parts: 1°. le gros (les grillages en moyens morceaux et en minerai fin n'en donnent point); on le casse et on le trie à la main en minerai propre à être passé à la fonte, minerai de bocard, minerai jugé provisoirement stérile, et qu'on laisse exposé à l'air, et minerai menu qu'on repasse au double crible, comme le minerai sortant des grillages; 2°. le moyen (les grillages en minerai fin n'en donnent pas); on le passe à un tamis à main, dans une cuve, et on le sépare en minerai propre à la fonte, minerai de bocard, minerai jugé provisoirement stérile, et qu'on laisse exposé à l'air, et en minerai à traiter au tamis à bascule; 3°. le sable gros, que l'on passe au tamis à bascule, dans une cuve, et qu'on sépare en minerai propre à la fonte, en minerai jugé provisoirement stérile, et qu'on laisse exposé à l'air, et en minerai fin à passer au lavage; 4°. et 5°. deux sortes de minerais fins, qu'on lave, de même que celui qui provient du tamis à bascule, sur la table à tombeau, et d'où l'on obtient du minerai lavé propre à la fonte et des résidus qu'on lave sur la table jumelle. Ce deuxième lavage procure encore du minerai lavé propre à la fonte et des

résidus qu'on met de côté pour les bocarder.

Le bocardage, qui doit s'exécuter sur une partie du minerai trié et sur les résidus des lavages aux tables jumelles, donne du sable, qu'on lave indifféremment sur la table jumelle ou sur la table à percussion: on obtient du minerai lavé propre à la fonte et des résidus qu'on met à part pour les bocarder et les laver de même; les nouveaux résidus sont abandonnés comme ne contenant plus rien d'utile.

Toutes les boues du bocard et celles des lavages qui sont regardées comme susceptibles de fournir encore un peu de minerai propre à la fonte, sont passées avec peu d'eau sur la table à percussion rendue dormante et n'ayant presque pas d'inclinaison, et le résidu est ensuite rejeté.

Si l'on reconnaissait qu'après quelque temps d'exposition à l'air, certains rebuts de minerai provenant du criblage et des tamisages, principalement ceux qui ont passé aux tamis à bascule, puissent encore fournir du minerai, on les reprendrait pour les traiter de la même manière que les minerais sortant des grillages.

On réunit dans un seul tas les minerais riches provenant du triage à la main et des tamisages à la cuve, tant à la main qu'à bascule; ils contiennent au moins 50 pour 100 de plomb. Le minerai provenant du lavage sur la table à tombeau forme une classe à part, il contient au moins 40 pour 100 de plomb; tous les autres minerais lavés forment un tas unique, dont la teneur en plomb est au moins de 25 pour 100.

Tels sont les procédés à l'aide desquels on est parvenu à séparer, à Védrin, la galène de la masse de pyrites dans laquelle elle est disséminée. Les

deux premières espèces de minerai peuvent remplacer dans la fonte une partie des minerais lavés, en gros morceaux et en menus, à gangue d'ocre; la troisième espèce, qui renferme encore beaucoup de pyrite grillée, passe néanmoins aussi très-bien à la fonte, parce que cette gangue étant composée d'oxide rouge de fer, retenant seulement un peu d'acide sulfurique et de sulfure de fer au *minimum*, peut être facilement réduite en scories en même temps que le plomb est précipité de son sulfure et de son sulfate, en ajoutant à la masse à fondre des minerais à gangue d'ocre et des scories de forges. La perte en sulfure de plomb, que l'on fait dans la préparation du minerai, ne doit pas être grande, puisque l'on bocarde peu et que le sulfate de plomb qui se forme dans le grillage est adhérent au sulfure et ne paraît point s'en séparer aisément; du moins les eaux de lavage ne sont-elles pas sensiblement blanches. Au surplus, le sulfate de plomb étant par lui-même très-pesant, les parties du sulfure qui auraient été converties entièrement en sulfate dans le grillage, ou celles qui se seraient détachées du sulfure pendant le lavage, doivent nécessairement se retrouver, sans perte très-notable, dans les divers minerais lavés.

J'ai cru inutile de joindre à cette notice les plans des grilles anglaises, doubles cribles, tamis à main, tamis à bascule, bocards, tables à tombeau et tables à percussion employés à Védrin, ces machines ne différant pas de celles usitées ailleurs. Je me borne à donner les plans du fourneau de grillage, qui, à raison des changemens introduits dans les dimensions et les dispositions de ses parties, se rapproche moins des fourneaux connus de même espèce. (V. Pl. I.)

MÉMOIRE

SUR LES DIFFÉRENS ÉTATS DU FER (1);

Traduit et extrait des *Mémoires sur différens points importans du traitement du fer*, de M. Ant. Muller, de l'Administration des Mines de Prusse;

PAR M. AUG.-FR. ENGELHARDT.

Bergmann et Rinmann ont donné les premières notions sur la nature des diverses espèces de fer; elles ont été développées et rectifiées par Berthollet, Monge et Vandermonde, qui ont fait connaître les différences principales existant entre le fer, l'acier et la fonte.

Les progrès des sciences ont dû contribuer aussi au perfectionnement de la théorie de la fabrication du fer: M. Karsten, savant aussi distingué que versé dans le détail de l'art des forges, fit voir l'insuffisance des principes établis, et publia une théorie nouvelle, qui ne tarda pas à être généralement adoptée en Allemagne. Cette théorie est cependant susceptible d'une critique approfondie, afin de reconnaître s'il n'était pas possible d'arriver à un résultat plus conforme aux faits observés et à l'état actuel de la science.

I. *Fonte*. D'après les idées les plus généralement répandues, le carbone est la cause des divers états du fer. Le fer malléable affiné n'en contient que des traces, l'acier en contient davantage, la fonte blanche encore plus; enfin, la fonte grise en renferme une plus grande quantité, et d'au-

(1) Le présent mémoire a été rédigé avant la publication de celui de M. Karsten sur les combinaisons du carbone avec le fer, et qui se trouve dans les *Annales des Mines*, tome 9, pag. 657.

tant plus, qu'elle est d'une couleur plus foncée.

Quelques savans veulent admettre de l'oxigène dans les fontes blanches; d'autres expliquaient la différence des trois états du fer par une combinaison de ce métal avec les terres; enfin on a attribué plus récemment les mêmes apparences à la présence des bases terreuses combinées avec le fer.

M. Karsten attribue également au carbone la différence des états du fer; mais, d'après lui, il ne suffit pas de prendre en considération la quantité de carbone combiné au fer, il faut encore avoir égard au mode de sa combinaison; car il y a des fontes blanches qui contiennent autant de carbone que les fontes les plus grises. L'existence de l'oxigène est tout-à-fait rejetée par M. Karsten; les bases métalliques des terres entrent sans doute souvent en combinaison avec le fer, mais elles ne sont pas essentielles pour constituer ses trois états. Le fer et le carbone peuvent se combiner en proportions définies; mais le carbure formé peut ensuite s'unir en proportions variées au fer lui-même, et s'y dissoudre en quelque sorte.

Le graphite (1), d'après M. Karsten, ne peut se former qu'à la plus forte chaleur des hauts-fourneaux, et c'est une des conditions essen-

(1) Ce métallurgiste a reconnu, par des expériences de laboratoire et depuis la publication de son *Manuel de la métallurgie du fer*, que ce qu'il appelle *graphite*, et qu'il regardait comme un *percarbure* de fer, est du carbone pur. Voyez *Annales des Mines*, tome 9, page 676.

M. Bouésnel a fait voir long-temps avant M. Karsten que le graphite qui se sépare de la fonte n'est que du carbone pur. (*Journal des Mines*, t. 31, p. 151.) R.

tielles de la production de la fonte grise; il faut moins de chaleur pour produire le carbure de fer (proto-carbure) et la fonte blanche: de sorte que cette dernière fonte est celle qui se forme en premier lieu, et elle ne devient grise que lorsqu'elle éprouve une température assez élevée pour qu'il se forme du graphite. L'inverse a lieu, suivant M. Karsten, et par un refroidissement subit, le graphite déjà formé revient à l'état de carbure, s'unissant de nouveau à une plus grande quantité de fer. Mais il y a des corps qui mettent plus ou moins d'obstacle à la formation du graphite, c'est-à-dire de la fonte grise: tels sont les bases des terres, le phosphore, le soufre, le manganèse, etc. Ce dernier corps exerce une influence assez marquée pour empêcher la production de la fonte grise, même à la température la plus élevée, dans les hauts-fourneaux.

D'après le *Manuel* de M. Karsten, on obtient en général de la fonte blanche,

1°. En traitant des mines très-fusibles ou rendues trop fusibles par la disproportion de la castine ajoutée, par des charbons légers ou des machines soufflantes trop fortes (marche d'ailleurs régulière du fourneau);

2°. Par une trop forte dose de minerai (fourneau surchargé, allure dérangée);

3°. Par des étalages trop verticaux, un vent trop fort relativement aux combustibles employés (bonne allure du reste);

4°. Par une chaleur trop faible (allure régulière du reste);

5°. Par une allure irrégulière du haut-fourneau, provenant d'autres causes que la disproportion du minerai et du charbon (mines cou-

lant à travers les charbons, chute de charges, etc.);

6°. Par une trop forte compression de la masse dans la cuve, sur-tout avec les minerais peu fusibles, la chaleur restant alors trop concentrée dans l'ouvrage, et ne s'élevant pas assez. La marche du fourneau peut d'ailleurs paraître très-régulière.

Au contraire, la fonte grise sera produite chaque fois que le fourneau sera bien en chaleur, que le vent pourra s'élever suffisamment dans la cuve et que les scories ne seront ni trop fusibles ni trop épaisses.

Indiquons encore quelques idées particulières à M. Karsten et sur lesquelles nous aurons occasion de revenir par la suite.

1°. La fonte grise est moins fusible que la fonte blanche; elle est plus liquide et se maintient plus long-temps dans cet état.

2°. La fonte blanche s'affine plus facilement que la fonte grise.

3°. Dans les hauts-fourneaux, il ne se forme pas, comme on l'a cru autrefois, d'abord de fer oxidulé, puis du fer métallique pur, puis de l'acier, puis de la fonte contenant plus de carbone : cette manière de voir serait, selon M. Karsten, contraire à tous les phénomènes de la réduction. L'observation des faits, dit-il, prouve que la formation de la fonte blanche exige plus de carbone que la fonte grise, que l'on obtient par une marche régulière du fourneau; car chaque fois que l'on a de la fonte blanche, on obtient des charbons non consommés près de la timpe, qui auraient suffi pour fournir la petite quantité de carbone nécessaire à la formation de

la fonte grise : il ne manquait donc point de charbons.

Une des principales bases de la théorie de M. Karsten est l'existence de deux combinaisons du fer avec le carbone, son carbure et son graphite; hypothèse d'autant plus vraisemblable, que le fer produit des combinaisons analogues avec l'oxygène, le soufre, etc. Mais le développement des autres parties de sa théorie présente plusieurs difficultés.

Lorsque M. Karsten nie que l'oxidule de fer commence par former du régule de fer avant de se combiner au carbone, il entend sans doute dire seulement par là qu'il est impossible d'assigner une place quelconque dans le haut-fourneau, où l'on puisse supposer que ce régule de fer se trouve en quantité assez notable pour qu'il puisse se réunir en masse; de même qu'il est impossible d'assigner un certain temps pendant lequel le fer se maintient pur sans être combiné à du carbone : il est au contraire conforme aux lois des affinités de croire que le fer commence par se désoxider avant de se combiner au carbone, et M. Karsten sera sans doute aussi de cette opinion, puisqu'il a été un des premiers à rejeter la possibilité de l'existence simultanée du carbone et de l'oxygène dans la fonte.

Lorsque les minerais sont bien dosés, la réduction des oxides de fer commence dans des régions beaucoup trop élevées au-dessus de la tuyère, pour qu'ils y trouvent la chaleur nécessaire à la fusion du régule, dont la réunion en masses notables serait d'ailleurs empêchée par la formation encore imparfaite des scories. Avec une marche réglée et une fusibilité convenable du mine-

rai, la masse s'avance peu-à-peu dans les parties plus échauffées du fourneau; les scories se forment; le fer, en se combinant au carbone, devient plus fusible; il se réunit en gouttes, qui, par leur affinité pour le carbone, s'attachent aux charbons plutôt que les scories, et se trouvent ainsi en contact intime avec lui. C'est accolé de la sorte aux charbons, ou bien en glissant entre eux, que le fer arrive devant la tuyère et tombe ensuite sous la couche des scories. Il est hors de doute que le fer ainsi environné de charbons et d'une atmosphère abondante en carbone, doit en prendre jusqu'à ce qu'il en soit saturé, à moins que quelques causes ne s'y opposent. Dans nos hauts-fourneaux, nous n'obtenons cependant jamais toute la masse de fer entièrement saturée de carbone.

Aucune expérience n'est contraire à ce principe. En admettant cette combinaison successive du carbone avec le fer, depuis le moment où il a perdu tout son oxygène jusqu'au moment où il vient plonger sous le bain des scories, il est clair que le fer prendra moins de carbone lorsqu'il se trouvera moins de charbons dans l'espace qu'il doit parcourir, lorsque le temps pendant lequel cette combinaison peut se former se trouvera abrégé par une descente trop rapide du minerai (mines trop fusibles et vent trop puissant), ou lorsque la région où finit la désoxidation et commence la combinaison avec le carbone se trouvera trop près de la tuyère (minerais trop réfractaires, vent trop faible, température trop basse, masse trop comprimée dans la cuve).

Nous pouvons conclure de là que la combinaison avec plus ou moins de carbone ne dépend

pas seulement de la présence du carbone, mais encore des causes qui peuvent faciliter ou empêcher cette combinaison; et ce ne sera point un paradoxe de dire que quelquefois la production d'un fer moins carboné consommera plus de charbons que celle d'un fer plus riche en carbone.

Si donc nous remarquons que la fonte refroidie lentement prend une couleur plus claire et parfois tout-à-fait blanche, lorsque, dans les circonstances indiquées, nous devons y admettre moins de carbone, nous pouvons attribuer cette couleur à la moindre dose de carbone, sans vouloir prétendre que la fonte blanche ne contienne pas du tout de carbone, ou qu'elle contienne de l'oxygène. Nous reviendrons plus tard sur les espèces particulières de fonte blanche qui ont autant de carbone que les fontes les plus grises, telles entre autres que les fontes manganésifères.

La manière dont se forme la fonte blanche nous indique donc suffisamment qu'elle ne peut pas contenir autant de carbone que la fonte grise; de plus, cette quantité plus faible de carbone que nous trouvons dans certaines fontes blanches suffit pour expliquer leur différence d'avec les fontes grises. Les phénomènes indiqués jusqu'à présent n'exigent donc pas que nous adoptions l'opinion de M. Karsten, que ce n'est qu'à la plus haute température du haut-fourneau qu'il se produit du graphite, et que la cause première de la formation de la fonte blanche soit l'empêchement qu'a subi le carbure de fer de se changer en graphite.

Mais aussi les autres espèces de fontes blanches ne demandent pas l'admission de l'hypothèse de

M. Karsten; il convient lui-même que les fontes blanches manganésifères ne donnent pas de graphite, même à la plus forte chaleur des hauts-fourneaux.

Enfin, les faits suivans sont en opposition directe avec l'opinion de M. Karsten : il se forme du graphite dans les essais par la voie sèche et dans les hauts-fourneaux au commencement de la campagne, même à l'arrivée des premières charges de minerai, avant qu'on commence à souffler et lorsque la fonte ne fait qu'apparaître au creuset. Dans ces cas, la température est certainement plus basse que lorsque par la suite un dérangement du haut-fourneau donne de la fonte blanche. Il y a même des minerais manganésifères qui donnent, au commencement de la campagne, des fontes grises, et qui, plus tard, sans que le fourneau soit surchargé, lorsqu'il est au contraire dans la marche la plus régulière, donnent des fontes blanches (1).

La grande quantité de carbone en présence dans ces différens cas influe sans doute beaucoup sur la formation du graphite; mais il ne s'agissait pour le moment que de prouver que le

(1) Ce phénomène, qui paraît singulier au premier abord, s'explique facilement en considérant combien le manganèse est difficile à réduire et à fondre. Ce ne sont que des minerais manganésifères pauvres et très-réfractaires qui donnent de la fonte grise au prime abord. Ces minerais réfractaires auront besoin d'une grande chaleur pour se fondre complètement, et ce n'est qu'alors qu'il y aura du manganèse de réduit, et que la fonte deviendra blanche par son influence; mais lorsque les minerais sont riches, le fer aidera beaucoup la réduction du manganèse, et il pourra se produire de suite une fonte blanche.

graphite peut se former aussi à une température moindre que la plus forte chaleur des hauts-fourneaux.

En admettant outre le graphite un carbure de fer, mais en récusant la transformation du carbure en graphite à la plus forte chaleur du haut-fourneau, il faudra opter entre les deux manières de voir suivantes; savoir, 1°. ou qu'il se forme, dans les cas que nous avons indiqués jusqu'à présent, du graphite dès le commencement de l'opération, qui se combine de suite avec la fonte; 2°. ou bien qu'il ne se forme en général dans les hauts-fourneaux que du carbure, qui, mêlé au fer pur, reste tel, même à la plus haute température des fourneaux; mais que pendant le refroidissement lent de la fonte, le carbone du carbure peut se séparer combiné à une moindre dose de fer, et produire ainsi le graphite qui se trouve dans la fonte.

En adoptant la première supposition, il faudrait admettre avec M. Karsten que le graphite formé à une haute température peut se combiner de nouveau à une plus grande dose de fer, et repasser à l'état de carbure lorsqu'on le refroidit subitement, l'expérience nous prouvant que le refroidissement subit rend toujours la fonte blanche; mais cette opinion n'ayant été adoptée par M. Karsten, à ce qu'il paraît, que pour expliquer ce dernier fait, nous suivrons la seconde manière de voir, qui nous paraît plus naturelle et plus conforme aux principes chimiques.

Après cet examen critique de la théorie de M. Karsten, voyons s'il est possible de la modifier ou de lui en substituer une nouvelle.

Nous pouvons considérer la production de la

fonte, quels que soient les minerais de fer ou leurs gangues, comme une simple opération de réduction d'oxides. La combinaison avec le carbone n'est qu'une suite de l'action du charbon sur le régule de fer; mais à côté de cette opération de réduction se trouve la formation simultanée du laitier, et ces deux opérations sont en rapport si intime qu'il est difficile de considérer l'une sans l'autre.

Le laitier des hauts-fourneaux est une combinaison vitreuse assez parfaite des terres et de quelques oxides métalliques, contenant sans doute aussi une petite dose de carbone.

La combinaison des oxides dans les verres et les laitiers est très-intime, et ils résistent alors à l'action réductrice du carbone. Il est donc important que la réduction du fer soit déjà avancée à un certain degré avant que la formation du laitier commence; car si le laitier commençait à avoir déjà une fusion vitreuse pendant que le fer se trouve encore à l'état d'oxide, il en entraînerait une grande partie dans la vitrification, et le déroberait à l'action désoxidante des charbons. Il y aurait donc alors un laitier très-riche en fer, et quand même l'action désoxidante du charbon le détruirait, il y aurait non-seulement du fer, mais aussi une partie des oxides-terres de réduction, dont les régules s'uniraient à la fonte.

C'est ce qu'on observe en effet, au moins en grande partie, lorsqu'on charge des compositions très-fusibles, et nous verrions constater complètement cette assertion, si la pratique nous offrait des chargemens aussi fusibles que nous l'avons supposé d'abord.

Le laitier exerce une influence triple sur la fonte:

1^o. Selon qu'il se forme plus ou moins rapidement relativement au moment de la réduction du fer;

2^o. Qu'il est en quantité convenable ou non;

3^o. Qu'il est plus ou moins parfaitement vitrifié, ou que ses composans sont plus ou moins facilement réductibles.

L'opération de réduction du fer, considérée isolément, amène les oxides de fer d'abord à l'état de protoxide, puis à celui de fer pur, qui, en se chargeant peu-à-peu de carbone, donne ensuite une fonte de plus en plus carbonée. Tant que le fer est à l'état de régule sans être combiné au carbone, il se trouve dans les régions du haut-fourneau, où il est encore beaucoup trop peu fusible pour se réunir en masses, et où il est d'autant plus divisé que ses molécules sont tenues écartées par l'interposition des terres qui n'ont pas encore pu se réunir en laitier fusible; exposé de la sorte favorablement à l'action du carbone et des gaz carbonés, il ne tarde pas à se former un carbure de fer, qui non-seulement est fusible à cette moindre température, mais encore entraîne une partie du régule de fer.

Le fer ainsi liquéfié se réunit en gouttes adhérentes aux charbons par le laitier qui les environne et qui commence également à entrer en fusion; en descendant lentement avec le charbon, il se charge toujours davantage de carbone, jusqu'à ce qu'il arrive sous la couche de laitier qui recouvre le bain et le garantit contre tout changement ultérieur.

La marche de nos hauts-fourneaux se trouverait nécessairement entravée du moment où l'on voudrait y obtenir le fer déjà affiné; car quoique

le fer ductile ou affiné puisse se fondre devant la tuyère, il ne reste pas à l'état liquide dans les parties inférieures du creuset, et il s'y réunit en masses concrétionnées qu'on ne peut extraire du fourneau qu'en abattant le mur de la timpe. Dans quelques contrées, par exemple, dans le Henneberg, on obtient en effet, en chargeant des minerais plus riches dans les mêmes fourneaux qui donnent ordinairement une fonte liquide, une masse de fer assez ductile, conglomérée, qu'on extrait du fourneau en abattant le mur de devant (1). Ce fer, porté comme loupe sous le marteau, est divisé en *pièces*, que l'on ajoute à la fonte dans les feux d'affineries. Ces *pièces* ne sont cependant pas, à ce qu'il paraît, du fer pur, et contiennent un peu d'oxygène, soit que le fer pur puisse entrer en combinaison avec une certaine dose d'oxide, soit que l'oxide y soit seulement à l'état de mélange.

Nous voyons donc que le fer qui contient un peu d'oxygène est à l'état de conglomérat à la chaleur de nos hauts-fourneaux et non pas liquide; fait qui se confirme également en observant ce qui se passe dans les feux d'affineries, où l'on ne voit à l'état liquide que le fer carburé et les scories.

Si donc quelques phénomènes, tels que ceux, par exemple, que présente le fer doux chauffé fortement au contact de l'air, tendent à faire croire que le fer qui a les caractères généraux du fer pur puisse contenir une certaine dose d'oxygène; cet oxygène ne donne cependant aucune fusibilité au fer tant que le tout n'est point con-

(1) Dans les *stuck-ofen*.

verti en protoxide. *Il ne peut donc y avoir de la fonte qui doive sa fusibilité à sa combinaison avec l'oxygène.*

Nous avons établi plus haut que le fer pur se transforme en carbure en absorbant du carbone et que c'est ce carbure uni au fer pur qui forme la fonte liquide. Ce fait donne une nouvelle preuve de l'existence du carbure de fer carbi-graphite: et comme le fer pur est solide à la température à laquelle se liquéfie la fonte, il serait impossible de se rendre compte de la liquidité de la fonte en la supposant formée d'un simple mélange de graphite et de fer pur. D'ailleurs rien ne prouve la formation du graphite à la haute température de nos fourneaux; toutes les modifications que la fonte éprouve depuis le premier moment de sa formation jusqu'à ce qu'elle vienne tomber sous la couche du laitier, est de prendre de plus en plus du carbone; cette augmentation en carbone ne fait qu'augmenter la quantité de carbure sans opérer un changement subit, tel que le serait celui de la production du graphite à la plus haute température.

Mais si nous observons ce qui se passe lors du refroidissement de la fonte riche en carbone, qui ne contient pas d'autres substances étrangères et qui produit une fonte soit à cassure grise, soit à cassure blanche, selon que le refroidissement a lieu plus ou moins rapidement, nous trouverons que c'est pendant ce refroidissement que doit se former le graphite dans la fonte.

Nous supposons les caractères de la fonte grise suffisamment connus, et les développemens pré-

cédens, ainsi que ce que nous allons dire de la formation des fontes blanches, suffiront pour faire connaître toutes les conditions nécessaires à sa formation.

La fonte blanche se produit sous les conditions suivantes :

1^o. Par un refroidissement rapide de la fonte, qui sans cela aurait pris une cassure grise.

D'après ce qui vient d'être dit, ce n'est donc pas de la fonte grise qui revient à l'état de fonte blanche, mais bien la fonte blanche qui a été empêchée de se transformer en fonte grise ;

2^o. Par un manque de carbone : dans ce cas, la combinaison du carbone avec le fer est trop intime, et l'affinité très-forte qui s'exerce entre les deux corps s'oppose à la séparation du graphite. D'ailleurs cette séparation ne peut se faire que dans une masse bien liquide, mais la fonte sera d'autant moins fluide qu'elle approchera plus de l'état de fer pur, ou qu'elle sera moins carbonée. Or, à mesure que le graphite se sépare, la fonte doit devenir moins liquide, même sans que la température s'abaisse, et s'il y a en même temps refroidissement, la solidification doit avoir lieu très-rapidement : d'où résulte que la séparation du graphite doit arriver promptement à son terme, et alors même que la fonte contient encore du carbone en combinaison.

Cependant je ne crois pas que cette solidification soit la seule cause qui arrête la formation du graphite, mais bien que l'affinité du fer pour le carbone s'oppose aussi à cette formation.

A mesure donc que le fer contiendra moins de carbone, il se formera moins de graphite, et sa

couleur sera d'autant plus claire ; et avec la plus petite dose de carbone, elle sera enfin tout-à-fait blanche.

On n'a pas encore déterminé quelles doivent être les proportions respectives du fer et du carbone pour que la formation de graphite n'ait plus lieu pendant le refroidissement lent de la fonte, et il est probable qu'on ne pourra pas la préciser, puisque, en thèse générale, outre la proportion du carbone, il y a d'autres causes qui concourent à empêcher la formation du graphite.

La fonte à cassure d'un gris foncé coule un peu lentement, mais reste long-temps liquide ; par un refroidissement lent, elle donne beaucoup de graphite ; elle prend beaucoup de retrait, et quand elle se refroidit, à cause de cela, en grosses masses, elle présente des cavités dans son intérieur, qui n'ont pas l'aspect de bulles et ne sont qu'une suite du retrait. Lorsqu'il y a si peu de carbone dans la fonte qu'elle prend la couleur blanche, elle est également peu coulante ; mais en outre elle se solidifie très-promptement et se recouvre, pendant qu'elle est encore liquide, d'une couche d'oxide assez notable. Il se forme beaucoup de cavités bulleuses dans l'intérieur de sa masse, et elle prend peu de retrait pendant le refroidissement. Après le refroidissement, cette fonte est très-cassante, et se brise même souvent sur le lit de sable ; elle est dure à la lime et ne prend point l'empreinte des coups de marteau. On tâche d'éviter ces deux extrêmes, mais sur-tout le dernier, cette fonte n'étant bonne ni au moulage ni à l'affinage : les fontes qui sont intermédiaires se rapprochent plus ou moins des caractères de l'une ou de l'autre ; mais elles sont

toutes plus liquides, et c'est pour cela qu'on tâche toujours d'avoir la fonte dans un état moyen un peu plus rapproché de la fonte grise.

Les fontes appelées *fontes truitées* sont, par leur grande fusibilité, très-propres au moulage; elles s'affinent plus facilement que les fontes grises, et donnent un tout aussi bon fer lorsque c'est une fonte pure, composée de fer et de carbone seulement.

3°. *Par la combinaison du fer avec d'autres substances.* La plupart des substances qui s'unissent au fer possèdent, à un degré plus ou moins prononcé, la faculté d'empêcher la séparation du graphite, et de rendre la combinaison du fer et du carbure plus intime ou plus stable. Nous avons remarqué que la solidification de la fonte empêche ordinairement la séparation du carbone à l'état de graphite; mais que quand même cette cause serait sans influence, le fer, par son affinité pour le proto-carbure, en retiendrait une portion en combinaison; mais cette portion est si petite, qu'elle n'altère pas sensiblement les propriétés du fer pur. C'est, en effet, ce qui a lieu en traitant la fonte long-temps au feu.

Quand donc il s'agit d'obtenir une combinaison constante d'une certaine proportion de carbure avec le fer, comme, par exemple, dans l'acier, il faut tâcher de rendre stable la combinaison du fer avec le carbure par la présence d'une troisième substance.

On voit, d'après cela, que pour obtenir un bon acier par le traitement direct de la fonte, il importe d'employer une fonte qui, malgré la grande quantité de carbone qu'elle contient, garde la couleur blanche pendant son refroidissement

lent, fonte qui est une combinaison triple de fer, de carbone, et d'une troisième substance.

Voyons maintenant quelle est l'influence particulière à chacune des substances qui jouissent de cette propriété, en tant qu'elle peut se déduire des faits connus jusqu'à ce jour.

a. Fonte et bases des terres. Quoique les bases des terres ne s'opposent point aussi puissamment à la formation du graphite que d'autres substances, elles possèdent cependant cette faculté à un degré très-prononcé, et nous remarquerons qu'avec un contenu égal de carbone et pour un même degré de refroidissement, la fonte sera d'autant plus blanche qu'elle contiendra plus de bases terreuses. Nous verrons aussi plus loin que les bases des terres peuvent servir à donner de la stabilité à la combinaison du carbure avec le fer dans quelques espèces d'aciers.

Quelles sont, en général, les bases des terres qui s'unissent de préférence à la fonte, et quelles sont les propriétés qu'elles communiquent à la fonte et aux fers forgés que l'on en retire? Cela ne pourra se déterminer que lorsque nous aurons quelques bonnes analyses de fontes dont nous connaissions toutes les manières de se comporter.

Les observations en grand donnent provisoirement les résultats suivans: le silicium, l'aluminium, le calcium et le barium, s'unissent au fer et rendent tous la fonte aigre; les deux premiers communiquent cette même qualité au fer forgé, et le silicium la donne encore plus que l'aluminium. Le calcium donne un fer cassant, aigre; aussi la fonte obtenue en chargeant beau-

coup en castine, donne à l'affinage une scorie peu fusible, et qui se sépare difficilement du fer. On y remédie aussi bien que possible en y ajoutant un peu de sable quarzeux. Les propriétés que le barium peut donner au fer sont d'autant plus difficiles à déterminer, que ce métal ne provient que du sulfate de barite, et qu'on ne sait pas alors si les caractères acquis par le fer, sont dus au barium ou au soufre qui proviennent de la décomposition du sulfate.

Cependant le fer provenant de mines contenant du sulfate de barite diffère un peu du fer provenant de mines pyriteuses, et il est à présumer que le barium rend le fer cassant et la fonte peu coulante.

b. Fonte et phosphore. Le phosphore possède également la propriété d'empêcher la séparation du graphite, quoiqu'à un degré inférieur, puisqu'à quantité égale de carbone, la fonte contenant du phosphore est toujours plus blanche que celle qui n'en a pas. Cependant le phosphore permet à la fonte de prendre une cassure assez foncée; si elle a pu se charger d'une dose de carbone suffisante, et elle est alors très-propre au moulage. C'est un fait connu que le phosphore rend le fer forgé cassant à froid; mais l'on ne peut en conclure l'inverse, c'est-à-dire que le fer cassant à froid doit toujours cette propriété au phosphore, puisqu'il y a encore d'autres corps qui peuvent la lui communiquer, par exemple, selon toute apparence, le chrome.

c. Fonte et soufre. Le soufre est dans la même catégorie que le phosphore; il donne, à contenu égal de carbone, une cassure plus blanche à la fonte avec laquelle il se combine. J'ai eu occasion

d'observer une fois de la fonte tellement chargée en soufre, que, quoique le fourneau fût en très-bonne marche, et que la fonte pût se saturer convenablement de carbone, elle prit cependant la cassure blanche. Cette fonte diffère essentiellement de la fonte blanche qui contient du manganèse; elle a une forte tendance à la cristallisation, mais moins prononcée que la fonte manganésifère. Elle est très-fusible; mais elle se fige très-rapidement. Lorsqu'on la coule, elle se divise souvent, comme du mercure, en une infinité de petites gouttelettes, qui viennent se réunir de nouveau, mais qui laissent entre elles une infinité de petites sutures. Cette propriété empêcherait déjà cette fonte de servir au moulage, mais en outre elle est très-cassante et éclate pendant le refroidissement.

La cassure de cette fonte présente une texture cristalline; elle est compacte, sans trous et sans bulles. Lorsqu'on l'a brisée après son refroidissement, elle est d'un blanc d'argent et d'un éclat très-vif; brisée pendant qu'elle était encore très-chaude, ou lorsqu'elle se fend d'elle-même, sa cassure devient irisée; elle ne prend pas de retrait pendant le refroidissement.

L'on sait que le soufre rend le fer forgé rouverin; mais tous les fers rouverins ne doivent point cette qualité au soufre. L'arsenic, entre autres, paraît lui donner également cette propriété.

d. Fonte et manganèse. L'on connaît beaucoup mieux les caractères de la fonte blanche manganésifère, que ceux des autres fontes dont nous venons de parler, parce que les substances dont il a été question ci-dessus donnent toutes de mauvaises

qualités au fer, et ne sont unies en fortes doses, à la fonte, que dans les usines mal dirigées. La fonte manganésifère, au contraire, procure un excellent fer forgé et sur-tout un très-bon acier, de sorte que cette fonte est fort recherchée.

Voici ses principaux caractères :

Lorsqu'elle a été produite par une marche bien réglée du fourneau, et qu'elle a pu prendre une quantité suffisante de carbone (qui est souvent aussi forte que celle de la plus foncée des fontes grises), elle a une cassure d'un blanc argentin, à grandes lames brillantes, qui tiennent à la grande tendance à cristalliser que cette espèce de fonte possède. Lorsque cette fonte se refroidit sous une couche de laitier, elle ne prend pas beaucoup de retrait; sa surface est plissée et indique une structure cristalline; le laitier s'en sépare facilement et s'en détache de lui-même, pendant le refroidissement, avec un certain bruit. Les acides attaquent cette fonte inégalement et mettent à découvert la structure cristalline. Elle est assez fragile, mais elle ne se brise pas d'elle-même pendant le refroidissement. Lorsque l'on charge en même temps des minerais capables de donner de la fonte grise, de telle sorte qu'on obtienne une fonte dont la cassure blanche passe en quelques endroits au gris, la fonte, sans perdre de sa dureté, prend une très-grande ténacité et devient excellente pour certains objets, par exemple des enclumes. En augmentant encore la dose de minerai donnant de la fonte grise, cette couleur ne se manifeste que par plaques, la cassure générale restant blanche. En général, la fonte grise est comme

disséminée au milieu de la fonte blanche, ou *vice versa*(1); mais dans ce dernier cas, les grains sont moins distincts. Le carbone venant à diminuer de plus en plus, la fonte est moins lamelleuse; elle se fige plus aisément et finit par adhérer fortement aux laitiers et aux parois du creuset, où elle forme des amas nuisibles. C'est de la fonte très-réfractaire qu'il ne faut point confondre avec le fer ductile qui s'attache quelquefois à la tuyère et au-dessus, même quand le fourneau va bien, et sur-tout quand on traite des minerais manganésifères.

e. Fonte et métaux. Les notions imparfaites que nous avons sur l'alliage du fer avec les autres métaux, ne nous donnent que des notions très-imparfaites sur ce sujet, d'autant plus que nous ignorons quel est le rôle que joue le carbone dans ce cas, et si la fonte ne se comporte pas tout autrement dans ces alliages que le fer affiné. Les résultats que nous présentent les métallurgistes sur ces points sont si divergens et souvent si contradictoires, qu'ils exigent confirmation ultérieure (voyez, pour plus de détails, le *Traité* de Karsten, qui contient des notices très-intéressantes sur l'influence qu'exerce le zinc sur le fer affiné et sur la fonte). Il paraît cependant que la plupart des métaux qui se combinent au fer empêchent la formation du graphite, et que leur addition peut être utile dans la fabrication de l'acier. On doit lire avec intérêt, sous ce rapport, les expériences de M. Fischer de Schaffhouse sur la combinaison de l'acier avec le cuivre (son acier,

(1) Fonte truitée.

fondu jaune, doit contenir un quart de cuivre); les expériences de MM. Stodart et Faraday sur l'alliage de l'acier avec une petite quantité d'argent (à-peu-près avec 0,2 pour 100), répétées et constatées par M. Fischer; leurs expériences sur l'alliage de l'acier avec le rhodium; les expériences de M. Berthier sur l'alliage du fer et de l'acier avec le chrome (*An. chim.*, t. 17). Il est très-remarquable qu'en général il suffise d'une très-petite quantité d'une substance étrangère pour produire ces effets. Je citerai pour exemple le plomb. Tous les métallurgistes paraissent s'accorder à croire que le plomb ne s'allie point avec le fer. Cependant c'est un fait très-connu, qu'une petite quantité de plomb, une once, par exemple, jetée dans un haut-fourneau, rend la fonte beaucoup plus fusible, ce qui semblerait indiquer qu'il y a combinaison: or, la fonte produite dans cette circonstance ne peut contenir que 0,0005 de plomb tout au plus; il n'est donc pas étonnant que ce métal échappe à l'analyse, mais cela fait voir combien peu il faut d'une substance étrangère pour altérer les qualités du fer.

Il est très-probable que la fonte blanche n'est pas plus homogène que la fonte grise, mais que c'est un mélange de carbure de fer et de fer pur; tandis que la fonte grise contient en outre du graphite (1).

Mais il ne faut pas perdre de vue que toute fonte qui conserve la cassure blanche après un

(1) Cette manière de voir de M. Muller est aussi conforme à l'opinion de M. Berzélius, qui s'exprime ainsi:

« Le fer s'unit en plusieurs proportions au carbone;

refroidissement lent, est un composé ternaire de fer, de carbone et d'une troisième substance; les cristaux seront donc vraisemblablement aussi des composés ternaires, et il est possible que la quantité de carbone qu'ils contiennent varie avec la nature de la troisième substance.

Ce n'est que d'un grand nombre d'analyses comparatives que l'on peut espérer la solution de cette question difficile.

II. *Fer pur.* Selon l'opinion générale des métallurgistes, le bon fer forgé est du fer pur, ne contenant qu'une trop petite quantité de substances étrangères, sur-tout de carbone, pour qu'elles puissent altérer ses propriétés caractéristiques. Lorsque le fer se trouve allié d'une quantité suffisante de substances étrangères, pour que ses

» sursaturé de carbone, il fournit le graphite (plombagine)... Il paraît que le fer peut s'unir en plusieurs proportions définies au carbone, quoiqu'en traitant directement ces deux substances ensemble on n'obtienne que du graphite ou de la fonte, qui paraissent être les deux extrêmes de ces combinaisons définies.

» Presque toutes les fontes refroidies subitement prennent plus ou moins les caractères de la fonte blanche, et, en général, le plus ou moins de célérité de refroidissement a une grande influence sur l'aspect de la cassure de la fonte. » La cause en est que la fonte ne consiste point en une seule combinaison chimique, mais que c'est un mélange de plusieurs combinaisons distinctes réunies par la fusion, et qui se séparent pendant un refroidissement lent, chacune en suivant la pesanteur et la force d'aggrégation qui lui est propre, se figeant et se cristallisant à des époques différentes: c'est ce qui donne une cassure d'un aspect si varié à la fonte refroidie lentement. » (BERZÉLIUS, *Traité de Chimie*, trad. en allemand par Blods, t. II, art. 15. *fer. § du fer et du carbone et fontes.*)

propriétés soient sensiblement altérées, et que son usage vienne à être plus limité par là (attendu que la plupart de ces substances lui donnent des défauts), on le désigne par les qualités que lui ont communiquées ces substances, comme fer rouverin, fer cassant à froid, etc. Cependant les différentes expressions de fer aigre, fer rouverin, cassant à froid, cassant, pourri, mal affiné, etc., etc., sont loin d'indiquer toutes les variétés de fer; il y en a une si grande quantité, que ce n'est qu'une longue expérience qui puisse nous apprendre à les connaître, et il ne peut être question de les examiner toutes ici. Nous avons déjà indiqué plus haut la cause qui produit la majeure partie de ces variétés.

III. *Acier*. Il ne nous reste donc à parler que de l'ACIER. C'est d'après les analyses qu'on en a fait une combinaison de fer et de carbone, et c'est à ce dernier corps qu'il doit, sans aucun doute, ses propriétés caractéristiques. L'acier a une cassure grise; mais sa couleur, ainsi que sa texture, sont tout autres que celles de la fonte grise; aussi ne remarque-t-on dans l'acier aucune séparation de graphite: nous croyons donc que l'acier est formé, comme la fonte blanche, par l'union du carbure de fer et du fer pur.

Mais la fonte blanche, comme nous l'avons vu ci-dessus, est une combinaison triple, et il y a tout lieu de croire que l'acier est également un composé ternaire, en tant que cette supposition n'est pas contraire aux analyses qu'on en a faites. Il est vrai que toutes les analyses que nous possédons de l'acier n'y indiquent pas un troisième corps, tel que le manganèse ou un autre métal, ou la base

d'une terre: aussi il parut d'abord que l'acier *de cémentation*, préparé avec du fer pur (dans le sens que nous avons donné plus haut à cette expression) et du carbone, ne pouvait contenir que du fer et du carbone, jusqu'à ce que M. Berzélius prouva que le fer cémenté avec du carbone et de la silice prenait, outre le carbone, du silicium, et que M. Boussingault crut même devoir admettre que ce n'était point au carbone, mais bien au silicium que l'acier de cémentation devait ses caractères distinctifs. Les expériences de Faraday sur le wootz et les moyens de l'imiter à l'aide de l'alumine, ne laissent d'ailleurs plus aucun doute sur l'influence des bases des terres dans la formation de l'acier. Au surplus si l'on voulait admettre l'exactitude des analyses qui ne trouvent dans l'acier que du fer et du carbone, cela nous forcerait seulement à dire que tous les aciers ne sont pas une combinaison ternaire. Mais il convient de remarquer qu'un grand nombre de ces analyses n'ont été faites que sous des points de vue particuliers (quelques-unes, par exemple, pour découvrir si le manganèse fait essentiellement partie de la composition de l'acier), et qu'en général, avant que l'influence des bases des terres fût connue, on négligeait facilement la présence d'une petite quantité de substance jugée étrangère ou accidentelle. Tant que des analyses bien exactes n'auront donc pas *prouvé l'existence* d'un acier formé seulement de fer et de carbone, nous pourrions considérer l'acier comme un composé ternaire de fer, de carbone et d'une troisième substance. Quant à la manière de voir de M. Boussingault, qui croit que ce n'est point le carbone,

mais bien le silicium qui donne, au moins dans certains cas, ses caractères distinctifs à l'acier, je ne crois pas que les motifs qu'il allègue soient suffisans pour l'admettre.

L'acier-Clouet, formé par la cémentation sans carbone, qu'il cite comme exemple, et qui ne donne à l'analyse aucune trace de carbone, a été formé trop en petit pour être une preuve concluante; d'ailleurs, l'alliage obtenu ne présentait que *quelques caractères généraux* de l'acier, et n'a point été soumis à un travail ultérieur. Tous les aciers fabriqués jusqu'à ce jour, en grand, contiennent du carbone, et je crois devoir les prendre tous, comme la fonte blanche, pour des composés ternaires. L'acier se rapproche donc beaucoup de cette espèce de fonte, et ce n'est, en effet, que d'elle qu'on le retire, lorsque c'est par de la fonte qu'on veut l'obtenir.

Il s'agit donc de voir quelle est la différence entre la fonte blanche et l'acier. La réponse que l'on a faite jusqu'à présent que cette différence ne paraît provenir que de la proportion de carbone ne paraît pas suffisante, si l'on remarque que la différence entre la dose de carbone de l'acier le plus riche en carbone et de la fonte blanche la moins carbonée est presque nulle. De plus, il n'est point probable que ce soit justement l'acier le plus riche en carbone ou la fonte la plus pauvre que l'on puisse trouver qui aient été examinés. Il est peut-être possible de trouver de la fonte qui contienne moins de carbone que l'acier.

Ces deux corps présentent quelques analogies par certaines propriétés, telles que la fusi-

bilité (l'acier très-carboné étant aussi fusible que les fontes blanches pauvres en carbone); mais ils diffèrent essentiellement l'une de l'autre par la texture et la ductilité. Le résultat des analyses ne permet pas de trouver dans le manganèse ou les métaux terreux la cause de la différence qui existe entre la fonte blanche et l'acier; on peut encore moins supposer que cette différence dépend des autres métaux, du soufre ou du phosphore, la présence des premiers n'étant qu'accidentelle, et celle des dernières substances étant toujours nuisible aux qualités de l'acier. Puisque tous les moyens chimiques de distinction sont épuisés, nous devons croire que la différence n'est que *mécanique* et ne consiste que dans un autre arrangement des molécules.

Le zinc nous présente des phénomènes analogues; on peut l'obtenir si cassant qu'il se laisse pulvériser; et des procédés convenables qui n'influent en rien sur sa composition, mais seulement sur l'arrangement de ses molécules, lui donnent une grande ductilité. La différence dans la texture des corps, produite par l'influence d'une grande variation de température, sans qu'il y ait en même temps action chimique, n'est qu'un changement purement mécanique dont on pourrait donner un grand nombre d'exemples. Bornons-nous à citer un corps où la différence produite est permanente: l'acier lui-même et les fers qui s'en rapprochent possèdent cette propriété au plus haut degré. Le zinc nous a prouvé qu'une simple différence d'arrangement mécanique des molécules suffit pour donner de la ductilité au métal. L'acier

lui-même prouve que la simple différence de texture est suffisante pour donner à un corps des qualités tout-à-fait opposées; tout ceci, combiné avec la difficulté qu'il y a d'expliquer chimiquement la différence entre l'acier et la fonte blanche, doit nous conduire à admettre que cette différence ne consiste que dans l'arrangement mécanique des molécules. Considérons quelques phénomènes que présente la préparation de l'acier en grand, et nous trouverons moyen d'y appliquer facilement notre manière de voir; mais auparavant faisons remarquer combien est intime la combinaison du carbone dans la fonte blanche et dans l'acier. Cette combinaison est si forte que, quand on charge des minerais capables de donner en partie de la fonte blanche (de l'espèce riche en carbone) et en partie de la fonte grise; la fonte obtenue alors laisse voir ordinairement dans sa cassure chacune des deux fontes séparées. Quand l'on affine un mélange de fonte blanche et de fonte grise, on obtient un fer très-ductile et très-doux, mais qui ordinairement n'est pas tout-à-fait homogène, parce que la fonte blanche (manganésifère et riche en carbone) s'affine plus difficilement que la fonte grise, qui contient la même quantité de carbone. (Il y a plusieurs métallurgistes qui prétendent le contraire. Quand on a de bon acier, il se laisse travailler, forger et souder à bien des reprises sans changer de nature ni perdre de sa qualité (quoique, sur-tout dans un raffinage répété, il soit assez exposé au vent pour éprouver une forte perte en poids); enfin, dans la préparation du damas, on soude ensemble, on tord, on

replie et on traite à plusieurs reprises, devant le vent, du fer et de l'acier, sans que le carbone de l'acier passe dans le fer; en faisant agir les acides, on découvre le fer et l'acier restés parfaitement séparés.

Nous trouvons dans le *Manuel* de M. Karsten que la fonte blanche, chauffée et refroidie sous l'eau à plusieurs reprises, devient ductile et se laisse forger. J'ignore en quoi l'immersion dans l'eau peut être nécessaire pour plusieurs espèces de fontes; mais j'ai vu, par mes propres expériences, qu'en chauffant à plusieurs reprises quelques espèces de fontes blanches très-carbonées, et les battant et forgeant d'abord doucement et avec précaution, on finit par les rendre ductiles. Il est très-probable que les immersions dans l'eau sont utiles dans ces opérations, en ce qu'elles empêchent la fonte de reprendre plus facilement la texture qui lui est propre.

La fabrication des filières dans plusieurs tréfileries nous offre également un exemple à citer ici. On forge les filières en fer doux; on y pratique, au moyen d'une châsse, un petit enfoncement, dans lequel on coule sous une couche d'argile de la fonte blanche approchant de l'acier; puis on perce avec des poinçons, à une chaleur convenable, en commençant du côté du fer affiné. La possibilité de perforer ainsi la fonte indique déjà de la ductilité; mais on la voit encore bien plus prononcée lorsque ces filières sont élargies par l'usage, puisque l'on peut les redresser en frappant même à froid la filière du côté de l'acier; enfin, on trouve cette ductilité parfaite lorsqu'on retire le morceau d'acier d'une vieille

filière et qu'on le voit se laisser souder et forger.

Il arrive souvent, dans la fabrication de l'acier, que les premiers coups de marteau brisent la loupe en pièces. Ce fait prouve que, dans cet état, l'acier n'est pas assez ductile pour se laisser forger, mais qu'il a encore beaucoup de rapports avec la fonte; cependant, il suffit de souder ensemble les pièces obtenues et de les forger à plusieurs reprises pour avoir de bon acier. Les faits que la fonte blanche et l'acier non malléable peuvent être rendus ductiles en les forgeant peu à peu et avec précaution; que le carbone est combiné si intimement à la fonte blanche et à l'acier que, dans les cas cités, il ne peut s'en séparer, peuvent être considérés comme autant de preuves que la principale différence entre l'acier et la fonte blanche ne consiste que dans l'arrangement de leurs molécules.

Le résultat de la plupart des analyses qui indiquent moins de carbone dans l'acier que dans la fonte blanche, ne doit pas nous étonner; car, quoiqu'il soit possible d'obtenir un acier aussi chargé en carbone que la fonte la plus carbonée, cet acier acquerrait par là plusieurs qualités (par exemple, une trop grande fusibilité) nuisibles à son usage ordinaire: il ne serait donc pas avantageux de tâcher de se le procurer. Il est de plus très-naturel que l'acier moins carboné se rapproche davantage des qualités du fer, et il sera par là plus facile à rendre ductile; il exigera moins de précaution pour sa fabrication. D'un autre côté, pour obtenir de bon fer, on est obligé ordinairement de conduire la marche des hauts-four-

neaux de manière à avoir une fonte très-carbonée: on sera donc obligé, pour obtenir de l'acier tel qu'on le désire la plupart du temps, de diminuer la quantité de carbone. Voilà sans doute l'origine de l'opinion que l'acier doit contenir moins de carbone que la fonte, et que c'est là le caractère distinctif de ces deux corps.

Terminons par quelques réflexions qui pourront suggérer quelques idées nouvelles et utiles pour la pratique.

Si l'acier est un composé ternaire de fer, de carbone et d'un troisième corps qui rend stable la combinaison des deux premiers, ce dernier corps exercera nécessairement son influence non-seulement sur l'union plus intime du fer et du carbone, mais encore sur les propriétés générales de l'acier qui doit en résulter. Il faut donc être très-attentif aux caractères que présente l'acier, non-seulement selon qu'il est formé de fer et de plus ou moins de carbone, mais encore selon qu'il contient en outre du manganèse, du silicium, de l'aluminium, des combinaisons de ces divers corps, ou enfin d'autres métaux. C'est un vaste champ ouvert pour l'expérience, sur lequel les travaux de MM. Faraday et Stodart nous laissent déjà entrevoir quelques résultats.

Nous voyons que l'aluminium donne à l'acier une grande dureté sans altérer ses autres qualités, et qu'une petite quantité d'argent peut également l'améliorer. Il n'est point encore décidé, par des expériences directes, comment se comportera le silicium employé de la même manière que l'aluminium, quoiqu'un grand nombre d'aciers de nos usines contiennent ce métal, et que sans aucun doute il joue un grand rôle dans l'a-

cier de cémentation. Il serait aussi à désirer que l'on combinât directement le manganèse à l'acier, et qu'on en étudiât les caractères distinctifs. Mais il serait nécessaire de faire en même temps l'analyse des aciers ordinaires de nos usines avec la plus grande exactitude et la plus grande impartialité. On trouvera dans l'acier beaucoup de substances que l'on n'y avait point présumées d'abord. Je ne doute pas qu'on ne trouve de l'argent dans l'acier naturel du Henneberg, ainsi que dans d'autres aciers et même dans le fer forgé. Il y a à Kamsdorf (cercle de Zugiareillia, gouvernement d'Erlurt) du minerai qui sert principalement à fabriquer l'acier du Henneberg, et qui laisse déposer des grains d'argent sur les parois des fourneaux : on est fondé à présumer que les fontes, les fers et les aciers qui en proviennent contiennent de l'argent et lui doivent une partie de leurs qualités. En partant de la considération que la fonte blanche ne diffère de l'acier que par l'arrangement de ses molécules ; que néanmoins la diminution de la quantité de carbone dans la fonte est nécessaire, non pour la convertir en acier, mais bien pour donner à l'acier des qualités qui le rendent plus utile, on peut dire qu'il serait en effet possible de convertir la fonte blanche en acier, en lui faisant subir seulement un traitement mécanique convenable, mais qu'on n'en retirerait pas un grand avantage pour la pratique ; qu'au contraire on pourrait peut-être trouver un procédé plus économique pour la fabrication de l'acier naturel et sans éprouver le grand déchet qui a lieu ordinairement, en fondant ensemble de la fonte blanche et du fer affiné (l'on pourrait employer à cet effet des rognures de tôle, des tournures et des

limailles de fer). Si cette union ne présente pas de trop grandes difficultés, je crois qu'il vaudrait la peine de tenter ces expériences à de hautes températures : ce sont les propriétaires d'usines d'acier fondu qui seraient sur-tout à même de les faire.

Résumé du Mémoire de M. Muller.

I. *Fontes.* 1°. Le fer peut former deux combinaisons distinctes avec le carbone : une première, de peu de carbone et de beaucoup de fer, le carbure de fer (proto-carbure) ; et une seconde, de beaucoup de carbone et de peu de fer, le graphite (percarbure).

2°. La fonte n'est qu'une combinaison de fer pur et de carbure : les fontes grises contiennent en outre du graphite.

3°. Dans nos hauts-fourneaux, les minerais de fer commencent par se désoxyder ; le régule de fer se combine aussitôt avec du carbone, et continue de s'en charger tant que les circonstances le lui permettent. Cette opération de réduction est accompagnée de la formation du laitier, qui influe particulièrement sur la quantité de carbone que peut contenir la fonte, selon qu'il se produit plus ou moins rapidement, qu'il est en plus ou moins grande quantité, plus ou moins bien vitrifié, liquide ou épais ; enfin selon la nature même de ses composans.

4°. Dans les fontes qui n'ont que peu de carbone, l'affinité du fer pour ce corps est trop forte pour lui permettre de se séparer et de former du graphite : ces fontes restent donc blanches, même par un refroidissement lent.

Dans les fontes riches en carbone, au contraire, ce corps se sépare pendant la solidifica-

tion de la fonte, en formant du graphite dont les particules, en mélange intime avec le reste de la masse, donnent à la fonte la cassure grise.

Un refroidissement subit ne permettant pas cette formation successive du graphite, occasionne toujours une cassure blanche.

5°. Il y a des corps qui, unis au fer, empêchent cette séparation du carbone sous la forme de graphite, tels que le phosphore, le soufre, les bases métalliques, les oxides-terres, etc., d'autres métaux, sur-tout le manganèse. En ce cas, la fonte qui contient autant et plus de carbone que la fonte la plus grise, conserve la cassure blanche, même après le refroidissement le plus lent et le plus ménagé possible.

II. *Fer pur. Fer forgé.* Le fer forgé est considéré comme du fer pur contenant des substances étrangères, sur-tout le carbone, en trop petites quantités pour en altérer les propriétés: ce sont les propriétés plus ou moins nuisibles que ces substances lui communiquent qui en forment autant de variétés.

III. *Acier.* Sa composition chimique paraît être identique avec celle de la fonte blanche, c'est-à-dire qu'il serait formé de fer pur, de carbone et d'un troisième corps, tel que de l'aluminium, du silicium, du manganèse, etc., etc., qui rendraient stable l'union du carbone et du fer. La différence entre la fonte blanche et l'acier ne paraît résider, d'après M. Muller, que dans l'arrangement mécanique des molécules.

NOTE

Sur le muraillement des puits aux mines de Fins ;

PAR M. J. GUILLEMIN.

Le muraillement des puits, lorsqu'ils doivent être de longue durée, est incontestablement préférable à leur revêtement en bois. Je pense en outre qu'au moyen du procédé qui fait l'objet de cette note, et qui a été avantageusement suivi aux houillères de Fins, ce mode de soutènement est plus économique de toute manière; que les frais d'établissement sont moindres, même dans un pays comme celui-ci, où les bois ne sont pas encore d'un prix très-élevé, et que, par conséquent, il mérite la préférence sur le boisage dans presque tous les cas. Ce procédé étant peu connu, j'entrerai dans des détails suffisans pour que son exécution soit facile; je crois rendre un véritable service à toutes les personnes qui dirigent des exploitations de mines.

Le muraillement se fait au fur et à mesure qu'on descend et sans employer de boisages provisoires, qui occasionnent toujours une assez grande dépense. On s'enfoncé autant que la solidité du terrain le permet, et aussitôt qu'on ne peut plus le faire sans danger, on muraille; puis on creuse de nouveau, et l'on muraille encore aussitôt qu'on le juge nécessaire, et ainsi de suite.

La grande difficulté est de soutenir le muraillement pendant qu'on descend, car la bâtisse en elle-même n'a rien de difficile.

La première partie du muraillement est assu-

rée par les moyens suivans : lorsqu'on a atteint une certaine profondeur, qu'on ne peut dépasser sans péril, 6 ou 10 mètres, par exemple, on place horizontalement, au fond de l'excavation, un cadre en bois (Pl. II, *fig. 1^{re}*), formé de quatre pièces, jointes à mi-bois et réunies aux angles par quatre liens, qui sont placés à une distance égale au diamètre du puits; les dimensions de ce cadre sont, en œuvre, de 0^m, 11 plus petites que celle du puits indiquée par la ligne circulaire; mais il est disposé de manière à ne pas gêner le jeu des tonneaux, qui a lieu, dans la direction de la ligne ponctuée, perpendiculaire aux liens du cadre. Sur ce cadre, dont les extrémités vont s'appuyer le plus loin qu'il est possible dans le terrain, on pose une *courbe* circulaire en bois, *fig. 2*, dont le diamètre est égal à celui du puits; elle est formée de plusieurs pièces courbées, taillées en voussoirs et réunies à mi-bois : ceci disposé convenablement, on commence le muraillement; plusieurs fils-à-plomb placés tout-autour dirigent l'ouvrier maçon, qui élève ainsi la construction verticalement jusqu'à la hauteur du sol; là, on interrompt le muraillement pour placer un cadre semblable à celui *fig. 1^{re}*, mais dont les extrémités, beaucoup plus longues, s'appuient au loin sur la surface du sol; il est destiné à soutenir, au moyen de chaînes ou de tirans en fer ou en bois, le cadre inférieur et toute la maçonnerie que celui-ci supporte. On exhausse le muraillement de 2 ou 3 mètres pour retenir les décombres extraits.

Cela fait, on creuse de nouveau sans aucun danger; on a cependant le soin de laisser du terrain sous le cadre inférieur; c'est-à-dire qu'en

s'enfonçant avec le diamètre *intrà muros* on ne s'élargit que peu à peu pour obtenir le diamètre extérieur du puits; cette espèce de corniche circulaire, qu'on laisse, soutient en partie la maçonnerie supérieure; on l'enlève ensuite par portions, et on la remplace incontinent par la bâtisse. La profondeur qu'on peut atteindre sans s'exposer varie considérablement; la moindre est d'un mètre, et ne se rencontre que dans les terres ébouleuses, les schistes argileux friables (menus noirs), etc. Alors on se hâte de murailleur tout autour sur une courbe circulaire pareille à la première, posée horizontalement et à l'à-plomb des parois du puits, et on serre fortement le dernier rang de briques contre le cadre avec des coins de bois; puis, pour soutenir cette portion de mur, on cloue autour du puits un certain nombre de palplanches ou croûtes de la courbe inférieure à celle de dessus. Avec ces précautions, et le soin de ménager toujours la corniche pour soutenir les travaux précédens, on peut creuser sans aucun danger.

Si la profondeur qu'on peut atteindre sans risque était de plusieurs mètres, ce qui arrive souvent, après avoir placé une courbe au fond de l'excavation, on bâtirait jusqu'à la hauteur de 2 mètres environ; on poserait une nouvelle courbe, on bâtirait dessus, et ainsi de suite, divisant la hauteur totale par des courbes placées à deux ou trois mètres l'une de l'autre, qu'on lierait entre elles par des planches de la longueur convenable.

Quand en creusant on trouve un rocher solide, on en profite pour *décharger* le puits, au moyen d'un cadre en bois, *fig. 3*, dont les extrémités

s'appuient sur les parties consistantes de ce rocher. Il en résulte un autre avantage, c'est qu'on peut sans inconvénient interrompre le revêtement jusqu'à ce qu'on ait passé le terrain dur, dont l'arrachement à la poudre cause souvent des dommages au muraillement; on peut même se dispenser de bâtir dans ces endroits solides, et la partie supérieure se trouve néanmoins assurée.

Je dois maintenant faire connaître les matériaux qui ont été employés aux mines de Fins.

Les premiers muraillemens ont été faits en pierres de grès taillées en voussoirs; mais plusieurs raisons en ont bientôt décidé l'abandon; la taille seule du mètre courant de grès pour un puits de six pieds de diamètre, coûtait 24 francs; les frais d'extraction et de transport, ajoutés à la taille, portaient cette dépense à un taux trop élevé. Il est impossible d'ailleurs de faire un choix parfait de pierres propres à soutenir une grande pression sans s'écraser: de là les réparations coûteuses qu'on est obligé de faire ensuite à cette sorte de revêtement.

L'emploi de la brique a été substitué à celui des grès avec beaucoup d'avantage; on trouve par-tout de la terre propre à leur fabrication, et on peut, sans augmentation de frais, donner à la brique la forme d'un voussoir et obtenir par là une grande solidité, en même temps qu'on rend le travail plus facile. Il suffit d'avoir le soin de n'employer que celles qui sont bien cuites, on est assuré de la solidité des muraillemens.

Voici les dimensions qu'on donne à ces briques.

Dans les terres ébouleuses, dans les roches tendres ou susceptibles de le devenir, elles ont la

forme représentée *fig. A*; leur longueur est de 8 pouces ($0^m,22$); leur largeur moyenne, de 4 pouces ($0^m,11$), et leur épaisseur, de 3 pouces ($0^m,08$).

Dans les terrains solides, roches schisteuses sèches, etc., la longueur moyenne est de 8 pouces, la largeur de 4 pouces, et l'épaisseur de 3 pouces (voir *fig. B*).

Les *courbes* sont en bois de chêne; elles ont 8 pouces de large dans les terrains tendres, et 6 pouces dans les autres; l'épaisseur de 4 pouces restant la même.

Le mortier est fait avec beaucoup de soin; le sable et la chaux, éteinte spontanément à l'air, sont passés au tamis dans les proportions convenables; le mélange est seulement gâché à l'instant de l'employer; il acquiert une dureté suffisante.

Presque toujours il existe un vide entre la bâtiſse et les parois de l'excavation, on a l'attention de le remplir exactement avec des déblais et quelquefois avec de l'argile délayée quand on veut détourner les eaux. La courbe est toujours serrée avec des coins de bois pour prévenir le moindre dérangement.

Il arrive quelquefois, lorsqu'on creuse dans des terrains ébouleux, qu'il se forme des vides derrière la partie du muraillement antérieurement faite. Comme on ne peut pas l'empêcher totalement, on se hâte de murailles le peu qu'on a creusé et souvent par portions de la circonférence, puis de combler ce vide en dessus par un trou pratiqué dans le briquage, avant que l'ébranlement se soit propagé à une plus grande distance: sans cette précaution, le puits quitte-

rait la verticale, les pressions latérales n'étant plus contrebalancées.

La dépense par mètre courant d'un puits de sept pieds de diamètre, dans un terrain dur, est; savoir,

| | fr. | c. |
|---|------------|-----------|
| <i>Briques.</i> — 300 à 16 fr. le mille, au bord du puits. | 4 | 80 |
| <i>Mortier.</i> — 2 hectolitres, préparés, à 2 fr. | 4 | » |
| <i>Bois.</i> — Un tiers de courbe | 5 | » |
| Les frais d'assemblage et de la mise en place d'une courbe sont de 5 fr.; il faut pour la faire 5 pieds cubes de bois, à 2 fr. ou 10 fr. Total. 15 fr. | | |
| 6 mètres de croûtes, pose et clous. | 2 | 50 |
| On n'en compte que 6, quoiqu'on en mette un plus grand nombre, parce que les mêmes peuvent resservir une ou plusieurs fois. | | |
| Cales ou coins de bois, à 0,60 le 100. | » | 20 |
| <i>Main-d'œuvre du maçon.</i> — Prix convenu | 4 | » |
| Il emploie 96 heures pour élever 10 mètres de puits. | | |
| <i>Idem.</i> — de son aide | » | 85 |
| <i>Service des matériaux</i> , jusqu'à la profondeur de 30 ^m . , 4 hommes à 0,85 = 3,50; de 30 ^m . à 180, 3 hommes et 2 chevaux, les premiers à 0,85, les autres à 2 fr. = 7,50; plus profondément, 3 hommes, 3 chevaux. = 11,50. | } moyenne. | 6 45 |
| <i>Éclairage.</i> . . . . . |  |  | 2 50 |
| TOTAL | 50 | 30 |

En terrain tendre,

| | | |
|---|----|----|
| <i>Briques.</i> — 600, à 16 fr. le 100 | 9 | 60 |
| <i>Mortier.</i> — 4 hectolitres | 8 | » |
| <i>Bois.</i> — Cinq sixièmes de courbes, à 20 fr. | 16 | 66 |
| 6 croûtes, pose et clous | 2 | 50 |
| Cales | 1 | » |

| | fr. | c. |
|---|-----------|-----------|
| <i>Main-d'œuvre du maçon.</i> (Elle est la même par marché fait.) | 4 | » |
| <i>Idem.</i> — de son aide | 1 | » |
| <i>Service des matériaux</i> jusqu'à 200 ^m . , moyenne | 8 | 95 |
| <i>Éclairage</i> | 3 | 50 |
| TOTAL | 35 | 20 |

Prix comparé du boisage d'un puits rectangulaire allongé, faisant le même service.

| | | |
|---|-----------|-----------|
| 1 cadre avec étrésillon, cubant 22 pieds, à 1,65 le pied cube | 36 | 50 |
| 4 porteurs équareissant 5 à 6 pouces | 4 | » |
| 8 croûtes avec clous | 2 | » |
| 50 écoins ou eselèmes, à 7,50 le 100 | 3 | 75 |
| 100 callons, à 2,50 le 100 | 2 | 50 |
| Pose (2 mineurs travaillant 8 heures) et lumière | 2 | 70 |
| Service extérieur jusqu'à 200 mètres, moyenne | 5 | 15 |
| TOTAL | 56 | 40 |

Quelquefois, dans les terrains peu consistants et aux approches des galeries, on double le boisage, la dépense devient alors :

| | | |
|--|------------|-----------|
| 2 cadres avec étrésillon | 72 | 60 |
| 8 porteurs | 6 | » |
| 8 croûtes | 2 | » |
| 50 écoins | 3 | 75 |
| 150 callons | 3 | 75 |
| Pose (4 mineurs travaillant 8 heures) et lumière | 5 | 40 |
| Service extérieur | 10 | 50 |
| TOTAL | 103 | 80 |

En supposant, comme cela a lieu dans les puits de Fins, que le muraillement soit fait moitié *en tendre* et moitié *en dur*, et que le boisage soit doublé sur un cinquième de la hauteur,

| | |
|--|--------------|
| | fr. 50. |
| La dépense du boisage est de | 65 80 |
| Celle du muraillement de | <u>42 75</u> |

et la différence ou l'avantage du muraillement... 23 05

Cet avantage est bien plus grand, si l'on considère que la durée du muraillement est double au moins et qu'il exige pendant ce temps moins de réparations que le boisage.

En outre les frais de creusement sont moindres pour le puits circulaire que pour le rectangulaire, puisque la surface de ce dernier est à celle de l'autre comme 5 : 4.

Prix d'un puits cuvelé, à huit pans, de 7 pieds de diamètre, par mètre courant.

| | |
|--|-------------|
| Bois, 17,75 pieds cubes de plateaux de 3 pouces d'épaisseur, au prix actuel de 2 fr. (0m ³ ,610, à 58,35 le mètre cube) | 35 50 |
| Main-d'œuvre du charpentier | 6 » |
| Pose (2 mineurs, en 4 heures) et lumière | 1 35 |
| Service au jour, moyenne | <u>2 65</u> |

TOTAL 45 50

Prix du cuvelage 45 50

Prix du muraillement 42 75

on a

2 75

pour la différence ou l'avantage du muraillement, sans compter sa plus grande durée et la difficulté des réparations d'un pareil boisage. Quant au creusement, le solide à enlever a les mêmes dimensions dans les deux puits.

Je doute que des plateaux de 3 pouces d'épaisseur puissent résister dans les schistes argileux friables (menus noirs). La dépense augmenterait encore si l'on était obligé de leur donner plus de force.

On estime la durée d'un puits murillé à au moins 50 ans, et celle d'un puits boisé de 15 à 20.

Le puits cuvelé désigné ci-dessus a été commencé il y a 24 ans; il était presque plein d'eau quand la compagnie Riant l'a repris. Toute la partie submergée était parfaitement conservée, l'autre, au contraire, était entièrement pourrie; malgré la forme avantageuse de ce puits pour résister à la poussée, on a remarqué, depuis qu'on en a retiré les eaux, que les plateaux fléchissaient en plusieurs points: ainsi, la durée de 15 à 20 ans, si on suppose un travail continu dans ce puits, est certainement suffisante.

Il importe encore de faire connaître les moyens employés pour préserver le muraillement de l'action destructive des eaux qui sourdent des parois du puits.

Il est très-rare de ne pas rencontrer quelques sources à différentes profondeurs. Si on laissait les eaux couler sur toutes les parties du muraillement, elles auraient bientôt entraîné le mortier et les déblais placés derrière; ce qui amènerait infailliblement la ruine de l'ouvrage. En outre, les eaux, en tombant d'une certaine hauteur, se dispersent en pluie, mouillent sans cesse les ouvriers, et nuisent à leur santé et à leur travail: il convient de les recueillir pour les diriger à volonté.

Lorsqu'on a trouvé une source, on cherche un peu au-dessous une place solide, et on y établit une large courbe ayant à son bord antérieur une rigole de 3 pouces de largeur et de 2 pouces de profondeur (*fig. 4*). La courbe est goudronnée dans toutes les jointures et placée à l'aplomb des parois du puits; elle est serrée contre

la roche par un picotage ou simplement par un conroi de terre glaise; on la recouvre d'une autre courbe peu épaisse, dont les surfaces brutes ne s'appliquent pas exactement sur elle, et dont le diamètre est assez grand pour laisser la rigole à découvert; puis le muraillement se construit à l'aplomb ordinaire. L'eau qui arrive derrière la bâtisse est arrêtée par le conroi et forcée de se rendre dans la rigole par l'intervalle laissé entre les deux courbes; celle qui a traversé le muraillement, et qui coule sur les parois intérieures, s'y rendra également si on a le soin d'écorner les briques saillantes et d'en enlever les aspérités, qui pourraient écarter l'eau, à la manière d'un Jarmier.

Un petit tuyau en bois reçoit l'eau de la rigole et la conduit au fond du puits. Ce tuyau est formé de la réunion de deux planches étroites et un peu épaisses, dans lesquelles on a fait au rabot une rainure demi-cylindrique. Le mètre de tuyau coûte à peine 0,50 centimes.

Le mineur, obligé de travailler à l'endroit où aboutit le tuyau, serait incommodé par la chute de l'eau s'il n'avait pas un moyen de la détourner à volonté.

Une corde assez grosse et peu tordue est attachée à la partie inférieure du tuyau par une de ses extrémités, l'autre est lâchée au fond du puits, et peut être dirigée vers un point où l'eau en tombant ne peut gêner: par l'attraction capillaire, l'eau suit la route détournée qu'on lui a offerte; ce procédé très-simple suffit pour diriger un volume d'eau assez considérable. Pour n'être pas dans la nécessité d'allonger le tuyau à chaque instant, on donne à la corde assez de

longueur pour qu'elle puisse le remplacer pendant quelque temps; on la déroule au fur et à mesure qu'on va plus profondément.

Je citerai encore une disposition relative à la conduite des eaux.

C'est principalement dans les couches les plus voisines de la surface et sous la terre végétale que les eaux pénètrent le mieux. On ne peut pas toujours les détourner par des travaux au jour: alors on les reçoit, au moyen d'une courbe à rigole, dans une citerne placée sur le côté du puits, et on les élève de là, au moyen d'une pompe mue par le manège ou la machine employée à l'extraction. On a l'avantage de ne pas être embarrassé par ces eaux au fond du puits, et de les élever d'une moindre profondeur, par conséquent avec moins de force motrice.

Il est impossible que, dans un puits d'une grande profondeur, on travaille, dans toutes les saisons de l'année, sans moyens d'airage, qui sont le plus souvent dispendieux.

En Angleterre, on est dans l'habitude de creuser deux puits à-la-fois et à une petite distance l'un de l'autre, et de les mettre en communication par des galeries aussi souvent que le défaut d'air l'exige. Ce moyen est certainement le meilleur, mais il est coûteux: un puits est toujours une dépense assez grande pour qu'on les multiplie le moins que l'on peut et pour qu'on les espace le plus possible pour l'exploitation du minerai, sans rendre le roulage intérieur trop dispendieux.

Souvent, pour arriver au même but, on place dans une portion de la fosse des tuyaux en bois;

mais ce moyen est insuffisant et la circulation des tonneaux est toujours gênée.

Les puits rectangulaires à compartimens sont bien préférables : c'est en quelque sorte deux puits creusés à-la-fois et sans cesse en communication.

Ce mode d'airage a été adopté à Fins avec les modifications qu'exigeait la forme circulaire des puits.

Sur les diverses courbes engagées dans la maçonnerie, on a cloué de chaque côté, sur toute la hauteur du puits, deux linteaux ou pièces de bois triangulaires, espacées de deux pouces et formant coulisses ; des planches de deux pouces d'épaisseur, dressées sur la tranche, sont placées dans ces coulisses et forment par leur réunion une séparation impénétrable à l'air.

On prolonge cette séparation d'un mètre au-dessus de l'orifice du puits, dans le but de forcer le vent à descendre dans un des compartimens et à déterminer un courant d'air frais dans l'intérieur ; ce prolongement abrite encore l'autre côté et empêche que le vent ne refoule la colonne d'air ascendante.

Ce simple mode d'airage a permis de descendre à plus de 200 mètres et de faire des galeries sinueuses et brisées à angle droit jusqu'à des distances de 100 mètres, sans jamais manquer d'air : c'est plus que suffisant pour mettre en communication des puits distans de 150 mètres et plus.

Au-dessus d'une courbe à rigole placée dans la maçonnerie, les planches de la séparation sont entaillées d'un demi-pouce environ, suivant une

ligne inclinée de 35 à 45 degrés, pour recevoir les eaux qui coulent sur leurs surfaces, et les faire rendre avec cette pente dans la rigole circulaire.

Détail du prix d'un mètre de séparation.

| | fr. | c. |
|---|------|----|
| 3 planches de 0 ^m ,054 d'épais., cubant 0 ^m ³ ,040, à 58f,35c. le mètre cube | 2 | 40 |
| Dressage. (Un charpentier en dresse douze dans une journée) | | 50 |
| 4 linteaux d'un mètre, à 0,30. | 1 | 20 |
| Dressage des 4 linteaux | » | 30 |
| Pose. { 3 charpentiers. 6 } 14 pour 10 mètres | | |
| { service au jour. 8 } courans . . . . . |  |  | 1 | 40 |
| | 5 80 | |

La dépense de la séparation dans un puits rectangulaire ne coûte que 3 francs 60 centimes. Le travail se réduit dans ce cas à clouer des planches sur les étrépillons.

Cette division des puits a un autre avantage bien précieux ; elle empêche le choc des tonneaux, et par suite leur rupture, qui est si fréquente lorsqu'on se sert de machines douées d'une grande vitesse.

On a ajouté des guides ou *conducteurs*, qui comprennent le tonneau depuis le bas jusqu'au haut de sa course, sans qu'il puisse osciller d'une manière préjudiciable à la maçonnerie. La figure d'ensemble représente cette disposition ; un cadre mobile, armé de roulettes, est placé un peu au-dessus du tonneau ; si on emploie des caisses quadrangulaires au lieu de tonneaux ronds, on place deux chaînes au lieu d'une : par ce moyen, la caisse ne peut pas tourner, et ses angles ne vont pas accrocher la maçonnerie.

Les conducteurs, qu'on n'établit qu'après le creusement du puits, sont en bois; on les fait en fer en Angleterre, mais nous ne sommes pas encore arrivés au point de multiplier ainsi l'emploi de ce métal; ils sont cloués sur les courbes et le planchéage, auquel ils donnent une grande solidité. Je dois dire que l'on a eu le soin de placer dans le muraillement des briques de bois de distance en distance lorsque les courbes étaient trop éloignées les unes des autres; on peut, par ce moyen, assujettir autant qu'on le veut les lin-teaux et les conducteurs.

La coupe d'ensemble que l'on voit à la droite de la planche ci-jointe fera concevoir ce travail; des chiffres indiquent la concordance des figures en plan et dans la section verticale, où on a tâché de réunir toutes les dispositions.

ANALYSE

De quelques produits métallurgiques;

PAR M. P. BERTHIER.

1. *Fonte et laitiers de Musen (grand-duché du Rhin, rive droite).*

ON fond dans les hauts-fourneaux des environs de Musen un fer spathique très-manganésien, que l'on extrait de la grande mine du Stalberg: il en résulte des fontes qui produisent à l'affinage d'excellent acier naturel. Ces fontes sont quelquefois truitées; mais le plus ordinairement elles sont d'un blanc éclatant, lamelleuses, à très-grandes lames, présentant dans les cavités beaucoup d'indices de cristallisations régulières, et tellement semblables à du zinc, qu'au premier aspect il serait difficile de les en distinguer. Les fontes blanches de Musen sont très-fragiles, et l'on peut même les réduire en poudre dans le mortier. On y a trouvé par l'analyse:

Manganèse. 0,046 à 0,052.

Carbone. . . 0,040

Silicium. . . 0,003

0,089,

point de cuivre.

Dans un fourneau des environs d'Allemont (département de l'Isère), on a obtenu, pendant quelques jours seulement, une fonte blanche à grandes lames comme celle de Musen; mais on n'a pu faire avec cette fonte que de mauvais acier et de mauvais fer. Elle contenait:

Manganèse. . 0,040

Silicium. . . 0,002

Cuivre. — Quantité très-notable, qu'un accident a empêché de doser.

Ce métal reste dans l'acier et dans le fer, et c'est certainement lui qui en altère la qualité.

On traite le fer spathique du Stalberg sans y ajouter aucun fondant. Les laitiers qui en résultent quand la fonte est blanche sont d'un vert olive plus ou moins jaunâtre, bulleux et en général pierreux; cependant ils ont l'aspect vitreux dans quelques parties. Ils contiennent :

| | | |
|--------------------------|-------|----------|
| Silice | 0,528 | } 6,984. |
| Protox. de manganèse | 0,262 | |
| Protoxide de fer | 0,014 | |
| Magnésie | 0,090 | |
| Chaux | 0,056 | |
| Alumine | 0,034 | |

La silice renferme un peu plus de deux fois autant d'oxygène que les bases.

On affine la fonte blanche de Musen par divers procédés : je l'ai vu traiter par la méthode dite d'*Osmund*, dans les environs de la petite ville d'Altena. Le déchet dans l'opération n'est que de 20 à 21 pour 100; les scories sont composées de :

| | | |
|--------------------------|-------|----------|
| Silice | 0,144 | } 1,006. |
| Protoxide de fer | 0,642 | |
| Prot. de mangan | 0,190 | |
| Chaux | 0,030 | |

Elles ont beaucoup d'analogie avec certaines scories qui se forment dans la fabrication de l'acier à Rives (département de l'Isère). Leur constitution est telle que les bases contiennent environ deux fois autant d'oxygène que la silice.

Ces analyses font voir que sous tous les rapports il y a beaucoup d'avantage à fondre des minerais de fer très-manganésiens : car, 1^o. ils portent en eux-mêmes leur fondant, et il n'est pas nécessaire d'y ajouter de la castine; addition qui diminue la richesse et augmente la consommation

du combustible; 2^o. ils donnent de la fonte plus propre que toute autre à la fabrication de l'acier, et qui peut produire aussi d'excellent fer.

Comme les fontes manganésées contiennent réellement moins de fer que les autres fontes faites au charbon de bois, on aurait pu croire qu'elles éprouveraient plus de déchet à l'affinage; mais il n'en est pas ainsi, parce que le protoxide de manganèse supplée le protoxide de fer dans les scories, et que par conséquent celles-ci sont d'autant moins riches que la fonte renferme plus de manganèse.

Si l'on ajoutait de la castine aux minerais spathiques très-manganésifères, la fonte contiendrait encore plus de manganèse qu'on n'en a trouvé dans la fonte de Musen : si la fusion s'opérait dans des fourneaux très-élevés, avec du coak, elle en contiendrait encore davantage : il serait curieux et intéressant de voir si dans ce dernier cas on pourrait obtenir de la fonte grise.

2. Matière alcaline recueillie dans un haut-fourneau de Mertyrtidwil (Angleterre).

Dans les fourneaux de Mertyrtidwil, il se dépose journellement au-dessus de l'ouverture de la coulée une matière scoriacée riche en alcali : les ouvriers la ramassent de temps à autre et s'en servent pour faire la lessive; M. Fowler a eu la complaisance de m'en remettre un échantillon pour l'analyse. Cette matière est composée de petits morceaux scoriformes, noirs et magnétiques, parmi lesquels on aperçoit des grains de laitier mamelonné : tous ces morceaux sont enduits d'une substance déliquescence très-alcaline.

Traitée par l'eau, cette matière donne :

Sels solubles. 0,385

Substances insolubles. 0,615.

Les sels solubles ont été trouvés composés de :

Carbonate de potasse. 0,63

Sulfate de potasse. 0,37

Silice. trace.

Point d'acidemuriatique ni d'acide phosphorique.

Les substances insolubles ont donné à l'analyse :

Silice. 0,343

Prot. de fer. 0,260

Alumine. 0,040

Chaux. 0,052

Potasse. 0,205

Laitier mélang. 0,100

} 1,000.

L'alcali vient sans aucun doute de la matière pierreuse, dont le fer carbonaté des houillères est toujours intimement mêlé, ainsi que des cendres du coak : il se combine d'abord dans les laitiers ; mais à mesure que ceux-ci passent devant la tuyère, il en est séparé par volatilisation et il s'échappe du fourneau en grande partie par l'ouverture de la coulée. On conçoit que cet alcali en vapeurs doit attaquer fortement les substances siliceuses qu'il touche : de là vient qu'il s'est trouvé en partie à l'état de silicate dans la matière qu'on a analysée : les autres substances proviennent des particules de laitier et de fonte qui sont projetées de toutes parts au moment de la coulée, ou quand on travaille dans le creuset.

3. Scories provenant du raffinage du cuivre.

1°. Scorie de Fromelonne (près Givet).

Dans la fabrique de laiton de Fromelonne, pour diviser en petits morceaux le cuivre que l'on doit chauffer avec la calamine, on le fait fondre dans un four à réverbère, et on le coule en plaques

minces, que l'on casse avant qu'elles soient froides. Quand le métal est en pleine fusion, on enlève les crasses qui le surnagent ; il n'y en a qu'une petite quantité : elles sont pâteuses, vitreuses et d'un rouge de cire à cacheter clair ; elles sont mêlées de grains de cuivre, de morceaux de charbon et de petits fragmens de briques. En les pilant et les tamisant, on en a séparé 0,05 à 0,06 de grenailles de cuivre : la poussière, fondue ensuite avec trois parties de flux noir, a donné un culot métallique grisâtre, ductile, pesant 0,562, et l'on a trouvé ce culot composé de :

Plomb. 0,558

Cuivre. 0,204

} 0,562.

2°. Scories de l'usine de Liège.

Il y a à Liège une usine dans laquelle on raffine le cuivre de Norwège et de Sibérie. Pour cela on lui fait subir deux opérations : d'abord on le fond dans un four à réverbère, chauffé avec du bois, et en tenant toujours le bain lui-même couvert de bois ; on le coule au bout d'un certain temps ; puis on le casse en petits morceaux ; on le mêle avec 12 à 15 pour 100 de fragmens de charbon de bois, et on le fait fondre, ainsi mélangé, dans des creusets, au fourneau à vent : après cela, on le coule en plaques et on le lamine ; il est alors d'une ductilité parfaite. Il se forme des scories au four à réverbère et dans les creusets. Les premières sont compactes et d'un brun foncé : on en a séparé 0,10 de grenailles métalliques par le tamisage, et la poussière, fondue avec trois parties de flux noir, a donné un culot malléable pesant 0,26, et que l'on a trouvé composé de

Cuivre. 0,105

Antimoine. 0,080

Plomb. 0,070

} 0,255.

Les scories qui se forment dans le creuset sont brunes et très-hoursofflées. Par le tamisage, on en a séparé 0,09 de cuivre rouge; on a grillé la poussière pour brûler le charbon mélangé, puis on l'a fondu avec trois fois son poids de flux noir et elle a donné un culot métallique pesant 0,21, et qui contenait

| | | |
|------------|-------|----------|
| Plomb..... | 0,154 | } 0,210. |
| Cuivre.... | 0,056 | |

3°. Scories de l'usine d'Imphy (département de la Nièvre).

On raffine à Imphy du cuivre de tous les pays en le fondant au four à réverbère. Les scories qui proviennent du cuivre de Russie sont hoursofflées, rougeâtres et un peu magnétiques: en les pilant et les tamisant, on en sépare 0,035 de cuivre en grenailles, et en fondant la poussière avec trois parties et demie de flux noir, on obtient un culot qui pèse 0,36, et qui contient:

| | | |
|-------------|--------|-----------|
| Cuivre.... | 0,3432 | } 0,3600. |
| Plomb.... | 0,0120 | |
| Antimoine.. | 0,0048 | |

Lorsqu'on veut affiner le cuivre du Pérou, on commence par le fondre à une température modérée dans un four à réverbère; il reste sur l'autel une masse métallique, cassante, à cassure grenue, d'un rouge de cuivre taché de points gris.

Cette matière est composée de:

| | |
|-------------|--------|
| Cuivre..... | 0,19 |
| Fer..... | 0,81 |
| Soufre..... | trace. |

1,00.

Les scories du raffinage sont très-bulleuses et d'un noir métalloïde. On les a trouvées composées

| | | |
|--------------------|-------|----------|
| de Silice..... | 0,350 | } 1,000. |
| Protoxide de fer.. | 0,522 | |
| Prot. de cuivre.. | 0,030 | |
| Prot. de mangan.. | 0,008 | |
| Alumine..... | 0,044 | |
| Charbon et perte.. | 0,046 | |

A Imphy, on traite toutes les scories de raffinage au four à réverbère en les mélangeant de charbon: on en retire du cuivre, et il se forme de nouvelles scories que l'on bocarde pour en séparer les grenailles. La poussière de lavage bien desséchée a été essayée à la température d'un essai de fer au creuset brasqué. On a fondu

| | |
|----------------------------------|---------|
| Scories..... | 18,00 |
| Marbre, 6g, contenant chaux..... | 38,38. |
| | 138,58. |

| | | |
|---------------------------------|--------|-------------------|
| On a obtenu, culot métallique.. | 18,98 | } total... 128,69 |
| scories..... | 108,71 | |
| | | oxygène . 08,69. |

Le culot était composé de 18,31 de fer et de 08,67 de cuivre: il s'ensuit que la poussière de lavage contenait encore 0,067 de cuivre.

Les crasses de décapage sont mêlées avec un peu de charbon de bois et fondues au four à réverbère sur une sole de sable. Il en résulte du cuivre rouge et des scories vitreuses, très-bulleuses et fortement magnétiques. On en a extrait 0,035 de grenailles par le tamisage, et la poussière a donné, avec 3 parties de flux noir, 0,0783 de cuivre, qui contenait:

| | | |
|---------------|--------|-----------|
| Cuivre..... | 0,0739 | } 0,0783. |
| Plomb..... | 0,0028 | |
| Antimoine.... | 0,0016 | |

4°. Scorie de Sibérie.

On conserve dans la collection de l'École des Mines une scorie rapportée de Sibérie, et qui provient du raffinage du cuivre: elle est com-

106 ANALYSES DE PRODUITS MÉTALLURGIQUES.

pacte, à cassure conchoïde, luisante, d'un rouge foncé et opaque. Elle contient :

| | | |
|--------------------------------|-------|----------|
| Silice | 0,254 | } 0,972. |
| Oxide de plomb | 0,482 | |
| Protoxide de cuivre | 0,160 | |
| Protoxide de fer | 0,038 | |
| Protox. de manganèse | 0,016 | |
| Alumine | 0,022 | |

L'opération du raffinage du cuivre a évidemment pour but et pour effet de séparer tous les métaux étrangers par la scorification ; mais l'expérience a appris que cette condition ne suffit pas pour que le cuivre soit parfaitement malléable : aussi, après qu'il a été raffiné, lui fait-on subir encore une autre opération, qu'on exécute différemment dans chaque usine, et dont on fait par-tout un secret. On sait cependant qu'elle consiste à chauffer le cuivre fondu avec du charbon et à le tenir ensuite au contact de l'air pendant un certain temps. Le charbon est évidemment employé pour revivifier le protoxide de cuivre dont le cuivre métallique reste imprégné, même après qu'il a été mis en pleine fusion (1) ; mais on ne sait pas encore bien pourquoi il est nécessaire de laisser ensuite le bain métallique en contact avec l'air pendant un certain temps : cependant tout nous porte à croire que c'est pour détruire une certaine quantité de carbone qui se combine avec le cuivre et qui lui donne de l'aigreur.

(1) Le cuivre se comporte avec son oxide comme le plomb avec la litharge. J'ai fait voir (*Ann. des Mines*, t. 5, p. 340) que le plomb à demi-coupellé s'imbibe de litharge et devient terne et cassant, mais qu'il reprend son éclat et sa ductilité lorsqu'on le fond avec le contact du charbon.

DESCRIPTION

D'un procédé inventé par M. Chapman, de Whitby, pour brûler la fumée dans les fourneaux des machines à vapeur et autres.

(Extrait des *Transactions* de la Société d'Encouragement de Londres pour l'année 1824.)

ON sait que pour alimenter la combustion dans les fourneaux des machines à vapeur, des brasseries, etc., il faut laisser arriver sur le combustible de l'air atmosphérique, qui, en se combinant avec la fumée, remplace l'oxigène consumé. On sait également que si cet air ne passe pas directement sur le combustible incandescent, il tend à refroidir le fond de la chaudière et retarde ainsi la production de la vapeur. Pour remédier à cet inconvénient, les fourneaux fumivores ordinaires sont disposés de manière que l'air passe en partie sous le cendrier et en partie derrière l'âtre du foyer ; mais comme il n'est pas suffisamment échauffé, les conditions voulues ne sont qu'imparfaitement remplies.

Les perfectionnemens imaginés par M. Chapman ont pour objet d'échauffer l'air avant qu'il arrive dans le foyer. Pour cet effet, la grille est composée de barres creuses sur toute leur longueur, formant une série de tuyaux parallèles qui ouvrent dans deux boîtes ou réservoirs, l'une placée en avant, l'autre au fond de la grille. La boîte antérieure, établie directement au-dessous de la porte du foyer, est munie d'un registre, qu'on ouvre ou qu'on ferme à volonté. L'autre

boîte, portée sur la maçonnerie, débouche derrière la cloison qui forme le fond du foyer : cette cloison laisse entre elle et la maçonnerie un intervalle d'un pouce environ, qui règne sur toute la largeur de l'âtre et qui est un peu incliné en avant vers sa partie supérieure, afin que l'air qui y pénètre puisse refouler la fumée, laquelle, ramenée ainsi sur le combustible incandescent, se brûle complètement.

On conçoit, d'après ce qui vient d'être dit, qu'en ouvrant en tout ou en partie le registre de la boîte antérieure, il s'établira un courant d'air très-fort à travers cet orifice, les barres creuses de la grille et derrière la cloison du foyer, et que cet air sera échauffé dans son trajet avant de se mêler avec la fumée.

Cet appareil, essayé par l'auteur, a eu tout le succès désirable ; mais pour le rendre entièrement fumivore, M. Chapman y a ajouté un autre perfectionnement également important.

On sait que chaque fois qu'on charge le fourneau par la porte ou qu'on introduit le ringard, il pénètre dans le foyer une certaine quantité d'air extérieur qui refroidit la fumée échauffée à tel point que, quelque parfaite que soit d'ailleurs la construction, cette fumée ne peut s'allumer que long-temps après que la porte a été refermée.

Pour obvier à ce défaut, l'auteur a adapté au-dessus du foyer une trémie en fer, au fond de laquelle est disposée une trappe mobile sur deux pivots, munie d'un levier à contre-poids, qui la tient appliquée contre la trémie ; le dessus de cette trémie est fermé par un volet, qu'on abaisse chaque fois qu'on fait passer le combustible dans

le foyer : pour cet effet, on soulève le levier, la trappe-bascule dans l'intérieur, et le charbon tombe sur la partie antérieure de la grille ; de cette manière l'air froid ne peut pénétrer dans le fourneau : aussi ne voit-on pas sortir par le haut de la cheminée ces bouffées de fumée, qui, dans les fourneaux ordinaires, annoncent qu'on renouvelle le combustible.

Le charbon qui tombe sur la partie antérieure de la grille se convertit bientôt en coke : alors, avant d'admettre une nouvelle charge, on le pousse au fond du foyer, à l'aide d'un ringard, dont la tige passe au travers de la porte du fourneau, et qu'on manœuvre de l'extérieur sans ouvrir la porte. La palette dont est armé ce ringard a une largeur égale à celle de la grille ; et pour s'assurer du moment où il faut s'en servir, on observe l'état du feu à travers un petit trou d'un pouce de diamètre percé dans la porte, et que recouvre une plaque ou obturateur mobile.

Les avantages qu'on vient d'énoncer ne sont pas les seuls qui résultent de l'emploi des nouveaux moyens imaginés par M. Chapman ; il annonce qu'une grille à barres creuses, à travers lesquelles passe un courant d'air, est plus solide qu'une grille à barres pleines, du moins celle qu'il a employée n'a éprouvé aucune altération depuis six mois.

La Société d'encouragement de Londres a discerné à l'auteur la grande médaille d'argent pour ces perfectionnements.

Explication des figures.

La *fig.* 1, Pl. III, présente une élévation vue par-devant du fourneau fumivore ; la *fig.* 2, une coupe

latérale; la *fig. 3*, une section de la grille sur sa largeur, dessinée sur une plus grande échelle.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans ces figures.

a, chaudière; *b*, foyer; *c*, trémie alimentaire du charbon, recouverte d'un volet *d*, et munie au fond d'une trappe à bascule armée d'un levier à contre-poids *e*, qu'on lève chaque fois qu'on fait passer une nouvelle quantité de combustible sur la grille; *f*, ringard à palette, à l'aide duquel le charbon est poussé au fond de la grille; *h*, mortaise pratiquée au bas de la porte du foyer, à travers laquelle passe la tige du ringard; *g*, trou percé dans la porte pour observer l'état du feu; il est recouvert par une petite plaque mobile; *ii*, boîte ou réservoir antérieur fermé à l'air extérieur, et communiquant avec l'intérieur de la grille; *k*, canal formé dans les barreaux: on voit plus distinctement leur forme dans la coupe, *fig. 3*; *l*, canal ménagé derrière la cloison de l'âtre, et à travers lequel passe l'air, qui refoule la fumée sur les charbons incandescens; *m*, registre pour l'admission de l'air dans la boîte *i*.

DES
COMBUSTIBLES MINÉRAUX, ETC.

D'APRÈS UN OUVRAGE ALLEMAND DE M. KARSTEN.

EXTRAIT

PAR A. M. HÉRON DE VILLEFOSSE,

Conseiller d'État, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines de France, Membre de l'Académie royale des Sciences, etc.

Lu à l'Académie, le 14 août 1826.

L'ACADÉMIE m'a chargé de lui rendre compte d'un ouvrage allemand de M. Karsten, Membre du Conseil général des Mines dans le Royaume de Prusse, et de l'Académie royale des sciences de Berlin, etc. Cet ouvrage a pour titre : *Untersuchungen über die Kohligen Substanzen des Mineralreichs überhaupt, und über die Zusammensetzung der in der Preussischen Monarchie vorkommenden Steinkohlen in'sbesondere* (Berlin, 1826, volume in-8°. de 244 pages), ce qui veut dire : *Recherches sur les substances charbonneuses du règne minéral, et particulièrement sur la composition des houilles que présentent les mines de la Monarchie Prussienne.*

A l'époque où nous vivons, lorsque chaque jour la pratique des arts sollicite et met à profit le secours des sciences, il est sans doute intéres

sant, il devient même nécessaire, d'étudier à fond la nature intime et les divers effets de la houille, communément nommée *Charbon de terre*. Le nom seul de ce combustible rappelle de grands travaux souterrains, un puissant moteur, l'activité de vastes ateliers, et la force d'une nation qui la première sut employer la houille, d'une nation qui sans la houille ne saurait plus exister.

A l'imitation de l'Angleterre, la France d'abord, et la Prusse un peu plus tard, commencèrent, il y a quarante ans environ, à faire usage de la houille pour la fusion du minerai de fer; mais le succès des procédés anglais ne fut pas le même alors chez les deux peuples qui les imitaient. En Prusse, plusieurs grands établissemens furent fondés, dans la Silésie; depuis ce temps, ils y prospèrent. En France, une seule usine fut établie, dans la Bourgogne; le luxe des constructions, joint à d'autres fautes encore, s'opposa au succès de l'entreprise.

C'est depuis quelques années seulement, que la France, enfin paisible, a vu se répandre dans ses nombreux ateliers d'industrie la pratique de ces procédés anglais, que dès long-temps les savans français y appelaient par leurs vœux et par leurs conseils; mais déjà l'emploi de la houille est devenu, pour ainsi dire, populaire en France, heureux présage d'un nouveau genre de succès pour notre belle patrie! Ce n'est donc pas le minéralogiste seul ou le chimiste, qu'une étude approfondie de la houille peut et doit intéresser aujourd'hui: c'est pour toutes les branches d'industrie, qu'il importe à la France de bien connaître les combustibles minéraux que son territoire possède en abondance.

Ces considérations suffisaient pour m'entraîner à développer l'extrait d'un ouvrage allemand dont l'auteur est un savant expérimenté. Comme d'ailleurs on m'a témoigné le désir de répandre, en France, par les *Annales des Mines*, une connaissance exacte des recherches de M. Karsten, j'ai fait une traduction abrégée de son ouvrage, dans l'espoir de remplir ainsi deux devoirs en une fois. Cette occasion de faciliter nos communications avec l'Allemagne, où prospère l'exploitation des mines, m'a paru d'autant plus favorable, que les combustibles minéraux, tant bruts que carbonisés, ou convertis en coke, dont parle M. Karsten, au sujet de la Monarchie Prussienne, se trouvent en nature dans ma collection particulière, ainsi que dans la collection de l'École royale des Mines de France, où j'eus soin de les envoyer pendant mon séjour en Prusse. Tels sont les motifs qui pourront excuser la longueur de cet extrait.

Si l'on voulait donner en peu de mots une idée du travail de M. Karsten, on pourrait s'exprimer ainsi qu'il suit: l'auteur, après avoir exposé des considérations générales sur les combustibles, soit végétaux, soit minéraux, les a soumis à des expériences comparatives, tant par la carbonisation, que par l'analyse chimique. Ayant ainsi déterminé la composition de ces substances, l'auteur en déduit l'explication des différens aspects que présentent les divers résidus en charbon; il en conclut les différentes propriétés de ces combustibles pour la pratique des arts. Il indique les moyens de deviner, pour ainsi dire, au seul aspect d'une houille, quelle en est la composition, et par conséquent de prévoir quels peu-

vent en être les usages, sauf à recourir à la carbonisation, mais seulement dans certains cas. Ensuite, aux résultats de ses expériences fondamentales, M. Karsten compare ceux qu'il a obtenus en soumettant à la carbonisation la houille qui provient de chacune des nombreuses mines de la Prusse. Par ce moyen, l'auteur établit pour chacune des mines de sa patrie, que la houille qu'elle fournit est analogue, par sa composition et par ses propriétés, à quelqu'un des combustibles pris pour exemples dans ses premières expériences. Ainsi, par un petit nombre d'analyses chimiques faites avec grand soin, l'auteur offre à toutes les contrées où l'on exploite des combustibles minéraux, la facilité de les juger tous pour ainsi dire sommairement, d'en prévoir les divers effets, soit d'un coup-d'œil, soit par une simple carbonisation, d'en éclairer le choix et d'en régler l'usage dans les arts. Passons maintenant aux détails que ce premier aperçu nous semble exiger. Nous les diviserons en trois parties, qui seront intitulées :

1°. Recherches préliminaires et considérations générales sur les combustibles ;

2°. Examen chimique des combustibles minéraux.

3°. Application des principes exposés, aux mines de houille de la Prusse, et coup-d'œil sur celles de la France.

1°. *Recherches préliminaires et considérations générales sur les combustibles.*

Quelques savans ont prétendu que la houille constituait une formation de roche proprement dite. On a même révoqué en doute l'origine vé-

gétale de ce combustible. Une connaissance plus exacte de la nature des combinaisons organiques, avantage qui est dû aux progrès de la chimie, ne permet plus de considérer la houille comme une combinaison du carbone avec un bitume.

La transition ou le passage du bois végétal à ce minéral, que l'on nomme *bois bitumineux*, ou mieux *bois fossile*, est tellement manifeste, qu'il semble souvent que l'on pourrait déterminer avec assurance l'espèce de bois qui donna lieu à l'existence du minéral ; mais plus l'altération des fibres végétales est avancée, moins les passages sont frappans, et plus il devient difficile de les saisir. Le bois fossile d'Islande, connu sous le nom de *Surturbrand*, ne ressemble presque plus à un bois, du moins dans les morceaux de cabinet. Cette substance paraît être un lignite fibreux, et souvent le lignite ne se fait distinguer de la véritable houille, que parce qu'il est environné de lignite moins complètement altéré. Par la dénomination de houille piciforme, ou jayet (*Pechkohle*), on désigne tantôt une véritable houille, tantôt un lignite ; et la houille scapiforme (*Stangenkohle*) du mont Meissner, en Hesse, s'est introduite dans tous les systèmes de minéralogie comme une houille, quoique ce ne soit autre chose qu'un lignite altéré par l'action du basalte. Nulle part encore, on n'a trouvé le lignite dans un dépôt naturel de houille, non plus que la houille véritable dans un gîte de lignite.

Les passages de la houille à l'anthracite ne sont pas moins insensibles que ceux du lignite à la houille. La véritable anthracite, ainsi que le graphite, est d'une formation qui se présente rarement, et il n'est pas présumable que l'on puisse

jamais réussir à constater la présence de l'une ou de l'autre de ces substances dans une couche de houille. Cependant ce ne saurait être une raison de rejeter comme invraisemblable l'idée, que l'antracite et le graphite peuvent provenir de l'altération des fibres végétales, si d'ailleurs la nature intime de ces corps ne repousse pas cette idée, sur laquelle nous reviendrons plus tard.

Dans les fibres végétales non altérées, la teneur en carbone est moindre, tandis que la proportion d'oxygène et d'hydrogène est plus grande, que dans les fibres végétales altérées. C'est par une conséquence nécessaire de ce fait, que les premières, mises en contact avec d'autres corps dans une fournaise ardente, se comportent à leur égard si différemment des dernières. La différence est d'autant plus apparente, que l'altération des fibres a fait plus de progrès; en d'autres termes, cette différence est d'autant plus grande, que le rapport de la quantité de carbone à la quantité des autres parties constituantes est devenu plus grand. Dans l'antracite et le graphite, ce rapport paraît avoir atteint son *maximum*. Aussi regarde-t-on ces deux substances, ou tout au moins le graphite, comme un carbone entièrement privé d'oxygène et d'hydrogène.

D'après les idées qui sont admises jusqu'à ce jour, le graphite serait un charbon, et l'on explique sa manière de se comporter différemment du charbon, en le considérant comme une combinaison chimique de 95 parties de charbon avec 5 parties de fer, d'où résultent 100 parties de graphite ou percarbure de fer. Quant à la différence entre l'antracite et le charbon pur, on s'est moins prononcé. Il paraît, à vrai dire, que

ce serait pour la chimie un problème insoluble, que de vouloir expliquer la différence qui existe entre le diamant, le graphite, l'antracite et le charbon pur.

La tourbe, le lignite et la houille, soumis à la distillation par la voie sèche, donnent presque toujours des traces plus ou moins fortes d'ammoniaque. On n'en obtient point de la distillation des fibres végétales non altérées. Ainsi, l'azote paraît se présenter comme une nouvelle partie constituante des fibres végétales altérées. Cependant la proportion d'azote est si faible, dans toutes les variétés de lignite et de houille qui ont été l'objet des essais de M. Karsten, que cette substance ne paraît pas en être une partie essentiellement constituante.

Plusieurs lignites et houilles fournissent, à la distillation, une liqueur acide; mais la plupart des houilles n'en fournissent point. La tourbe, dans la distillation par la voie sèche, fournit une telle abondance d'eau acide, qu'il est difficile de reconnaître clairement dans cette substance la base ammoniacale qui s'y trouve, et cela, même en saturant l'acide par la potasse.

L'auteur de l'ouvrage qui nous occupe a recherché et décrit avec soin les effets très-divers qui sont produits, soit sur le bois, et en général, sur les fibres végétales non altérées, soit sur les fibres végétales altérées, sur la tourbe, le lignite et la houille, par les différens réactifs chimiques, tels que l'eau, l'alcool, l'éther sulfurique, l'ammoniaque caustique, l'hydro-sulfure d'ammoniaque, l'acide nitrique, l'acide muriatique, l'acide sulfurique concentré. C'est dans son ouvrage même que l'on trouvera les détails de ces manipulations.

Bornons-nous à remarquer les principaux résultats. Ceux que l'on obtient en faisant agir les acides sur les fibres végétales, soit altérées, soit non altérées, sont parfaitement d'accord avec la manière de se comporter des acides et la manière d'être du corps sur lequel ils agissent. L'acide nitrique, facile à décomposer, et par cela même plus capable d'oxider, opère plus promptement, et dans un plus haut degré, l'oxidation des fibres végétales; cet acide les change en une substance analogue au tannin, ou même en un acide, au lieu que l'acide sulfurique ne peut opérer qu'une métamorphose des fibres en gomme, et finalement en sucre. La fibre non encore altérée subit ses métamorphoses plus vite et plus complètement, parce que le rapport plus grand de la quantité d'oxigène et d'hydrogène à la quantité de carbone facilite l'action des acides.

A mesure que la quantité de carbone augmente, l'effet chimique des acides devient de plus en plus faible; enfin, le charbon tout-à-fait pur ne paraît plus susceptible d'être altéré par les acides, que dans un seul cas: c'est lorsque cette substance se trouve, comme cela a lieu pour le charbon de bois, dans un état léger ou lâche d'agréation mécanique.

L'anthracite, le graphite et le diamant résistent à l'action des acides; c'est peut-être uniquement à cause de leur grande densité. Le diamant, qui est le plus dense des charbons connus, ne se laisse brûler qu'à un très-haut degré de température et par le moyen de l'oxigène pur. L'anthracite et le graphite sont incomparablement plus faciles à détruire; et le charbon que l'on obtient en distillant, par la voie sèche, la houille,

le lignite et les fibres végétales non altérées, est d'autant plus facile à s'allumer, qu'il a eu plus d'occasions de prendre une agrégation lâche pendant la carbonisation, ou bien que le corps employé pour produire ce charbon était plus pauvre en carbone. Une houille que l'on carbonise dans des fourneaux, ou bien à vases clos, donne un charbon beaucoup plus compacte et plus difficile à s'allumer, que celui qui provient de la même houille carbonisée en tas exposés à l'air libre.

L'élévation de la température opère une décomposition du combustible, une formation de nouvelles combinaisons; ce procédé a reçu le nom de Carbonisation, parce que, dans cette opération, le résidu fixe au feu consiste en charbon pur. Si l'hydrogène, l'oxigène et le carbone, étant soumis à différens degrés de température, obéissent aussi à différentes lois de combinaison, la quantité de charbon pur qui reste après la carbonisation doit dépendre non-seulement de la manière d'être du corps qu'il s'agit de carboniser, mais encore des différens degrés de température qui ont été employés pendant cette opération. C'est effectivement ce qui a lieu: plusieurs résines et graisses, qui contiennent beaucoup plus de carbone que les fibres végétales, ne laissent aucune trace de charbon dans leur décomposition spontanée sous une haute température; et dans une même fibre végétale, la quantité du résidu en charbon dépend entièrement du degré de la chaleur produite pendant la carbonisation.

Ce n'est pas seulement la quantité du résidu en charbon, qui doit varier d'après les différens degrés de la température employée. Cette même cause doit rendre plus variables encore la quan-

tité et la manière d'être des autres combinaisons qui se forment pendant la distillation par la voie sèche, c'est-à-dire pendant la carbonisation. Il en est ainsi, précisément parce que la quantité du résidu en charbon n'est qu'une conséquence de la nature et de la manière d'être des combinaisons gazeuses et des fluides ou vapeurs qui se forment pendant l'opération. Cette différence du jeu des combinaisons organiques sous les différents degrés d'une haute température offre, même dans la pratique, une certaine importance. D'une même houille on peut obtenir pour l'éclairage, soit une plus grande quantité de gaz de mauvaise qualité, soit moins de gaz incomparablement meilleur, selon que l'on opère la carbonisation à l'aide d'une chaleur plus faible ou plus forte.

Si le principal but de l'opération était d'obtenir le charbon, il faudrait employer d'abord une chaleur aussi faible qu'il se pourrait, et ne la faire monter que vers la fin, pour ne perdre de charbon que le moins possible dans les combinaisons gazeuses et dans les fluides qui se forment. Cela fait voir aussi que les produits de la distillation par la voie sèche, pour un même corps organique, doivent présenter des différences, aussi bien de quantité que d'espèce, selon que les températures employées ont été différentes. C'est une circonstance que l'on devrait, dans un grand nombre de cas, prendre plus en considération qu'on ne l'a fait jusqu'à présent.

On sait que les produits de la distillation des fibres végétales non altérées et parfaitement séchées à l'air sont un acide empyreumatique, de l'eau, de l'huile, très-peu de substance alcoolique et un mélange de gaz, mélange composé de gaz

acide carbonique, de gaz d'oxide de carbone, de gaz hydrogène carboné et de gaz huileux. Le rapport de toutes ces combinaisons entre elles, et la quantité du résidu en charbon, dépendent de la température.

Si l'on expose pendant long-temps des copeaux de bois à une température qui ne s'élève pas au-dessus de 120 degrés de Réaumur, il vient un moment où l'on n'y observe plus aucun changement de poids. Dans cette opération, le bois séché à la température de l'air, mais non pas à la température de l'eau bouillante, perd de son poids 66 à 69 pour 100 : [séché à cette dernière température, le bois perdrait tout au plus de 56 à 59] (1). Ainsi, le résidu qui ressemble parfaitement au charbon de bois ordinaire, si ce n'est que le premier offre un aspect un peu plus mat, pèse de 41 à 44 pour 100 de la quantité réelle de bois qui a été employée, abstraction faite de l'humidité. Cette substance charbonneuse est ce que M. de Rumford a nommé la charpente ou le squelette des plantes; ce savant l'a regardée comme étant un charbon pur, qui, suivant lui, existerait en quantité égale dans toutes les plantes. Mais M. Karsten, s'appuyant sur ses propres recherches, en conclut que le prétendu squelette des plantes n'est qu'une fibre végétale imparfaitement décomposée, et que ce n'est point du tout un charbon pur.

(1) Pour admettre la conséquence que va tirer M. Karsten, nous sommes obligés de suppléer une idée intermédiaire qu'indique cette parenthèse, idée que l'auteur n'explique pas ici, mais qui s'accorde avec ce qu'il dit ailleurs, pag. 23 et 36 de son ouvrage.

A la vérité, dit M. Karsten, les fibres végétales, après la désunion de leurs élémens, conservent la forme extérieure des fibres non décomposées, et elles n'éprouvent dans leur forme aucun autre changement qu'une diminution de volume; mais c'est une conséquence du fait qui vient d'être rapporté; c'est parce que la désunion des élémens de ces fibres végétales, sous une température d'environ 120 degrés de Réaumur, ne peut pas être portée au-delà d'une perte de poids qui varie entre 66 et 69 pour 100. Il en résulte que, si l'on élève la température au-delà de ce point, alors commence une nouvelle perte de poids, qui à son tour demeure constante pour le nouveau degré, jusqu'à ce qu'enfin, sous la température de l'incandescence, la désunion des élémens de ces fibres se soit complètement opérée, et que dès-lors il n'y ait plus lieu à diminution de poids.

Au reste, les produits de cette décomposition lente sont très-différens de ceux que l'on obtient par une décomposition opérée à l'aide d'une chaleur rapidement augmentée. Le bois de charme commun, qui, dans une carbonisation rapide, donne les produits ordinaires des bois distillés, et fournit en charbon 13,3 pour 100, développe, sous une élévation lente de la température, beaucoup plus d'eau, de gaz hydrogène carboné et de gaz acide carbonique; il fournit alors 26,1 pour 100, de charbon, c'est-à-dire à-peu-près deux fois autant que dans le cas d'une carbonisation rapide. La décomposition des fibres végétales non altérées commence donc à une température assez basse; c'est parce que, dans les fibres du bois, la teneur en oxygène et en hydrogène, comme on

le sait par les analyses de MM. Gay-Lussac et Thénard, se trouve être assez exactement dans le rapport qui est nécessaire pour la formation de l'eau.

Le charbon obtenu de la fibre végétale au moyen de la distillation par la voie sèche conserve toute la teneur en alcalis et en terres, qui se trouvait dans le bois. Cette même teneur, on peut l'extraire par les acides, pourvu que les terres n'y soient point insolubles par elles-mêmes. Les terres et les alcalis existent-ils à l'état métallique dans le charbon? Cela n'est pas vraisemblable, dit l'auteur; mais quand cela serait vrai en partie, M. Karsten penserait plus volontiers que ces substances seraient parvenues à leur état métallique pendant la préparation même du charbon, qu'il ne serait porté à les regarder comme ayant déjà préexisté en état de métal dans la fibre des végétaux. La silice, l'argile, la chaux et l'oxide de fer sont ordinairement, outre la potasse, les parties constituantes de la cendre que laisse le charbon de bois en brûlant.

La quantité de charbon que l'on peut obtenir de la fibre végétale au moyen de la distillation par la voie sèche, c'est-à-dire de la carbonisation, paraît n'être pas très-variable dans nos espèces de bois. Pour le prouver, l'auteur présente, dans un tableau synoptique, les résultats des expériences auxquelles il a soumis vingt et une sortes de fibres végétales non altérées, telles que chêne, hêtre, charme, bouleau, pin, tilleul, paille, fougère, roseau, et une pièce de bois de bouleau, qui ayant servi d'étauçon dans une mine pendant cent ans, s'y était cependant bien conservée. Dans tous ces essais, la matière était employée à l'état de copeaux, qui pendant plu-

siieurs jours avaient été parfaitement séchés en plein air, à une température de 12 à 15 degrés de Réaumur. La même espèce de matière fut, d'une part, soumise à une carbonisation très-rapide, pour laquelle, dès le commencement de la distillation, on employa la chaleur de l'incandescence, et d'autre part, à une température que l'on fit monter très-lentement jusqu'à ce même point. La teneur en cendre fut déterminée avec soin, au moyen de l'incinération du charbon sous la moufle d'un fourneau d'essai; le poids de la cendre est défalqué de celui du charbon dans le tableau qui va suivre.

| BOIS SOUIS A LA CARBONISATION. | Quantités obtenues de 100 parties de bois | | | |
|--|---|---------|-----------------------------|---------|
| | Par la carbonisation rapide. | | Par la carbonisation lente. | |
| | Charbon. | Cendre. | Charbon. | Cendre. |
| Jeune chêne..... | 16,39 | 0,15 | 25,45 | 0,15 |
| Vieux, <i>id.</i> | 15,80 | 0,11 | 25,60 | 0,11 |
| Jeune hêtre (<i>fagus sylvatica</i>)..... | 14,50 | 0,375 | 25,50 | 0,375 |
| Vieux, <i>id.</i> | 13,75 | 0,4 | 25,75 | 0,4 |
| Jeune charme commun (<i>carpinus betulus</i>).... | 12,80 | 0,32 | 24,90 | 0,32 |
| Vieux, <i>id.</i> | 13,30 | 0,35 | 26,10 | 0,35 |
| Jeune aune..... | 14,10 | 0,35 | 25,30 | 0,35 |
| Vieux, <i>id.</i> | 14,90 | 0,40 | 25,25 | 0,40 |
| Jeune bouleau..... | 12,80 | 0,25 | 24,80 | 0,25 |
| Vieux, <i>id.</i> | 11,90 | 0,30 | 24,40 | 0,30 |
| Jeune sapin (<i>pinus picca</i>)..... | 14,10 | 0,15 | 25,10 | 0,15 |
| Vieux, <i>id.</i> | 13,90 | 0,15 | 24,85 | 0,15 |
| Jeune pin (<i>pinus abies</i>)..... | 16,00 | 0,225 | 27,50 | 0,225 |
| Vieux, <i>id.</i> | 15,10 | 0,25 | 24,50 | 0,25 |
| Jeune pin de Genève (<i>pinus sylvestris</i>)..... | 15,40 | 0,12 | 25,95 | 0,12 |
| Vieux, <i>id.</i> | 13,60 | 0,15 | 25,80 | 0,15 |
| Tilleul..... | 12,90 | 0,40 | 24,20 | 0,40 |
| Paille de seigle..... | 13,10 | 0,30 | 24,30 | 0,30 |
| Fougère..... | 14,25 | 2,75 | 25,20 | 2,75 |
| Tige de roseau..... | 12,95 | 1,70 | 24,75 | 1,70 |
| Bois de bouleau qui, pendant plus de 100 ans, avait servi d'étauçon dans une mine, et s'était bien conservé..... | 12,15 | | 25,10 | |

Il suffit de jeter un coup-d'œil sur ce tableau pour y remarquer un résultat général que voici : Quelque différence que présentent aux yeux les fibres végétales des graminées, des fougères et des diverses espèces de bois, ces matières donnent toutes des quantités presque égales de charbon dans la distillation par la voie sèche. Les différences que l'on observe, çà et là, peuvent provenir de ce qu'il est impossible de maintenir continuellement au même degré la température du bain de sable. C'était dans la carbonisation rapide, que les résultats devaient le plus différer entre eux, parce que dans ce cas il est encore plus difficile de mesurer exactement la température. La quantité de charbon obtenue par le moyen de la carbonisation rapide varie, pour 100 parties de la matière employée, entre 11,90 (produit du vieux bois de bouleau), et 16,39 (produit du jeune bois de chêne); mais dans la carbonisation lente, la quantité de charbon obtenue est à-peu-près le double, ou tout au moins moitié en sus; elle varie entre 24,20 (produit du bois de tilleul), et 27,50 (produit du jeune bois de pin). Dans l'un et l'autre procédé de carbonisation, la quantité de cendre reste la même; elle varie, en général, entre 2,75, produit de la fougère, et 0,11, produit du vieux bois de chêne; mais dans la plupart des cas elle est au-dessous de 0,4.

Ainsi que la fibre végétale non altérée, le bois fossile, dans sa carbonisation, conserve entièrement sa forme extérieure, et diminue seulement de volume. Cette conservation de la forme extérieure après la carbonisation, c'est-à-dire après une décomposition complète, est un phénomène sans exemple dans la nature inorganique, phéno-

mène exclusivement propre à la fibre végétale non altérée, au bois fossile, au lignite et à quelques sortes de houille; d'autres sortes de ce dernier combustible, dans le procédé de la décomposition par une chaleur ardente, perdent plus ou moins leur forme, et par cette différente manière de se comporter, elles permettent déjà de prévoir, avec assez de certitude, quelle doit être leur composition.

On peut assurer sans témérité, que le bois fossile et le lignite sont encore aujourd'hui, pour ainsi dire, en train de se développer : c'est ce que prouvent communément, dans les mines de lignite, les morceaux de combustible qui offrent un passage évident du bois fossile au lignite. A l'égard de la houille, on n'est pas aussi fondé à supposer que la formation de ce combustible soit encore en train de s'accomplir, ou qu'un changement de rapport dans ses élémens dure encore et se continue; mais cela n'est pas invraisemblable.

D'après les fréquentes variations que présente le bois fossile dans ses passages au lignite, on peut déjà s'attendre à ne pas obtenir, pour résidu de sa carbonisation, une quantité de charbon qui demeure à-peu-près constante, comme cela se voyait tout à l'heure au sujet de la fibre végétale non altérée. Selon que le bois fossile se rapproche plus ou moins du lignite, il fournit plus ou moins de charbon; mais dans la carbonisation du bois fossile, aussi bien que dans celle du lignite, la quantité et l'espèce des produits formés dépendent du degré de la température, quoique, dans les sortes qui se rapprochent du lignite, les limites soient déjà beaucoup plus

resserrées. En général, le bois fossile, soumis à la distillation par la voie sèche, donne les mêmes quantités de gaz que la fibre de bois non altérée; mais il fournit moins d'eau et encore moins de cette huile d'une odeur particulière et désagréable, par laquelle tous les lignites se font reconnaître à l'instant. L'acide empyreumatique ne se forme alors qu'en très-petite quantité; mais en revanche, la formation d'alcool est beaucoup plus considérable que dans le cas d'une fibre végétale non altérée. Ceux des lignites qui, d'après leurs caractères extérieurs, offrent visiblement un passage à la houille, donnent, à la distillation par la voie sèche, de l'eau avec très-peu d'huile fétide, et fournissent souvent jusqu'à 70 pour 100 de charbon pur.

Ainsi donc, ces lignites (*Braunkohle commun* de Werner), combustibles desquels ne diffère pas, à la distillation, le *Moorkohle* (houille limoneuse) du même savant, ces lignites, dit M. Karsten, surpassent un grand nombre de houilles, quant à la quantité de charbon qu'on peut en obtenir. Joignez à cela que la pesanteur spécifique de ces lignites, l'eau étant prise pour unité, s'élève jusqu'à 1,2881, et par conséquent au-dessus de celle de plusieurs houilles, ce qu'on ne saurait attribuer à la quantité de terres et d'oxide de fer, puisque souvent ces lignites n'en contiennent pas un pour cent.

La teneur en cendre du bois fossile et du lignite est très-variable. Dans les espèces essayées par M. Karsten, elle varie depuis $\frac{3}{4}$ jusqu'à plus de 50 pour 100. C'est un grave inconvénient pour l'emploi de ces combustibles; car la cendre,

en s'appliquant sur la substance qui brûle, s'oppose tellement à la combustion, qu'on est obligé d'employer un courant d'air plus fort que ne l'exigerait, sans cette circonstance, la nature propre du combustible. De là, grande difficulté de mettre à profit ce dernier pour l'objet qu'on se propose. La cendre du bois fossile et du lignite ne contient aucune trace d'alcali fixe. La silice, l'argile, l'oxide de fer, le sulfate de chaux, un peu de chaux et de magnésie, telles sont les substances qui se trouvent dans les résidus de la combustion du bois fossile et du lignite; elles s'y présentent en des proportions très-différentes et très-variables, qui dépendent des circonstances locales, sous l'influence desquelles s'opéra le dépôt des matières dans les gites naturels de ces combustibles.

Dans les houilles, la quantité de charbon que l'on peut obtenir, au moyen de la distillation par la voie sèche, varie encore plus que dans les différentes sortes de lignite, y compris le bois fossile. L'auteur n'a pas rencontré de houille qui, à la distillation par la voie sèche, ait fourni moins de 48 pour 100, de charbon. A partir de ce nombre, la quantité du résidu en charbon s'élève à 90 pour 100. Entre ces deux limites, à peine pourrait-on trouver un seul nombre qui ne fût propre à exprimer le produit en charbon, de quelque houille; cependant, on remarque des différences frappantes dans la forme extérieure des houilles carbonisées, dites cokes.

Ici, l'auteur divise les houilles en trois classes, qu'il établit d'après l'apparence extérieure des charbons ou cokes qui en proviennent. Pour

l'objet qu'il se propose, M. Karsten distingue :

- 1°. Les houilles à coke pulvérulent;
- 2°. Les houilles à coke fritté ou coagulé;
- 3°. Les houilles à coke boursoufflé.

Ces trois dénominations indiquent suffisamment l'aspect et la manière d'être de chacune des trois sortes de coke, ainsi que le passage qui peut avoir lieu d'une sorte à l'autre.

Dans toutes ces houilles, comme dans les fibres végétales non altérées, la quantité de charbon obtenue diffère selon que, pour la distillation, on a employé une chaleur lente ou une chaleur prompte. En général, cette différence de produit est d'autant plus forte, que les houilles contiennent moins de charbon; cependant, les houilles à coke boursoufflé font exception: souvent celles-ci, avec une teneur plus grande en charbon, offrent de plus fortes différences de produit dans les deux procédés de carbonisation, que ne le font, avec une moindre teneur en charbon, les houilles à coke pulvérulent, et particulièrement les houilles à coke fritté. Au surplus, ces différences de produit, dans toutes les houilles essayées par M. Karsten, n'excèdent pas 6 pour 100, et même ce maximum de différence n'a été observé que dans une houille à coke boursoufflé, qui présentait une teneur moyenne en charbon. Le produit en coke, des houilles de cette classe, quand elles ont une plus grande teneur en charbon, ne varie pas au-delà de 4 pour 100 dans les deux procédés de carbonisation.

Un autre fait remarquable, c'est que l'application d'une chaleur faible, et poussée très-lentement jusqu'à la plus forte chaleur rouge, diminue, dans les houilles, la propriété de fournir

un coke, soit fritté, soit boursoufflé. Telle houille qui, étant soumise à une incandescence rapide, s'annonce comme de la seconde classe (houille à coke fritté), peut, au moyen d'une chaleur poussée très-lentement, offrir l'aspect d'une houille de la première (à coke pulvérulent). C'est principalement dans les transitions de l'une à l'autre classe, que l'on observe ce fait. De même, par le procédé d'une chaleur lente, une houille de la troisième classe présente l'aspect de la seconde, et sur-tout si la houille dont il s'agit ne possède que faiblement la propriété de fournir un coke boursoufflé. Dans tous les cas, en ne chauffant qu'avec lenteur, on diminue le gonflement des houilles à coke boursoufflé : dès-lors, elles forment une masse moins lâche, moins étendue, moins légère, que si l'on avait appliqué rapidement une chaleur ardente.

Une distinction entre les houilles qui se boursoufflent et celles qui ne se boursoufflent pas est depuis long-temps établie dans les arts, parce que ces deux combustibles s'y comportent très-différemment. Les praticiens ne tardèrent pas à remarquer la grande influence que la manière de se comporter de la houille exerce sur l'usage qu'on en peut faire; ils reconnurent que les houilles qui se boursoufflent ne peuvent pas toujours être remplacées par celles qui ne se boursoufflent pas, et réciproquement; mais entre les unes et les autres, l'opinion commune n'établit une différence qu'ainsi qu'il suit : les houilles, dit-on, qui se boursoufflent se distinguent seulement par une plus grande quantité de parties constituantes qui ne sont pas du carbone, parties que l'on a désignées par le nom de Bitume; ou bien, c'est la teneur en charbon qui décide si

une houille possède, ou non, la propriété de se boursouffler.

Cette opinion n'est pas fondée : loin de cela, on observe le plus souvent que la teneur en charbon est plus grande dans les houilles qui se boursoufflent que dans les autres. Il y a des houilles de la première et de la seconde classe (à coke pulvérulent et à coke fritté) qui, par la carbonisation, ne fournissent qu'environ 50 pour 100 de coke, et l'on voit très-peu de houilles de la troisième classe (à coke boursoufflé) en donner aussi peu. Au contraire, un grand nombre de ces houilles à coke boursoufflé fournissent plus de 80 pour 100, d'un charbon très-lâche et très-gonflé. Une telle houille ne peut pas contenir autant de parties constituantes qui ne soient point du charbon, qu'une houille à coke pulvérulent ou à coke fritté, de laquelle on n'obtient qu'environ 50 pour 100, de coke.

Les produits de la distillation de la houille, par la voie sèche, sont bien connus. Plus la teneur en charbon y devient grande, plus est épaisse la consistance de l'huile qui se forme. Toutes les houilles sans exception donnent, à la distillation par la voie sèche, de faibles traces d'ammoniaque. Les houilles à coke pulvérulent, lorsqu'elles ont une faible teneur en charbon, offrent des traces d'un acide. Dans toutes les houilles de cette première classe, le rapport du fluide aqueux au fluide huileux est plus grand que dans celles de la seconde; et dans ces dernières, ce rapport est plus grand que dans les houilles de la troisième (à coke boursoufflé). La quantité des substances gazeuses et des fluides ou vapeurs qui se forment est en raison inverse de la teneur en char-

bon. Le dégagement de gaz est en moindre quantité pour les houilles, que pour la plupart des lignites; mais dans les premières, les combinaisons d'hydrogène carboné sont plus dominantes; il ne se forme du gaz hydrogène sulfuré, que si la houille est mêlée de fer pyriteux, ce qui manque rarement d'avoir lieu. Plus la houille est capable de se boursoffler (troisième classe), plus s'accroît la proportion du gaz huileux dans le mélange gazeux.

Ce n'est qu'à l'égard de celles des houilles de la première et de la seconde classe, dans lesquelles la teneur en carbone est faible, qu'il s'opère une décomposition du combustible avant qu'il ait éprouvé la chaleur rouge, et même, dans ces houilles, la décomposition, sous une basse température, ne fait pas des progrès marqués.

La substance huileuse ne commence jamais à se développer que quand la chaleur est parvenue au degré du rouge foncé. A toutes les houilles des deux premières classes, ainsi qu'à celles de la troisième, qui contiennent beaucoup de carbone, il faut appliquer une faible chaleur rouge, pour commencer la décomposition, et une très-forte chaleur rouge, pour la terminer. Il n'est point de houille, qui, dans la distillation par la voie sèche, outre l'huile et les gaz, ne dégage aussi de l'eau.

Dans les essais ordinaires de houilles, essais qui ont pour objet de déterminer la quantité et la sorte de coke ou charbon, qu'elles sont capables de fournir à la distillation par la voie sèche, on a coutume d'employer les houilles dans l'état de dessiccation à l'air. Ce procédé suffit pour la pratique des arts; mais il serait vicieux pour une analyse chimique proprement dite. Dans ce der-

nier cas, M. Karsten a reconnu la nécessité de dessécher à la température de l'eau bouillante les divers combustibles qu'il voulait analyser chimiquement, afin de comparer les résultats de l'analyse avec les effets que produisent les mêmes houilles dans leur distillation par la voie sèche.

L'auteur avait d'abord présumé que toutes les houilles, prises dans leur état ordinaire de dessiccation à l'air, et telles qu'on les emploie pour la carbonisation, n'éprouveraient pas une grande perte de poids jusqu'à la température de l'eau bouillante, ou que du moins cette perte de poids serait à-peu-près égale dans toutes; mais, pour atteindre son but, il s'est vu forcé de rechercher quelle perte de poids les houilles éprouvent par leur dessiccation à la température de l'eau bouillante: de là, une série d'essais comparatifs que M. Karsten a étendus à quelques autres substances.

Toutes ces matières réduites en poudre furent d'abord exposées pendant cinq jours, sous les mêmes circonstances, à une température de 11 à 12 degrés du thermomètre de Réaumur. Lorsque toutes furent ainsi parvenues au même degré de dessiccation, une égale quantité de chacune d'elles fut pesée, puis séchée à la température de l'eau bouillante; ensuite, la matière, encore toute chaude, fut pesée de nouveau, et la différence de poids fut constatée. A cette haute température, aucune décomposition des corps en expérience n'avait encore eu lieu; ce qui le prouve, c'est que toutes ces substances, après avoir été exposées à l'air pendant 36 heures, reprirent leur premier poids.

Le tableau suivant fait voir ce que pesèrent, après leur dessiccation à la température de l'eau bouillante, 100 parties des substances essayées,

savoir : la sciure de hêtre, le charbon de bois, le bois fossile, plusieurs lignites, le charbon de bois minéral, un grand nombre de houilles de diverses contrées, l'anhracite, les diverses sortes de coke, la plombagine ou le graphite, le sucre, le salpêtre et le sulfate de potasse.

| SUBSTANCES soumises à la dessiccation sous la température de l'eau bouillante, leur premier poids étant représenté par 100. | Poids conservé après la dessiccation, pour 100 en poids. |
|---|--|
| Copeaux de charme commun | 90,7 |
| Charbon de bois | 91,6 |
| Bois fossile, passant au lignite, du pays d'Aix-la-Chapelle | 80,2 |
| Lignite scapiforme (<i>Stangenkohle</i>) du mont Meissner en Hesse | 97,2 |
| Lignite (<i>Braunkohle</i>) de Uttweiler, rive droite du Rhin | 95,05 |
| Charbon de bois minéral (<i>Faserkohle</i>) de Ibbenbühren en Prusse (Westphalie) | 99,1 |
| Lignite fibreux (<i>Surturbrand</i>) d'Islande | 86,95 |
| Houille compacte (<i>Kennelkohle</i>) du Lancashire | à coke très-boursoufflé. 98,4 |
| <i>Idem, Ibidem.</i> | à coke peu boursoufflé. 97,6 |
| | à coke pulvérulent. 94,4 |
| Houille de Newcastle en Angleterre | à coke boursoufflé. 98,7 |
| de Mons (Pays-Bas) | à coke fritté 99,3 |
| du pays d'Essen et Werden | à coke boursoufflé. 98,75 |
| | à coke fritté 99,05 |
| | à coke pulvérulent. 99,3 |
| Houille de la Hte.-Silésie | à coke pulvérulent. 91,15 |
| | à coke pulvérulent. 87,3 |
| Houille du canton de Bardenberg, pays d'Aix-la-Chapelle | à coke pulvérulent. 98,2 |
| de Sulzbach, près Duttweiler | à coke boursoufflé 98,» |
| du pays de Saarbruck | à coke fritté 94,» |
| de Loebejün, dans le cercle de la Saale, en Prusse | à coke pulvérulent. 99,» |
| Houille piciforme de Planitz, Royaume de Saxe | à coke fritté 94,3 |
| Houille de Pottschapel, près Dresde | à coke boursoufflé. 94,4 |

| SUBSTANCES soumises à la dessiccation sous la température de l'eau bouillante, leur premier poids étant représenté par 100. | Poids conservé après la dessiccation, pour 100 en poids. |
|---|--|
| Houille éclatante du pays de Tecklenburg-Lingen | 98,3 |
| éclatante (<i>Glanzkohle</i>), prétendue Anthracite de Schönfeld en Saxe | à coke pulvérulent. 95,95 |
| éclatante de Lischwitz, près Géra, en Saxe | 94,8 |
| Anthracite conchoïde de Rhode-Island (Et.-Unis) | 94,9 |
| Prétendue Anthracite de La Motte, département de l'Isère | à coke pulvérulent. 95,5 |
| Houille du pays de Waldenburg (Bas-Silésie) | à coke boursoufflé. 97,8 |
| de la Westphalie | à coke pulvérulent. 99,» |
| du Brésil | à coke pulvérulent. 89,4 |
| de la Hte.-Silésie | à coke pulvérulent. 93,2 |
| | à coke pulvérulent. 97,1 |
| du pays de Waldenburg, passant de la houille à coke boursoufflé à la houille | à coke fritté 98,5 |
| Houille de la Hte. Silésie | à coke boursoufflé 97,1 |
| du pays de Waldenburg | à coke pulvérulent. 96,4 |
| de la Hte. Silésie | à coke fritté 95,9 |
| des environs de Beuthen (Haute-Silésie) | à coke pulvérulent. 93,1 |
| du pays de Saarbruck | à coke boursoufflé. 95,1 |
| d'Eschweiler, pays d'Aix-la-Chapelle | à coke boursoufflé. 99,1 |
| Houille d'Eschweiler, d'une autre couche | à coke boursoufflé 99,1 |
| de Wellesweiler, pays de Saarbruck | à coke boursoufflé 97,85 |
| du pays de Waldenburg (Basse-Silésie) | à coke boursoufflé. 97,8 |
| Coke boursoufflé | 95,55 |
| Coke fritté | 95,6 |
| Coke pulvérulent | 95,5 |
| Graphite ou plombagine de Borrowdale | 100,» |
| Sucre | 100,» |
| Salpêtre (nitrate de potasse) | 100,» |
| Sulfate de potasse | 100,» |

Les pertes de poids indiquées par ce tableau, quelque différence qu'elles présentent, ne paraissent avoir aucune relation avec les propriétés des houilles, et en général des matières mises en expérience. La plus grande perte est éprouvée par le bois fossile et par la houille à coke fritté, d'une faible teneur en charbon. Le premier perd 19,8, et la seconde 6 pour 100; plus la teneur en charbon augmente, plus la perte de poids devient faible. Cependant M. Karsten s'étonne de voir qu'une houille analogue à l'antracite, et l'antracite elle-même, éprouvent une perte considérable (de 5 à 6 pour 100), ce que leur dureté et leur éclat demi-métallique ne lui faisaient pas présumer.

En général, la légèreté, c'est-à-dire l'état poreux ou lâche d'un corps, paraît ne pas influencer, ou du moins ne pas toujours influencer sur cette perte de poids; car autrement le charbon de bois minéral, qui, de toutes les substances essayées, est la plus légère, la plus lâche, et peut-être sans en excepter le charbon de bois, aurait dû éprouver la plus grande perte. Cependant le charbon de bois minéral ne perd pas plus de 1, tandis que l'antracite dure et brillante de Rhode-Island perd plus de 5 pour 100; au contraire, le graphite, rendu très-lâche par le broiement et la pulvérisation, conserve son poids tout entier.

Ce que les charbons perdent en poids, et par conséquent ce qu'ils empruntent de l'atmosphère, est-ce de l'air atmosphérique et de l'humidité, ou seulement de l'humidité? L'auteur ne s'est pas livré à cette recherche; mais il pense que, pour jeter un grand jour sur la cause des différences que l'on observe dans la manière de se comporter

des combustibles minéraux, il serait intéressant de les essayer ainsi au sortir même de la mine, et particulièrement ceux qui, en plein air, augmentent considérablement de poids. A l'égard de celles des houilles qui, par leur dessiccation à la température de l'eau bouillante, éprouvent une perte de poids très-considérable, leur produit en coke dans la carbonisation doit se montrer trop faible et ne pas s'accorder avec les résultats de l'analyse chimique, si dans la carbonisation on emploie, comme c'est l'ordinaire, des houilles séchées à l'air, et dans l'analyse chimique des houilles séchées à la température de l'eau bouillante.

2^o. *Examen chimique des combustibles minéraux en général.*

La composition chimique des houilles, dans le sens propre de ce terme, ne peut se laisser deviner avec quelque vraisemblance, d'après les résultats du procédé de carbonisation, que si l'on compare le poids et la manière d'être de chacun des cokes obtenus, avec le poids et l'état d'autres cokes provenant de houilles dont la composition soit déjà constatée par l'analyse chimique. En pareil cas, on pourra déterminer avec assez de certitude la composition d'une houille d'après les résultats de sa carbonisation.

Telle est l'idée principale qui a dirigé les recherches de M. Karsten. D'un côté, le savant auteur était convaincu de cette vérité, que pour juger de la nature propre des houilles, et pour assigner la cause des différentes manières de se comporter que présentent non-seulement les lignites et les houilles, mais encore les diverses sortes de houilles, il fallait commencer par con-

naître les proportions de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, qui se trouvent dans ces combustibles; d'un autre côté, vu l'extrême difficulté de semblables analyses par la voie sèche, M. Karsten regardait comme presque impossible d'analyser ainsi un grand nombre de houilles; en conséquence, l'auteur a fait choix d'un certain nombre de combustibles minéraux qui, dans leur manière de se comporter à la distillation par la voie sèche, offrent les différences les plus frappantes.

Les échantillons choisis, au nombre de onze, ont été décrits minéralogiquement, et soumis avec le même soin, d'une part, à la distillation par la voie sèche, de l'autre, à l'analyse chimique: c'était du bois fossile et du lignite des contrées voisines du Rhin, des houilles diverses de la Haute-Silésie, du pays de Saarbruck, d'autres parties de la Prusse et des mines de l'Angleterre. Aux résultats de ses onze analyses chimiques, M. Karsten, pour compléter la comparaison qu'il se proposait d'établir entre les divers combustibles, a joint le résultat que MM. Gay-Lussac et Thénard ont obtenu par leur analyse du bois de hêtre.

L'auteur parvient ainsi à former un tableau synoptique de douze combustibles, qu'il prend pour termes généraux de comparaison. Ce tableau, fondé tant sur les analyses de M. Karsten que sur les données admises par M. Berzélius dans la théorie atomistique, pose en fait que, dans chacun des combustibles essayés, mille atomes de carbone se trouvent combinés avec un certain nombre, qu'il indique, d'atomes d'oxygène et d'atomes d'hydrogène; ensuite l'auteur

établit, par le calcul, combien, dans chacune de ces mêmes substances, pour mille atomes d'oxygène, il se trouve d'atomes d'hydrogène.

Avant de passer aux importantes conclusions que l'auteur tire de ses résultats, il convient d'indiquer sommairement comment il a procédé.

D'abord, M. Karsten annonce que dans les houilles il a vainement cherché l'acide muriatique, l'iode, l'acide phosphorique et l'oxide de chrome. La quantité de terres et d'oxide de fer, qui reste après l'incinération des houilles, c'est-à-dire leur teneur en cendre, est très-variable; telle houille ne laisse de cendre que 1 pour 100, et par conséquent moins qu'aucune espèce de bois; dans telle autre houille, la teneur en cendre s'élève au-dessus de 20 pour 100. Les terres trouvées en diverses proportions dans les cendres des houilles sont en général la silice, l'argile, la chaux et la magnésie: ces deux dernières s'y présentent ordinairement en quantité beaucoup moindre que les premières.

L'auteur fait voir par des exemples, que la détermination de la teneur en cendre, d'une houille, même d'après des échantillons choisis comme les plus purs dans une couche de ce combustible, ne peut pas, à cause de la variété infinie des circonstances locales et des accidens naturels du gisement, fournir des données qui soient concluantes à l'égard du gîte entier; mais convaincu, par plus de deux cent cinquante essais de houille, qu'il existe une différence essentielle dans la teneur en terres, des houilles de différens gîtes naturels, M. Karsten admet que la quantité qui représente la teneur en cendre, sur-tout si l'on a soin de la conclure de plusieurs échantillons de

la même houille, peut toujours être considérée comme un terme moyen qui s'approche de la vérité.

A cet égard, il importe de séparer de la houille les substances étrangères qui accompagnent quelquefois ce combustible dans ses fissures; ces substances sont en général le fer pyriteux et la chaux carbonatée spathique, quelquefois la dolomie, le plomb sulfuré, le zinc sulfuré, la baryte sulfatée, le fer carbonaté, le fer oxidulé, la chaux sulfatée et l'argile siliceuse. Par suite de cette précaution que recommande l'auteur, et parce que d'ailleurs les essais en petit ne peuvent que se borner à la masse pure de la houille, il est clair qu'en petit la teneur en cendre se trouvera toujours être beaucoup moindre qu'elle ne le sera en grand. M. Karsten en conclut avec raison que, pour être en état de juger d'une houille, relativement à son emploi dans les arts, il ne suffit pas de connaître la quantité ainsi que la manière d'être du coke qu'elle fournit, et sa teneur en cendre; il faut encore indiquer avec détail l'état habituel des fissures de la houille, et noter si les surfaces de ces fissures sont nettes, ou si elles sont remplies de substances étrangères.

C'est effectivement ainsi, que l'auteur a procédé dans ses nombreux essais.

Après ces remarques générales, et beaucoup d'autres que nous sommes obligés de passer sous silence, M. Karsten décrit l'appareil dont il a fait usage pour ses onze analyses par la voie sèche, analyses qui doivent ensuite lui servir de guide, ainsi que nous l'avons déjà vu.

Cet appareil est celui que les chimistes emploient pour l'analyse des matières végétales; ou

sait qu'il consiste en trois tubes de verre unis par deux tubes de caoutchouc qui sont placés, l'un entre le premier tube et le second, l'autre entre le second tube et le troisième. Le premier tube, destiné à recevoir immédiatement l'action de la chaleur, contenait un mélange du corps à essayer avec du deutoxide de cuivre, préparé par le moyen du nitrate de cuivre; le second tube contenait du muriate de chaux complètement desséché; le troisième tube, destiné à recevoir les gaz, était fort étroit et gradué par une division exacte en dixièmes de pouce cube, d'après le pied du Rhin. ce dernier tube conduisait les gaz dans un appareil au mercure. La quantité des gaz développés fut réduite à la température de zéro et à la pression barométrique de 28 pouces; leur volume fut déterminé sous ces conditions. Pour l'absorption du gaz acide carbonique, on employa l'ammoniaque caustique; quant au résidu de gaz non absorbés, le volume en fut soustrait de la masse totale de gaz après les réductions indiquées, et ce fut la différence qui fit connaître le volume réel du gaz acide carbonique; mais l'auteur ne s'est pas livré à l'examen de ce résidu. Était-ce du gaz azote pur, ce qui ne lui paraît pas vraisemblable, ou bien était-ce un mélange d'azote avec de l'air atmosphérique et du gaz d'oxide de carbone, ou même du gaz hydrogène carboné? A cet égard, l'auteur ne peut se prononcer; cependant il pense avoir évité le dégagement de gaz d'oxide de carbone en ne remplissant point le premier tube, ou tube de décomposition, à la manière usitée. Voici les précautions particulières que M. Karsten a prises :

Le premier tube avait un diamètre de 2,5 de ligne à 2,55, et une longueur d'environ 9 pouces; il était fermé par en bas et ouvert par en haut. On commença par y introduire une certaine quantité d'oxide de cuivre, qui occupa le fond du tube; par-dessus on établit une couche du mélange d'oxide de cuivre avec la substance à décomposer, puis une nouvelle couche d'oxide de cuivre sans mélange, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il se trouvât dans le tube six couches de mélange, contenues entre deux couches d'oxide de cuivre qui en occupaient les deux extrémités.

Cela fait, à chacune des deux extrémités du tube, en haut comme en bas, fut placée une lampe allumée. Ce premier tube fut ainsi entretenu à une chaleur ardente par les deux bouts. De cette disposition, il résultait que la décomposition s'y opérait aussi complètement qu'il est possible, et que par conséquent on n'avait pas sujet de craindre qu'avec le gaz acide carbonique il se dégagât une quantité notable de gaz d'oxide de carbone, comme cela arrive quand on n'emploie qu'une seule lampe, même avec le secours d'un réverbère de tôle. La longueur du tube de décomposition, loin d'être un obstacle, permit au contraire d'y adapter un support simple, disposé convenablement pour l'assujettir.

Dans chacune des analyses, on employa 0,1 de gramme de la substance à décomposer, après l'avoir réduite en poudre impalpable et l'avoir desséchée à la température de l'eau bouillante. Ce 0,1 de gramme fut broyé et mélangé très-exactement avec 4 grammes de deutoxide de cuivre, complètement desséché: toutes les autres précautions d'usage furent également prises.

Dans une telle analyse, l'augmentation de poids qu'éprouve le muriate de chaux fait connaître la quantité d'eau qui s'est formée; on en conclut la quantité d'hydrogène dégagée. La quantité d'acide carbonique qui s'est formée fait connaître la quantité de carbone. A cet égard, M. Karsten admet, d'après M. Berzélius, que l'eau contient 11,06 pour 100, d'hydrogène; que le pouce cube (mesure du Rhin) de gaz acide carbonique pèse 0,035445668 de gramme, et qu'il s'y trouve 0,009797952 de gramme de carbone; ce qui revient à-peu-près à dire, avec M. Thénard, que l'acide carbonique est composé de 27,68 de carbone et de 72,32 d'oxigène en poids, ou que, relativement au volume, il se trouve dans cet acide un volume de vapeur de carbone et un volume d'oxigène condensés en un seul. (Voyez *Traité de chimie*, par Thénard, Paris, 1821, tome 1^{er}, page 644. Le même ouvrage rapporte que l'eau est formée de 88,90 d'oxigène et de 11,10 d'hydrogène en poids, ou d'un volume de gaz oxigène et de 2 volumes de gaz hydrogène. *Ibid.*, p. 553.)

D'un autre côté, par une expérience directe de carbonisation, on détermine la teneur en charbon, de la substance analysée, pour un état parfaitement sec de cette substance. Ensuite on opère l'incinération du charbon obtenu, et l'on en conclut la quantité de cendre ou parties terreuses, qui se trouve dans un dixième de gramme de la substance analysée. Quant à la quantité d'oxigène, on la conclut par voie de différence. Pour cela, du poids employé de 0,1 de gramme, on soustrait la somme des trois quantités trouvées pour le carbone, pour l'hydrogène et pour la cendre. Le reste indique la quantité d'oxigène.

C'est ainsi que M. Karsten a opéré dans les onze essais mentionnés ci-dessus. Par exemple, l'auteur a trouvé que la houille de première qualité des célèbres mines de Newcastle en Angleterre, houille à coke boursoufflé, est composée, pour 100 parties en poids, ainsi qu'on va le voir :

| | |
|-----------------------------|--------|
| Carbone. | 84,263 |
| Hydrogène. | 3,207 |
| Oxigène | 11,667 |
| Parties terreus. ou Cendre. | 0,863 |

TOTAL. . . 100

D'où il suit que proportionnellement et abstraction faite de la teneur en terres, cette même houille, considérée alors comme un combustible pur, serait composée, pour 100 parties en poids, de

| |
|-------------------|
| 84,99 de Carbone, |
| 3,23 d'Hydrogène, |
| 11,78 d'Oxigène. |

TOTAL. . 100

Si l'on embrasse d'un coup-d'œil les résultats de toutes ces analyses, on remarque bientôt que le rapport de la quantité de carbone à la quantité d'oxigène et d'hydrogène, qui se trouve dans les différentes espèces de combustibles minéraux, ne décide rien relativement à la manière d'être du charbon que l'on obtient, comme résidu de leur distillation par la voie sèche; on voit la teneur en carbone s'élever de 76 jusqu'à plus de 96 pour 100.

Ainsi, dans les houilles, celles de leurs parties constituantes qui ne sont pas du carbone peuvent rester au-dessous de 4 pour 100, et cela sans que le combustible cesse de présenter les

caractères non méconnaissables de la houille. On pourrait même dire que le combustible, par son apparence extérieure, s'approche d'autant plus du lignite, que sa teneur en carbone diminue davantage.

Afin de faire mieux saisir les rapports dans lesquels se trouvent l'oxigène et l'hydrogène, comparativement au carbone, dans les différentes espèces de houille, l'auteur a réuni en un tableau les substances analysées, en indiquant à l'égard de chacune d'elles combien, pour 1000 atomes de carbone, il s'y trouve d'atomes d'oxigène et d'hydrogène. Un autre tableau indique, d'après le précédent, combien, pour 1000 atomes d'oxigène, ces mêmes substances analysées contiennent d'atomes d'hydrogène.

Dans ses calculs, M. Karsten admet, d'après M. Berzélius, que le poids d'un atome d'oxigène étant représenté par le nombre. . . . 100

Celui d'un atome de carbone est exprimé proportionnellement par. . . . 75,33,

Et celui d'un atome d'hydrogène par. . . 6,217.

Cela posé, pour vérifier les calculs de M. Karsten, ainsi que nous l'avons fait, il suffit de se rappeler que, dans les résultats d'analyse susmentionnés, par exemple à l'égard de la houille de Newcastle, chacune des quantités trouvées, soit pour le carbone, soit pour l'hydrogène, soit pour l'oxigène, abstraction faite de la teneur en terres, représente le produit d'un nombre d'atomes par le poids d'un atome de la même substance. C'est ainsi qu'admettant, d'après M. Berzélius, les rapports sus-énoncés entre les poids des atomes, on trouve facilement les rapports qui existent entre les nombres d'atomes, soit de

TABLEAU CONCERNANT LA COMPOSITION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

| DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES ESSAYÉS COMPARATIVEMENT, 1°. PAR LA CARBONISATION; 2°. PAR L'ANALYSE CHIMIQUE. | | | 1°. CARBONISATION OU DISTILLATION PAR LA VOIE SÈCHE. | | | | | | | 2°. ANALYSE CHIMIQUE APRÈS DESSICCATION A LA TEMPÉRATURE DE L'EAU BOUILLANTE. | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|---|---|--|---------------------------------|---|----------|-----------|----------|--|----------|-----------|--------------|--|-----------|--|
| Nos. d'ordre. | COMBUSTIBLES ESSAYÉS. | LIEUX D'OU ILS PROVIENNENT. | Pesanteur spécifique, l'eau étant 1. | APRÈS DESSICCATION à la température de l'air. | | | APRÈS DESSICCATION à la température de l'eau bouillante. | | | TENEUR pour 100 parties en poids. | | | | TENEUR pour 100 parties en poids, abstraction faite de la teneur en cendre. | | | CONCLUSIONS. | | | |
| | | | | ASPECT DU CHARBON. | Charbon obtenu, pour 100 parties en poids. | Cendre provenant du Charbon ci-contre. | Perte de poids pour 100. | RÉSULTATS proportionnels de la carbonisation ci-contre, ou Teneur pour 100 parties en poids. | | | Carbone. | Hydrogène | Oxigène. | Cendre, (Nombres admis: voyez ci-dessus.) | Carbone. | Hydrogène | Oxigène. | 1000 atomes de Carbone sont unis avec le nombre ci-dessous d'atomes de | | 1000 atomes d'Oxigène sont unis avec le nombre ci-dessous de |
| | | | | | | | Charbon. | Cendre. | Charbon pur : différence. | | | | | | | | Oxigène. | Hydrogène | Hydrogène | |
| I. | Bois de hêtre (d'après l'analyse de MM. Gay-Lussac et Thenard)..... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II. | Bois fossile passant au lignite, c'est-à-dire au <i>Braunkohle</i> de Werner..... | Brühl près Cologne..... | | Coke pulvérulent.. | 49,7 | 11,40 | 20,0 | 62,13 | 14,25 | 47,88 | 54,97 | 4,313 | 26,467 | 14,25 | 64,10 | 5,03 | 50,87 | 363 | 955 | 2620 |
| III. | Lignite commun (Jayet) passant à la houille piciforme, dite <i>Pechkohle</i> de Werner..... | Uttweiler au nord du Siebengebirge, sur la rive droite du Rhin..... | 1,2081 | — pulvérulent.. | 68,2 | 0,9 | 5,0 | 71,7 | 0,947 | 70,753 | 77,100 | 2,546 | 19,354 | 1,000 | 77,879 | 2,571 | 19,550 | 181 | 402 | 2114 |
| IV. | Houille schisteuse (<i>Schieferkohle</i> de Werner)..... | Brzenskowitz (Haute-Silésie)..... | 1,3098 | — pulvérulent.. | 53,5 | 2,5 | 13,1 | 61,5 | 2,880 | 58,62 | 75,880 | 2,765 | 20,475 | 2,880 | 76,070 | 2,847 | 21,083 | 209 | 455 | 2171 |
| V. | Houille schisteuse compacte (<i>Dichte Schieferkohle</i> de Werner)..... | Beuthen (Haute-Silésie).. | 1,2846 | — fritté..... | 65,3 | 0,6 | 4,0 | 68,02 | 0,630 | 67,39 | 78,390 | 3,207 | 17,773 | 0,630 | 78,887 | 3,227 | 17,886 | 171 | 498 | 2901 |
| VI. | Houille passant de la houille schisteuse à la houille piciforme..... | Wellesweiler (pays de Saarbruck)..... | 1,2677 | — médiocrement boursoufflé et pas trop lâche..... | 65,6 | 1,0 | 2,2 | 67,07 | 1,0 | 66,05 | 81,323 | 3,207 | 14,470 | 1,000 | 82,144 | 3,233 | 14,623 | 146 | 479 | 3554 |
| VII. | Houille lamelleuse (<i>Blatterkohle</i> de Werner), d'une consistance molle. | Essen et Werden, pays de la Marck, en Westphalie. | 1,2757 | — boursoufflé, très-gonflé..... | 78,6 | 0,1 | 1,5 | 79,79 | 0,10 | 79,69 | 88,680 | 3,207 | 8,113 | 0,000 | 88,680 | 3,207 | 8,113 | 69 | 441 | 6356 |
| VIII. | Houille lamelleuse, ayant un éclat presque vitreux, plus dure que le N°. VII..... | <i>Ibidem</i> | 1,3065 | — fritté..... | 88,5 | 1,0 | 1,2 | 89,57 | 1,0 | 88,56 | 92,101 | 1,106 | 5,793 | 1,000 | 93,030 | 1,117 | 5,853 | 47 | 146 | 3070 |
| IX. | Houille lamelleuse, ayant un éclat presque vitreux, plus dure que le N°. VIII..... | <i>Ibid</i> | 1,3576 | — pulvérulent.. | 92,8 | 0,6 | 0,8 | 93,64 | 0,60 | 93,04 | 92,02 | 0,44 | 2,91 | 0,60 | 96,60 | 0,44 | 2,96 | 23 | 55 | 2400 |
| X. | Houille compacte, dite de Kilkenny (<i>Kennelkohle</i> de Werner)..... | Angleterre..... | 1,1652 | — boursoufflé, très-gonflé..... | 51,0 | 0,5 | 1,6 | 51,82 | 0,50 | 51,32 | 74,47 | 5,42 | 19,61 | 0,50 | 74,83 | 5,45 | 19,72 | 199 | 886 | 4444 |
| XI. | Houille intermédiaire entre la houille lamelleuse et la houille piciforme. | Newcastle en Angleterre. | 1,2563 | — boursoufflé.. | 68,5 | 0,85 | 1,5 | 69,54 | 0,863 | 68,677 | 84,263 | 3,207 | 11,667 | 0,863 | 84,99 | 3,23 | 11,78 | 104 | 462 | 4402 |
| XII. | Houille lamelleuse, d'une consistance molle..... | Eschweiler (pays d'Aix-la-Chapelle)..... | 1,3005 | — boursoufflé, très-gonflé..... | 81,5 | 1,17 | 0,9 | 82,24 | 1,18 | 81,06 | 89,1614 | 3,2070 | 6,4516 | 1,18 | 90,22 | 3,24 | 6,54 | 54 | 437 | 7965 |

ÉTAT CONCERNANT LA COMPOSITION D

RECAPITULATIF DES ANALYSES COMPARATIVES
 PAR M. L. J. CHEVREUL
 CHEMISTE

| ANALYSE | PROVENANCE | PROPORTION DE CARBONE | PROPORTION D'HYDROGÈNE | PROPORTION D'AZOTE | PROPORTION D'OXIGÈNE | PROPORTION D'EAU |
|---------|--|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| I | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| II | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| III | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| IV | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| V | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| VI | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| VII | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |
| VIII | Bois de hêtre, d'après l'analyse de M. G. L. L. et T. L. | 50 | 6 | 0,5 | 33 | 10 |

autre côté, l'expérience nous apprend combien varient en quantité, en manière d'être, ces charbons ou coques fournis par la distillation. En employant pour tous un même degré de chaleur, autant qu'il est possible de le faire, nous obtenons en charbon, tantôt 50, tantôt 90 pour 100. Quelquefois ces résidus en charbon sont à l'état de la poudre la plus ténue. Le plus souvent on y observe des gradations sans nombre, depuis l'état d'une matière frittée jusqu'au gonflement d'une matière boursoufflée, et presque jusqu'à l'aspect d'une écume noirâtre. On peut donc regarder comme certain, qu'à peine trouverait-on deux résidus en charbon dont la composition fût parfaitement concordante, et que tous, dans les rapports de leurs atomes entre eux, s'approcheraient plus ou moins de ceux qui furent l'objet des analyses sus-mentionnées, sans que cependant on puisse jamais s'attendre à trouver une parfaite concordance des parties constituantes.

D'après cette extrême variété de composition des houilles, il est facile de voir que tous les charbons ou coques ne conviennent pas également pour tous les usages, et que tel ou tel de ces combustibles doit être préféré. Si l'on demande quel charbon ou coke mérite la préférence en général, cette question n'est pas susceptible d'une réponse positive. Mais veut-on savoir pour quel objet déterminé tel charbon ou coke est plus susceptible d'être employé que tel autre? C'est effectivement ce dont on doit pouvoir juger d'après ses parties constituantes.

Plus la houille est riche en carbone, plus il faut qu'il se développe de chaleur dans sa combustion; car, pour se décomposer, elle exige

d'autant plus d'oxygène, qu'elle contient plus de carbone. D'un autre côté, la faculté de s'allumer décroît dans le même rapport : aussi de semblables houilles ne peuvent-elles brûler qu'avec le secours d'une puissante affluence d'air. Par cet inconvénient, et parce que d'ailleurs une houille très-pauvre en oxygène et en hydrogène donne peu de flamme, l'avantage de pouvoir développer beaucoup de chaleur est comme anéanti dans les houilles à coke pulvérulent, avec grande teneur en carbone. C'est pourquoi, dans tous les cas où la caléfaction doit être opérée par le moyen de gaz qui brûlent, c'est-à-dire avec flamme, les houilles à coke pulvérulent, avec grande teneur en carbone, doivent céder le pas aux houilles à coke fritté, ainsi qu'aux houilles à coke boursoufflé, avec grande teneur en carbone.

Au contraire, ces mêmes houilles à coke pulvérulent font le meilleur service dans les cas où le combustible se trouve immédiatement en contact avec les corps à échauffer ou à fondre : par exemple, dans la cuisson de la chaux et des briques, dans le grillage des minerais, et pour souder le fer dans une forge de maréchal. Mêlées avec des houilles à coke très-boursoufflé et à grande teneur en carbone, elles seraient aussi très-susceptibles d'emploi dans les feux de flamme. Pour de telles destinations, les houilles à coke boursoufflé, ou du moins celles qui se boursoufflent très-fortement, ne conviennent pas, employées seules : c'est parce que ces houilles, en se gonflant trop sur la grille, empêchent l'accès de l'air, ou plutôt rendent difficile le dégagement de l'air décomposé, et s'opposent ainsi à l'activité du tirage.

Dans les cas où il s'agit de produire une très-forte chaleur, ces mêmes houilles ne conviendraient pas non plus, parce qu'elles donneraient une vive chaleur de fusion, qui à la vérité serait prompte, mais qui ne se soutiendrait pas. Un combustible excellent pour ce dernier objet, c'est la houille à coke fritté, soit qu'elle ait beaucoup, soit qu'elle ait peu de teneur en carbone ; mais elle convient encore mieux au service du fourneau à flamme, si elle passe à la houille à coke boursoufflé.

Pour les feux ordinaires de ménage, pour les chauffes de machines à vapeur, pour le service des brasseries et des distilleries, la houille à coke boursoufflé, avec grande teneur en carbone, est celle qui convient le mieux, parce que là on n'a pas besoin d'une forte chaleur de fusion. On l'emploie aussi de préférence, dans plusieurs cas, pour souder le fer et l'acier, parce que ce combustible forme une voûte naturelle, sous laquelle on peut donner au fer la chaude suante, sans l'exposer au vent des soufflets.

La houille à coke fritté, avec une moindre teneur en carbone, est encore un excellent combustible pour développer une chaleur prompte et tout-à-la-fois soutenue. S'agit-il moins d'obtenir une forte chaleur, que de profiter complètement de la flamme ? On peut encore employer très-avantageusement les houilles à coke boursoufflé avec une moindre teneur en carbone.

La houille à coke pulvérulent, avec teneur moyenne en carbone, n'est pas propre à développer une forte chaleur ; elle convient encore moins pour cet objet, si la teneur en carbone est très-faible. C'est alors la plus mauvaise sorte de

d'autant plus d'oxygène, qu'elle contient plus de carbone. D'un autre côté, la faculté de s'allumer décroît dans le même rapport : aussi de semblables houilles ne peuvent-elles brûler qu'avec le secours d'une puissante affluence d'air. Par cet inconvénient, et parce que d'ailleurs une houille très-pauvre en oxygène et en hydrogène donne peu de flamme, l'avantage de pouvoir développer beaucoup de chaleur est comme anéanti dans les houilles à coke pulvérulent, avec grande teneur en carbone. C'est pourquoi, dans tous les cas où la caléfaction doit être opérée par le moyen de gaz qui brûlent, c'est-à-dire avec flamme, les houilles à coke pulvérulent, avec grande teneur en carbone, doivent céder le pas aux houilles à coke fritté, ainsi qu'aux houilles à coke boursoufflé, avec grande teneur en carbone.

Au contraire, ces mêmes houilles à coke pulvérulent font le meilleur service dans les cas où le combustible se trouve immédiatement en contact avec les corps à échauffer ou à fondre : par exemple, dans la cuisson de la chaux et des briques, dans le grillage des minerais, et pour souder le fer dans une forge de maréchal. Mêlées avec des houilles à coke très-boursoufflé et à grande teneur en carbone, elles seraient aussi très-susceptibles d'emploi dans les feux de flamme. Pour de telles destinations, les houilles à coke boursoufflé, ou du moins celles qui se boursoufflent très-fortement, ne conviennent pas, employées seules : c'est parce que ces houilles, en se gonflant trop sur la grille, empêchent l'accès de l'air, ou plutôt rendent difficile le dégagement de l'air décomposé, et s'opposent ainsi à l'activité du tirage.

Dans les cas où il s'agit de produire une très-forte chaleur, ces mêmes houilles ne conviendraient pas non plus, parce qu'elles donneraient une vive chaleur de fusion, qui à la vérité serait prompte, mais qui ne se soutiendrait pas. Un combustible excellent pour ce dernier objet, c'est la houille à coke fritté, soit qu'elle ait beaucoup, soit qu'elle ait peu de teneur en carbone; mais elle convient encore mieux au service du fourneau à flamme, si elle passe à la houille à coke boursoufflé.

Pour les feux ordinaires de ménage, pour les chauffes de machines à vapeur, pour le service des brasseries et des distilleries, la houille à coke boursoufflé, avec grande teneur en carbone, est celle qui convient le mieux, parce que là on n'a pas besoin d'une forte chaleur de fusion. On l'emploie aussi de préférence, dans plusieurs cas, pour souder le fer et l'acier, parce que ce combustible forme une voûte naturelle, sous laquelle on peut donner au fer la chaude suante, sans l'exposer au vent des soufflets.

La houille à coke fritté, avec une moindre teneur en carbone, est encore un excellent combustible pour développer une chaleur prompte et tout-à-la-fois soutenue. S'agit-il moins d'obtenir une forte chaleur, que de profiter complètement de la flamme? On peut encore employer très-avantageusement les houilles à coke boursoufflé avec une moindre teneur en carbone.

La houille à coke pulvérulent, avec teneur moyenne en carbone, n'est pas propre à développer une forte chaleur; elle convient encore moins pour cet objet, si la teneur en carbone est très-faible. C'est alors la plus mauvaise sorte de

houille; car la chaleur qu'elle produit n'est ni prompte, ni soutenue.

Cette manière de se comporter des houilles en général peut cependant être considérablement modifiée par d'autres circonstances. Le charbon de bois minéral, qui ne manque presque jamais de s'y trouver, et qui, en sa qualité de houille à coke pulvérulent, avec une excessive teneur en carbone, est déjà très-difficile à s'allumer, le devient encore davantage par sa contexture, qui empêche l'accès de l'air. Dans les bonnes houilles, soit à coke boursoufflé, soit à coke fritté, l'obstacle qui résulte du mélange d'une grande quantité de charbon de bois minéral devient moins sensible; mais une houille à coke pulvérulent peut devenir ainsi tout-à-fait incapable de servir, parce que la masse en devient trop compacte, ce qui arrête le passage de l'air.

Un autre obstacle encore provient de la quantité de terres qui se trouve mêlée dans la masse du combustible. Une houille qui laisse beaucoup de cendre ne peut servir, ou du moins ne développe qu'une chaleur lente et faible, parce que la cendre s'oppose à l'accès de l'air. Cet obstacle se présenterait encore dans le cas où le corps même du combustible laisserait, à la vérité, peu de cendre, mais où la couche serait comme entrelardée d'argile ou de schiste. Est-ce le corps même de la houille qui se trouve très-divisé par de nombreuses fissures ou cloisons? Cette circonstance peut, s'il s'agit d'une houille à coke pulvérulent, la rendre tout-à-fait incapable de service; car une telle houille en brûlant tombe en petits morceaux, qui, loin de se coller ensemble de manière à former une masse lâche et

légère, s'appliquent au contraire si pesamment les uns sur les autres, que l'air affluent n'y trouve aucun passage.

S'agit-il d'employer les houilles pour la carbonisation, afin d'en préparer des cokes? Alors encore il faut considérer plusieurs circonstances qui peuvent faire préférer le coke de telle houille à celui de telle autre, quoique tous les deux puissent être un charbon tout-à-fait pur, c'est-à-dire quoique la pureté de tous les deux ne soit altérée que par une faible teneur en cendre. D'abord on doit avoir égard à l'état plus ou moins lâche ou léger, dans lequel se présentent les cokes obtenus des différentes houilles. Cependant les choses ne se passent pas ici comme dans ces charbons de bois que l'on obtient, soit des bois les plus durs, soit des bois les plus tendres, ou comme dans ces charbons qui proviennent, soit de la paille, soit d'autres fibres végétales, de substances enfin qui, dans leur état primitif et non troublé, sont très-lâches, très-légères. Dans les houilles, l'aspect lâche et léger du charbon est produit par la manière même dont se comportent les houilles, soit à coke boursoufflé, soit à coke fritté, au lieu que, dans les fibres de bois non altérées, ce même aspect n'est que l'effet de la densité originaire des fibres.

Ainsi, une comparaison entre la légèreté plus ou moins grande des cokes provenant des houilles et celle des charbons obtenus de fibres non encore altérées, une telle comparaison ne pourrait avoir lieu qu'à l'égard des houilles à coke pulvérulent; mais les cokes boursoufflés sont réellement un charbon en état de demi-fusion, ce qu'indique déjà la couleur presque argentine de

plusieurs de ces cokes. La grande teneur en hydrogène, des houilles à coke boursofflé, et en même temps le faible rapport de l'oxygène à l'hydrogène produisent l'effet que voici : la houille, dans le moment où s'opère la décomposition de ce combustible, passe à un état de demi-fusion ; il en résulte que la masse, qui toute entière est amollie, et dont une partie est devenue pâteuse, se trouve soulevée par les vapeurs et les gaz qui se développent ; elle s'étend alors dans tous les sens, et souvent elle se gonfle, comme une agglomération de vésicules.

Les houilles dans lesquelles la dose d'oxygène est de beaucoup supérieure à celle d'hydrogène ne se comportent pas ainsi ; elles ne s'amollissent pas avant ou pendant leur décomposition. Ce qui avant la carbonisation ne tenait pas ensemble, parce qu'il y avait interposition de mélanges étrangers, ou seulement de minces parois, cela reste encore dans ce même état après la carbonisation, et chaque morceau isolé, qui dans une telle houille n'adhère pas immédiatement à la masse, est carbonisé pour son propre compte. Il en résulte que, selon le rapport de l'hydrogène à l'oxygène, l'état des cokes obtenus sera très-différent. Depuis ceux qui se gonflent au point de ne plus offrir à la vue que l'aspect d'une légère écume, jusqu'à ceux qui conservent l'apparence extérieure de la houille en diminuant de volume, il existe une série non interrompue de transitions.

Dans les bonnes houilles à coke fritté, le rapport de l'hydrogène à l'oxygène est encore assez favorable, pour que dans la carbonisation les fragmens de combustible, qui auparavant ne te-

naient pas immédiatement ensemble, mais étaient séparés par des surfaces ou cloisons, parviennent en s'amollissant à se réunir à la masse, et à faire corps les uns avec les autres. Cet effet de la carbonisation devient sur-tout frappant si, après avoir détruit l'agrégation de la masse de houille en la pulvérisant, on en soumet la poudre à la distillation.

D'un autre côté, une houille qui a passé à l'état d'une fusion plus ou moins complète doit, à cause de ses surfaces lisses et pour ainsi dire demi-vitrifiées, s'allumer plus difficilement qu'une houille non fondue qui présente des surfaces raboteuses : c'est effectivement ce qu'on observe dans l'incinération des cokes ; car les cokes boursofflés, étant placés sous la moufle d'un fourneau d'essai, exigent, pour leur entière combustion, une plus haute température, ou plus de temps à température égale, que les cokes frittés, et à plus forte raison que les cokes pulvéreux. Par la même cause encore, le coke obtenu du charbon de bois minéral, dit *Faserkohle*, se laisse plus promptement réduire en cendre sous la moufle, que le coke boursofflé d'une houille de cette troisième classe ; mais les choses se passent tout autrement lorsqu'une masse de cokes, amoncelés en tas, doit brûler à l'aide d'un courant d'air, soit naturel, soit artificiel, et non pas être consumée peu à peu par l'action de l'air ardent qui opère sur la surface du combustible, comme cela a lieu sous la moufle. Les cokes boursofflés entretiennent la masse dans un tel état de foisonnement, à cause de l'augmentation de leur propre volume, que le passage de l'air

décomposé n'est pas un seul instant troublé ni interrompu.

Les cokes frittés forment déjà une masse plus compacte et plus ferme. Quant aux cokes pulvéreux, soit que, dès le commencement de l'opération, ils fussent déjà réduits en petits morceaux, soit que, dans la combustion qui s'opère peu à peu, ils diminuent de volume, tous les interstices sont tellement obstrués, que l'air décomposé ne trouve plus aucune issue; alors, la combustion se trouve arrêtée, non par défaut d'accès de l'air, mais par cessation du courant d'air. La poussière de charbon de bois, qui, ainsi que tout corps exactement appliqué sur le feu, s'oppose à l'accès de l'air, et convient par conséquent pour produire l'extinction, cette poussière, disons-nous, si elle était amoncelée en grande masse, ne brûlerait que difficilement, malgré la plus vive affluence d'air. D'après cette manière de se comporter, elle pourrait prétendre à passer pour une anthracite.

Quels que soient les motifs de préférence qui viennent d'être exposés en faveur des houilles à coke boursoufflé, une semblable houille peut, dans certains cas et pour certains objets, n'être pas susceptible d'emploi; les cokes trop fortement boursoufflés, s'ils sont amoncelés en grassetas, tombent en miettes, et c'est en partie à cause de leur poids. Cette réduction en petits fragmens s'accroît encore si les cokes doivent être brûlés dans des fourneaux à cuve, où ils se trouvent stratifiés avec les substances qu'il s'agit de fondre ou de réduire. Ainsi, les houilles à coke très-boursoufflé ne fournissent pas un combustible

qui convienne au traitement du minerai de fer dans le haut-fourneau; mais dans les cas où la pression est moins considérable, où par conséquent il n'y a pas lieu de redouter beaucoup la réduction des cokes en petits fragmens, on peut les employer, même pour le service des fourneaux à cuve, tels que fourneaux à la Wilkinson, fourneaux à manche, demi-hauts-fourneaux; alors, ces cokes font toujours le meilleur service. En général, c'est l'état d'agrégation lâche, ou la légèreté des cokes, qui décide entièrement de leur emploi dans les fourneaux à cuve.

Une houille à coke boursoufflé, quand elle passe à la houille à coke fritté, fournit un excellent combustible pour le travail des hauts-fourneaux à fondre le minerai de fer; mais des houilles à coke boursoufflé, qui ne se gonfleraient pas beaucoup, seraient les plus convenables de toutes pour cet objet. Une houille à coke fritté ne doit pas avoir trop de joints naturels, parce que, dans la carbonisation, elle se réduirait en trop petits morceaux; enfin, une houille à coke pulvéreux ne peut pas être employée si elle ne se présente pas en grandes masses, qui tenant ensemble puissent, dans la carbonisation, former de gros morceaux de coke.

Une houille qui se boursouffle un peu est donc toujours préférable à celle qui ne fait que se fritter, et encore plus à celle qui fournit un coke pulvéreux; car, si la première présente des fissures naturelles, sa propriété de se boursouffler en détruit le mauvais effet, et même, dans cette houille, les solutions de continuité, les cloisons de charbon de bois minéral et de mélanges étrangers, que sa masse peut présenter,

cessent en grande partie d'être nuisibles, à cause du boursoufflement.

Dans les houilles à coke fritté, et sur-tout dans les houilles à coke pulvérulent, la fréquence des fissures, qui, même sans qu'il y ait des joints réels, peut résulter du seul défaut d'homogénéité dans la masse, est un inconvénient qui suffit déjà pour rendre ces combustibles tout-à-fait incapables d'être convertis en coke.

Une excessive teneur en cendre peut aussi devenir un obstacle à ce que les cokes soient employés dans le travail des fourneaux à cuve; elle s'y opposera d'autant plus, que les cokes seront moins légers, ou qu'ils se réduiront plus en miettes dans le fourneau. C'est parce qu'alors la cendre augmente la difficulté de la combustion, et enveloppe la surface des cokes avant d'être amenée à se fondre. Cette difficulté de fusion, qui résulte d'une forte teneur en cendre, fait que la masse fondue reste pâteuse. Il suit de là non-seulement que l'air traverse difficilement une telle masse, mais encore qu'une partie de l'effet des cokes incandescens doit être employée à fondre la cendre.

Pour obtenir des cokes, ainsi que cela se pratique, par le moyen des menus débris que fournit, dans les mines, le dépouillement des couches de combustible, on ne peut évidemment faire usage que des houilles à coke boursoufflé. Ces cokes sont quelquefois très-sujets à tomber en miettes, soit à cause de la nature propre de la masse, soit à cause d'un mélange accidentel de schiste, d'argile ou d'autres substances étrangères, qui, par l'effet de la carbonisation, se trouvent enfermées dans la masse, et par suite donnent

lieu à ce que, sous une forte pression, ces mêmes cokes s'émiettent plus facilement. Alors ils deviennent tout-à-fait incapables de service pour la fusion du minerai de fer dans les hauts-fourneaux. Il y a plus : l'abondance des mélanges étrangers, que le combustible doit aussi amener à la fusion, rend ces cokes peu propres à être employés dans les fourneaux-bas à cuve, dits communément fourneaux à manche.

Au contraire, des cokes préparés avec les menus débris d'une houille à coke boursoufflé, quand celle-ci est tout-à-fait pure et aussi exempte qu'il est possible de mélanges étrangers, peuvent faire le même service que feraient des cokes provenant de cette houille, si elle était en gros morceaux. Il pourrait arriver cependant, que des cokes provenant de houille en gros morceaux présentassent plus de fermeté, que ceux qui résulteraient de menus débris. Alors par conséquent, les premiers seraient moins exposés à s'émietter dans les fourneaux à cuve, du moins dans de très-hauts-fourneaux et sous une forte pression de minerais.

Si l'on carbonise des houilles pyriteuses, les cokes qui en résultent contiennent en général d'autant plus de soufre, qu'il se trouve plus de fer pyriteux dans la masse du combustible; mais M. Karsten assure que, jusqu'à présent, il n'a pas reconnu que le mélange d'une grande quantité de pyrite ait rendu une houille incapable d'être convertie en coke, et les cokes qui en provenaient incapables d'être employés dans les travaux métallurgiques, par le motif que leur teneur en soufre aurait exercé une influence trop

désavantageuse sur la qualité du produit à obtenir. Suivant l'auteur, c'est un inconvénient, désagréable sans doute; mais ce n'est pas un motif d'exclure entièrement les houilles pyriteuses de la préparation des coques pour les besoins métallurgiques.

Il n'en est pas de même relativement à l'éclairage par le gaz. Lorsque la pureté de la houille est très-altérée par la présence du fer pyriteux, cet inconvénient peut s'opposer à tout emploi d'un semblable combustible, si l'objet qu'on se propose est de le distiller par la voie sèche, pour en obtenir du gaz propre à l'éclairage; car, en pareil cas, il se dégagerait une trop grande abondance de gaz hydrogène sulfuré. Ainsi qu'on le voit déjà par la composition des différentes sortes de houille, l'emploi d'une houille pour cet objet ne dépend uniquement, ni de sa teneur en carbone, ni de sa teneur en hydrogène; cet emploi dépend des rapports qui se trouvent, dans la houille, entre le carbone, l'hydrogène et l'oxygène considérés ensemble. Une houille très-riche en carbone, dans laquelle le rapport de l'oxygène à l'hydrogène est aussi faible qu'il peut l'être, sera très-susceptible d'emploi pour l'éclairage; elle donnera du gaz de très-bonne qualité, quoique peu abondant. Que la teneur en carbone diminue et que la teneur en hydrogène augmente, il n'en résulte pas qu'une houille soit plus propre à l'éclairage, si avec la diminution de teneur en carbone, il n'y a pas un accroissement du rapport de l'hydrogène à l'oxygène, ou bien encore si ce rapport reste le même.

M. Karsten fait ainsi qu'il suit l'application de

ses principes aux combustibles, dont il a présenté l'analyse chimique. (*Voyez le Tableau ci-dessus*, page 146.)

Parmi les houilles de Wellesweiler, près Saarbruck, n^o. VI, du pays d'Essen en Westphalie, n^o. VII, et de Newcastle en Angleterre, n^o. XI, dont la première et la troisième présentent une teneur un peu plus grande en hydrogène que la seconde, c'est la houille d'Essen, n^o. VII, qui convient le mieux pour l'éclairage, tandis que la houille de Wellesweiler, n^o. VI, celle des trois qui contient le plus d'hydrogène, est celle qui convient le moins pour le même objet. La houille de Beuthen, n^o. V, y est encore moins propre, et celle de Brzenskowitz en Silésie, n^o. IV, ainsi que les deux sortes de houille indiquées par les n^{os}. VIII et IX du tableau, sont très-mauvaises pour l'éclairage.

Au contraire, la houille de Kilkenny, n^o. X, doit obtenir la préférence sur toutes les autres, non pas à cause de sa teneur absolue en hydrogène, teneur qui n'atteint même pas celle du bois, mais parce qu'il s'y trouve en même temps un grand rapport de l'hydrogène à l'oxygène. C'est donc ce rapport, et ce n'est pas la quantité absolue du carbone considéré seul, non plus que la quantité de l'hydrogène ou de l'oxygène, qui, dans une houille, détermine son application à l'éclairage par le gaz. La houille de Kilkenny, n^o. X, contient 19 pour 100 d'oxygène, et la houille de Wellesweiler, n^o. VI, en contient moins de 15; cependant la première est peut-être une fois plus convenable que la seconde pour l'éclairage par le gaz.

Il est une substance que l'on rencontre toujours dans les formations de houille, et jamais dans les formations de lignite. Nous en avons déjà fait mention : c'est le charbon de bois minéral, combustible pulvérulent et d'une structure fibreuse, que les Allemands nomment *Faserkohle*, et que l'on a quelquefois nommé Anthracite, parce qu'on le regarde communément comme très-difficile à brûler. Cette substance est interposée dans la houille en lits tout-à-fait distincts, souvent très-minces, et toujours parallèles à la stratification des couches. Par un grand nombre d'essais, M. Karsten a reconnu que, dans cette substance, la teneur en charbon est plus grande que dans la houille qui provient de la même couche; il regarde comme certain que le charbon de bois minéral a contribué à la formation de la houille, et qu'une grande partie de cette dernière consiste dans cette même fibre végétale d'où résulte le charbon de bois minéral, conservé dans les empreintes de la houille. Le charbon de bois minéral, ajoute-t-il, est une seule et même substance avec la houille. Cela est si vrai, qu'on ne peut reconnaître que par les empreintes végétales, qui sont restées dans le combustible, la préexistence des fibres de plantes qui, dans l'état d'isolement, formèrent le charbon de bois minéral; mais, suivant l'auteur, le charbon de bois minéral n'est pas, à beaucoup près, d'une combustion aussi difficile qu'on le pense communément. Sous la moufle d'un fourneau d'essai, cette substance brûle avec une forte flamme, ce qui prouve qu'elle est très-éloignée de l'état de charbon pur. Le résidu en charbon qu'elle donne, à

la distillation par la voie sèche, est incomparablement plus facile à brûler que les cokes boursofflés de la houille.

A la vérité, dans l'ouvrage d'un haut-fourneau, le charbon de bois minéral, quand il s'y trouve entassé, résiste à l'action des machines soufflantes les plus actives; il reparait au sortir du fourneau sous l'aspect d'une poudre fine de charbon, que l'on nomme Poussier; il semble alors n'avoir subi aucune altération; mais le même effet aurait lieu si l'ouvrage du haut-fourneau était rempli de poussière de charbon de bois. C'est l'état pulvérulent qui fait agir le charbon de bois minéral comme s'il était incombustible, et qui, dans mainte circonstance, le rend dangereux pour le travail du haut-fourneau à fondre le fer. Les cokes eux-mêmes, en très-petits morceaux entassés et foulés les uns sur les autres, produisent un effet analogue, quoique moins complet.

La même différence que l'on observe dans la composition des houilles, on la retrouve dans celle du charbon de bois minéral. Quand ce charbon de bois se présente isolé entre les autres parties de la houille, il ne diffère de celle-ci que par une teneur en carbone, qui est beaucoup plus grande; mais sa composition se règle sur les rapports qui existent entre les parties constituantes de la masse de houille dans le sein de laquelle il se trouve interposé. Cela prouve que les mêmes circonstances furent en jeu pour la formation de l'une et de l'autre substance, mais que le charbon de bois minéral achevait plus promptement de se former, ce dont on ne peut chercher la cause que dans la nature originiaire des fibres végétales.

M. Karsten présente dans un tableau les résultats de quelques-uns des essais comparatifs auxquels il a soumis le charbon de bois minéral et la houille, provenant l'un et l'autre d'un seul et même point des mines. Voici quels furent les résultats de la distillation par la voie sèche, pour 100 parties de chacune des deux matières.

| Nos d'ordre. | LIEUX d'où proviennent les échantillons essayés. | CHARBON DE BOIS MINÉRAL. | | HOUILLE DES MÊMES POINTS | |
|-----------------|---|---|---|---|--|
| | | Résidu en Charbon, pour 100 parties. | Cendre provenant du résidu en Char- bon, pour 100 parties. | Reste en Charbon pur, pour 100 parties. Teneur en carbone. | Résidu en Charbon, après détéfaction faite de la cendre, pour 100 par- ties : Teneur en carbone. |
| 1 | Mine de Glücksbург, près Ibbenbüren... | 96 | 2,8 | 93,2 | 87,9 Coke pulvéulent. |
| 2 | Autre mine, (<i>ibid.</i>) | 95,3 | 2,2 | 93,1 | 81 Coke boursoufflé. |
| 3 | Mine du cercle de Westphalie..... | 97,4 | 1,66 | 95,74 | 91,4 Coke pulvéulent. |
| 4 | Mine des environs de Waldenburg (Basse- Silézie)..... | 91,9 | 3,95 | 87,95 | 59,8 Coke boursoufflé. |
| 5 | Mine de Königsgrube (Haute-Silézie)..... | 89,85 | 7,55 | 82,30 | 63,2 Coke fritté. |
| 6 | Mine de Pottschapel, près Dresde..... | 79,33 | 1,3 | 78,03 | 41 Coke boursoufflé |

On sait que, dans la distillation par la voie sèche, les houilles à coke boursoufflé, vu leur plus grande teneur en hydrogène, donnent toujours moins de charbon, à proportion, que celles des houilles, soit à coke fritté, soit à coke pulvéulent, qui ont réellement la même teneur en carbone que les premières. En se rappelant ce fait, on voit, par le tableau qui précède, que la teneur en carbone du charbon de bois minéral se règle entièrement sur la nature de la houille au sein de laquelle il se présente (1). Par exemple, de même que les nos. 1 et 2 du tableau portent l'un et l'autre le nombre 93 pour le reste en charbon pur, obtenu du charbon de bois minéral, le tableau porterait, au sujet de la houille des mêmes points, le nombre 87,9 de coke, aussi bien dans le no. 2 que dans le no. 1, si, dans les deux cas, la houille avait fourni un coke pulvéulent; mais, dans le second cas, la houille a fourni un coke boursoufflé, coke toujours moins abondant lorsqu'il y a égalité de teneur en carbone. Voilà pourquoi dans le no. 2, il n'y a que 81 de ce résidu en charbon, que l'on appelle coke. Le même raisonnement peut s'appliquer aux autres numéros du tableau.

On y remarque en outre, que, dans le charbon de bois minéral, la teneur en carbone varie de 78,03 à 95,74 pour 100; tandis que, pour les houilles des mêmes points (nos. 6 et 3), cette teneur varie de 41 en coke boursoufflé à 91,4 en coke pulvéulent. M. Karsten en conclut que le charbon de bois minéral contient souvent beau-

(1) Il paraît nécessaire de développer, par cet exemple, la pensée de l'auteur.

coup moins de carbone, que mainte houille. L'état pulvérulent du résidu que fournit la carbonisation du premier indique suffisamment, continue l'auteur, que, dans le charbon de bois minéral, la dose d'oxygène doit l'emporter de beaucoup sur celle d'hydrogène; enfin, l'examen du charbon de bois minéral lui paraît prouver que, dans la formation des houilles, quelques parties des fibres végétales avançaient plus rapidement que d'autres vers la carbonisation.

M. Karsten expose ensuite des considérations propres à fournir les moyens de deviner, en quelque sorte, la composition et les propriétés des houilles à leur seul aspect. Voici les principales idées de l'auteur :

Ce n'est que dans les houilles très-riches en carbone, que l'on remarque une certaine homogénéité de la masse. Toutes les houilles à faible teneur en carbone consistent en un mélange de charbons qui sont, les uns riches, les autres pauvres en carbone.

Quand une masse de houille se trouve interrompue, soit par des lits alternatifs de combustible plus riche ou plus pauvre en carbone, soit par des parois de fissures, soit par des lits interposés de charbon de bois minéral, ces circonstances peuvent souvent décider de l'emploi de cette houille pour tel ou tel objet. C'est d'après cette considération importante, de la manière d'être d'une masse de houille, que les minéralogistes ont distingué différentes sortes de ce combustible par des noms qu'il suffira de rappeler ici :

Houille piciforme, ayant l'éclat de la poix (*Pechkohle*);

Houille schisteuse (*Schieferkohle*);
 — compacte, ou de Kilkenny (*Kennelkohle*);
 — lamelleuse (*Blätterkohle*);
 — scapiforme (*Stangenkohle*);
 — grossière (*Grobkohle*).

Une alternation de lits de houilles, les unes plus riches, les autres plus pauvres en carbone, avec de fréquentes interpositions, soit de fissures, soit de cloisons, ou même une alternation souvent répétée de lits très-minces de charbon de bois minéral, qui divisent la masse du combustible, voilà ce qui fait dire, tantôt qu'une houille est schisteuse, tantôt qu'elle est lamelleuse, tantôt qu'elle passe de la houille schisteuse à la houille lamelleuse, selon que de tels effets sont moins ou plus nombreux. Si la disposition de la substance combustible en lits plus épais paraît demeurer constante à la simple vue, une houille riche en carbone, houille qui présente alors l'éclat de la poix et la cassure conchoïde, on la nomme houille piciforme, tandis qu'une houille pauvre en carbone et d'un aspect mat, on la nomme houille compacte de Kilkenny. Ces deux sortes de houille, l'une riche et l'autre pauvre, lorsqu'elles sont intimement unies l'une avec l'autre, et non pas disposées en lits alternatifs, figurent dans les méthodes minéralogiques sous la dénomination de houille grossière.

Si l'on veut attacher assez d'importance aux séparations de la masse du combustible pour en faire la base d'une classification des houilles, on peut sans doute continuer d'agir ainsi; mais alors il ne faut pas espérer que le nom donné au corps qu'il doit désigner en présente aux yeux une image exacte. Une houille schisteuse peut diffé-

rer autant d'une houille de ce même nom, que différent entre elles deux houilles piciformes, ou deux houilles compactes de Kilkenny; et celles-ci ne se montrent concordantes l'une avec l'autre, qu'à certains égards, tandis que, sous d'autres rapports, elles sont bien plus éloignées l'une de l'autre, qu'une houille lamelleuse ne l'est d'une houille piciforme, ou qu'une houille schisteuse ne l'est d'une houille compacte. La couleur, l'éclat, la fermeté et la dureté du combustible, telles sont ordinairement les seules propriétés desquelles on tire les caractères extérieurs et distinctifs des houilles; car la pesanteur spécifique est à cet égard un guide incertain, à cause des mélanges accidentels; mais ces propriétés elles-mêmes semblent ne pas suffire, si l'on demande qu'avec les caractères extérieurs la nature intime et la composition des houilles soient tout-à-la-fois déterminées; cependant la véritable difficulté git uniquement en ce que la houille est presque toujours un mélange d'un moins de deux sortes différentes, que l'on considère comme un tout homogène; mais ce n'est pas que la houille fasse exception à cette loi générale, qui veut que la composition chimique d'un corps inorganique se manifeste par ses propriétés extérieures.

Un noir intense, joint à un vif éclat ainsi qu'à une dureté considérable, voilà ce qui, dans les houilles, annonce toujours qu'elles contiennent beaucoup de carbone, et que l'oxygène y domine sur l'hydrogène. L'espèce de l'éclat détermine le rapport du carbone aux deux autres parties constituantes. L'éclat de la poix indique une moindre teneur en carbone; le passage de cet

éclat à l'éclat vitreux en indique une plus grande. Le noir, un vif éclat, avec peu de fermeté et de dureté, caractérisent les houilles riches en carbone, dans lesquelles s'est accru le rapport de l'hydrogène à l'oxygène; le noir, un aspect mat, une fermeté marquée, avec une certaine dureté, tels sont les signes indicatifs d'une houille moins riche en carbone, dans laquelle la dose d'oxygène l'emporte de beaucoup sur celle d'hydrogène. La couleur devient-elle d'un brun noirâtre? Cela signifie que le rapport de l'hydrogène à l'oxygène s'est accru. En même temps que le noir devient moins intense, la houille offre-t-elle un aspect plus mat et une dureté moindre, sa fermeté restant la même? C'est que le combustible contient encore moins de carbone, en même temps que la dose d'oxygène l'emporte sur celle d'hydrogène.

Vent-on, d'après ce qui précède, déterminer positivement la nature d'une houille? Il paraît suffisant d'indiquer si la masse est homogène, ou non, et comment se comportent la couleur, l'éclat, la fermeté et la dureté. En cas de besoin, la carbonisation fera connaître la quantité et la manière d'être du résidu en charbon; elle achèvera ainsi de révéler la composition du combustible.

Quant à la pesanteur spécifique des houilles, elle offre peu de moyens de les caractériser, non-seulement à cause des mélanges accidentels, mais à cause de toutes les circonstances variables qui accompagnèrent leur formation. A la vérité, les houilles très-riches en carbone ont ordinairement une grande pesanteur spécifique; mais

ce n'est que dans les cas où l'oxygène y prédomine sur l'hydrogène. Si la dose de ce dernier augmente, alors les houilles très-riches en carbone offrent souvent une pesanteur spécifique beaucoup moindre, que les combustibles dans lesquels la teneur en carbone est faible. On peut admettre comme une règle générale, qu'à égalité de teneur en carbone, les combustibles minéraux qui ont la moindre pesanteur spécifique sont toujours ceux dans lesquels le rapport de l'hydrogène à l'oxygène est le moindre qu'il se peut.

M. Karsten termine ses recherches générales sur les combustibles minéraux par un examen de l'anhracite et du graphite, aussi nommé *Plombagine*.

L'auteur pense que les combustibles connus sous la dénomination d'Anhracite, soit de Schœnfeld, soit de Lischwitz en Saxe, soit de Visé près Liège, ne sont autre chose qu'une houille qui présente une très-grande teneur en carbone. Il est porté à soupçonner que le graphite et la véritable anhracite, celle de Rhode-Island, furent originairement des substances analogues à la houille; mais que dans ces substances la désunion des parties constituantes de la houille est tellement avancée, qu'aujourd'hui ces mêmes substances sont presque toutes parvenues à l'état de charbon pur. Des expériences, auxquelles M. Karsten s'est livré à cet égard, il conclut que l'on regarde à tort le graphite naturel comme un carbure de fer, et qu'il ne faut pas confondre cette substance avec le graphite que l'on obtient artificiellement dans le travail des hauts-

fourneaux. Cette dernière substance, dit l'auteur, se rapproche beaucoup plus de l'anhracite par son éclat, par sa dureté; par sa résistance à la combustion, que du graphite naturel. Les deux espèces de graphite n'ont peut-être été confondues en une seule, que parce qu'elles ont l'une et l'autre la propriété de tacher les doigts. Peut-être le graphite des hauts-fourneaux, par la force de son éclat, par la difficulté de sa combustion, offre-t-il une transition de l'anhracite et du graphite naturel au diamant.

D'après les recherches de l'auteur, le graphite naturel de Borrowdale, en Angleterre, contient tout au plus 15 pour 100, de parties terreuses qui consistent en silice, argile, oxide de fer, oxide de manganèse, magnésie et oxide de titane, avec une trace de chrome et de chaux; mais la teneur en oxide de fer ne s'élève jamais au-dessus de 2,75 pour 100. Ainsi dans 100 parties de graphite il se trouverait tout au plus 1,9 pour 100 de fer métallique, au lieu qu'ordinairement on regarde cette substance comme composée de 95 parties de charbon et de 5 de fer.

Le graphite naturel n'est donc plus un carbure, pour M. Karsten; c'est un charbon dont la pureté se trouve altérée par un mélange accidentel de roches qui contiennent du fer. L'auteur en conclut que désormais il ne faut plus chercher à expliquer les différences qui existent entre le graphite naturel, l'anhracite, le diamant et le graphite artificiel, par la teneur en fer, que l'on observe dans la première et dans la dernière de ces substances. Avouons plutôt, ajouta-t-il, que nos connaissances ne suffisent pas encore pour nous dévoiler la cause des phénomènes

combustibles minéraux. (*Voyez le Tableau ci-contre.*)

Il est remarquable que, sauf une seule exception, chacune des houilles que fournissent les nombreuses mines de la Prusse offre une certaine analogie de composition avec quelqu'une des houilles qui ont été analysées chimiquement par l'auteur. L'exception qui vient d'être indiquée se rapporte à la houille compacte de Kilkenny, dite *Kennelkohle* d'Angleterre. Il paraît que la Prusse ne possède pas cette variété de combustible minéral; car, aucune des analogies indiquées dans les deux cent cinquante-neuf résultats de carbonisation, que réunit l'ouvrage de M. Karsten, ne renvoie au Numéro correspondant de ses analyses chimiques, N^o. IX, qui, dans notre tableau général, page 146, est devenu le N^o. X.

L'utilité des recherches auxquelles s'est livré M. Karsten, sur les combustibles en général, ne se bornera pas aux mines de la Prusse, que l'auteur avait principalement en vue; elle s'étendra aux mines de la France; on doit l'espérer en voyant l'activité des ateliers français, et de toutes ces grandes entreprises qui vont leur faciliter les transports. A combien de concessionnaires de mines, à combien de manufacturiers et de grands consommateurs de houille ne sera-t-il pas avantageux, en France, de connaître les résultats de ces recherches, de les méditer, de les appliquer aux produits de nos abondantes exploitations! Un semblable contrôle doit tourner au profit des arts et des sciences tout-à-la-fois; on les verra se prêter un mutuel appui, afin de marcher plus sûrement vers le bien général.

VARIÉTÉS DE HOUILLES

as la Collection de l'Éc

OBSERVATIONS CI-CONTRE.

ect lamelleux passant à l'aspect minéral. Si elle n'avait pas la propriété de se boursoufler, elle ne pourrès houilles de la Haute-Silésie.

ect éclatant; houille très-fenent pour le feu de flamme.

ange de plusieurs variétés de llée; il s'y trouve des lits de charbon de bois minéral; elle n'est pas susces houilles du canton.

ect lamelleux passant à l'aspement des surfaces lisses avec des rayons vergens; elle est très-propre

ange de houilles plus ou moins houille est divisée en bandes par des lits de charbon de bois minéral. Lar la conversion en coke.

ille très-fendillée qui tombe i en coke.

ect éclatant; houille très-fissuéal; cette houille est impropre à être

TABLEAU CONCERNANT LES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE HOUILLE DE LA PRUSSE.

(Voyez les échantillons de ces houilles et cokes , dans la Collection de l'École royale des Mines.)

| Numéros d'ordre. | DÉSIGNATION DE LA HOUILLE d'après la carbonisation. | LIEUX d'où proviennent LES HOUILLES ci-contre. | PESANTEUR spécifique, l'eau étant I. | QUANTITÉ DE | | | ANALOGIE DE COMPOSITION AVEC LES HOUILLES DES NUMÉROS CI-DESSOUS (voyez page 146). | OBSERVATIONS SUR LES HOUILLES DÉSIGNÉES DANS LES PREMIÈRES COLONNES CI-CONTRE. |
|------------------|---|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|---|--|
| | | | | COKE pour 100 de houille en poids. | CHARBON contenu dans le coke ci-contre. | CENDRE obtenue du coke ci-contre. | | |
| 1 | Houille à coke boursoufflé | Sabrze (Haute-Silésie) | 1,28484 | 68,1 | 66,2 | 1,9 | N ^o . VI, Wellesweiler, pays de Saarbruck. Aspect lamelleux passant à l'aspect de la poix; houille qui contient quelques lits minces de charbon de bois minéral. Si elle n'avait pas la propriété de se boursouffler, elle ne pourrait être convertie en coke; mais cette propriété en fait une des meilleures houilles de la Haute-Silésie. | |
| 2 | — fritté | Czernitz (<i>ibidem</i>) | 1,2736 | 66,5 | 64,95 | 1,55 | N ^o . V, Königsgrube près Beuthen. Aspect éclatant; houille très-fendillée, ce qui la rend impropre à être convertie en coke; mais elle convient pour le feu de flamme. | |
| 3 | — pulvérulent | Zalenze (<i>ibid.</i>) | 1,3172 | 67,5 | 65,08 | 2,42 | N ^o . IV, Brzenskowitz, Haute-Silésie. Mélange de plusieurs variétés de houille, tantôt éclatantes et noires, tantôt mattes et pâles; houille fendillée; il s'y trouve des lits de charbon de bois minéral; elle n'est pas susceptible d'être convertie en coke; c'est en général, une des plus mauvaises houilles du canton. | |
| 4 | — boursoufflé | Waldenburg (Basse-Silésie) | 1,3043 | 67,5 | 65,0 | 2,5 | N ^o . VI. Aspect lamelleux passant à l'aspect schisteux; cette houille est peu fendillée; mais elle présente intérieurement des surfaces lisses avec des rayons divergens; elle est très-propre à être convertie en coke. | |
| 5 | — fritté | Fuchsgrube (<i>ibid.</i>) | 1,3251 | 70,0 | 64,8 | 5,2 | Entre IV et V. Mélange de houilles plus ou moins éclatantes; aspect lamelleux, passant à l'aspect schisteux. La couche de houille est divisée en bandes par des lits de charbon de bois minéral. La houille est très-fendillée, très-fissurée; elle ne convient nullement pour la conversion en coke. | |
| 6 | — pulvérulent | (<i>ibid.</i>) | 1,3782 | 59,1 | 57,0 | 2,0 | N ^o . IV. Houille très-fendillée qui tombe en miettes. Ce n'est qu'un poussier de houille, qui ne saurait être converti en coke. | |
| 7 | — pulvérulent | Abendroethe (<i>ibid.</i>) | 1,3114 | 81,0 | 76,8 | 4,2 | Entre IV et IX. Aspect éclatant; houille très-fissurée; la couche est divisée en bandes par des lits de charbon de bois minéral; cette houille est impropre à être convertie en coke. | |
| 8 | — boursoufflé | Wettin (Saale) | 1,4995 | 79,98 | 62,98 | 17,0 | N ^o . XI, Newcastle, pour le rapport de l'hydrogène à l'oxygène, et N ^o . VII, Essen, quant au rapport du carbone à l'oxygène et à l'hydrogène. Aspect lamelleux; houille éclatante, plus ou moins fendillée, qui souvent, à cause des impuretés entassées dans les fissures du combustible, prend l'aspect d'une houille compacte. Quelquefois la teneur en cendre s'y élève jusqu'à 29,4 pour 100; elle y est en général au moins de 5 pour 100. C'est un grave inconvénient pour l'emploi des cokes dans les fourneaux à cuve. | |
| 9 | — fritté | Loebejün (<i>ibid.</i>) | 1,4319 | 89,5 | 80,0 | 9,5 | N ^o . VIII, Essen, sauf qu'ici le rapport du carbone est un peu moindre. Aspect lamelleux; houille plus ferme et plus dure que celle de Wettin, N ^o . 8. Elle est fendillée; mais ce qui la rend sur-tout impropre à être convertie en coke, c'est la teneur en cendre, qui s'élève quelquefois à 20 pour 100. | |
| 10 | — boursoufflé | { Sulzbach-Duttweiler } { (pays de Saarbruck.) } | 1,25537 | 68,2 | 67,65 | 0,55 | { N ^o . VI, Sauf qu'ici le rapport de l'hydrogène à l'oxygène est peut-être un peu plus fort. } { Aspect schisteux avec plus ou moins d'éclat; très-faibles lits interposés de charbon de bois minéral, qui le plus souvent fait corps avec la houille, en s'y confondant; houille éminemment propre à être convertie en coke, et d'ailleurs très-convenable pour tout service, comme la plupart des houilles de ce pays, lesquelles en général, avec une teneur moyenne en carbone, ont une faible teneur en cendre. } | |
| 11 | — pulvérulent | Geislautern (<i>ibid.</i>) | 1,3279 | 62,1 | 58,2 | 3,9 | Entre IV et V. Mélange de houille d'un aspect éclatant et de houille d'un aspect mat, qui contient fréquemment des lits interposés de charbon de bois minéral; houille très-fendillée, dont les fissures sont remplies de mélanges étrangers. Le premier de ces inconvénients suffirait déjà pour la rendre impropre à la conversion en coke; mais elle convient pour le chauffage ordinaire. | |
| 12 | — pulvérulent, presque nul | Bardenberg (pays d'Aix-la-Chapelle) | 1,3317 | 94,2 | 92,3 | 1,9 | N ^o . IX, Essen. Aspect d'un éclat vitreux; houille dure et ferme, quelquefois schisteuse; elle brûle difficilement; elle pourrait convenir à la conversion en coke, si ce n'était que, vu la forte chaleur qu'exigerait la carbonisation de cette houille, où le rapport de l'oxygène et de l'hydrogène est très-faible, elle serait trop attaquée par le courant d'air qui la ferait brûler, pour que toute sa masse pût se convertir en coke. | |
| 13 | — très-boursoufflé | Eschweiler (<i>ibid.</i>) | 1,3045 | 81,3 | 79,55 | 1,75 | N ^o . VII, Essen, ou XII, Eschweiler. Aspect d'un noir intense; houille peu ferme et peu dure, dont la masse est homogène, mais très-fendillée, très-divisée par des lits de charbon de bois minéral. La propriété de se boursouffler, jointe à une forte teneur en carbone, range cette houille parmi les meilleures de la Prusse. Sans cette propriété, elle serait peu susceptible d'emploi. | |
| 14 | — boursoufflé | Essen (la Mark) | 1,2757 | 78,6 | 78,5 | 0,1 | N ^o . VII, Essen. | |
| 15 | — boursoufflé, passant au coke fritté | Werden (<i>ibid.</i>) | 1,3277 | 89,1 | 88,4 | 0,7 | Entre VII et VIII. Aspect éclatant; houille compacte, homogène et de très-bonne qualité. En général dans les houilles de cette contrée, qui toutes conviennent pour le feu de flamme, la faculté de fournir des cokes en morceaux, d'un volume suffisant, dépend de leur manière d'être quant aux fissures et au charbon de bois minéral, qui s'y trouvent avec plus ou moins d'abondance. | |
| 16 | — pulvérulent | (<i>ibid.</i>) | 1,3376 | 92,8 | 92,2 | 0,6 | N ^o . IX. | |
| 17 | — fritté | Hoerden (<i>ibid.</i>) | 1,31195 | 80,5 | 78,8 | 1,7 | Entre V et VIII. | |
| 18 | — boursoufflé | { Glücksburg (pays de } { Tecklenbourg-Lingen) } | 1,2970 | 86,7 | 83,6 | 3,1 | { N ^o . XII, pour le carbone, et quant au rapport de l'hydrogène à l'oxygène, entre les N ^{os} . VI et VII. } { Aspect éclatant; houille homogène, mais très-peu ferme, très-fendillée, très-abondante en charbon de bois minéral. Si elle n'avait pas la propriété de se boursouffler, elle serait peut-être incapable de tout service; mais cette propriété en fait une houille excellente, dont les cokes sont de la meilleure qualité pour le travail des fourneaux à cuve. (Voyez Eschweiler ci-dessus, N ^o . 13.) } | |
| 19 | — pulvérulent | Buchhotz (<i>ibid.</i>) | 1,3657 | 94,7 | 89,5 | 5,4 | { Près de N ^o . IX, sauf qu'ici le rapport du carbone à l'oxygène et à l'hydrogène est moindre. } { Aspect éclatant; houille ferme et dure, dans laquelle abondent le charbon de bois minéral et l'argile schisteuse. C'est un combustible très-médiocre, même pour les foyers de ménage. } | |
| 20 | — boursoufflé | { Frotheim (pays de } { Minden) } | 1,5167 | 91,7 | 84,5 | 7,2 | { Près de N ^o . IX. } { Aspect éclatant qui s'approche de l'éclat métallique; houille très-fendillée; ses fissures sont remplies de petits cristaux d'une substance blanche. Cette houille brûle sous la moufle avec une faible flamme bleuâtre. Sa cendre contient beaucoup de chaux, et ses cokes un peu de soufre. C'est un combustible de la plus mauvaise qualité. } | |

ÉTAT CERNANT LES PRINCIPALES

Foyez les observations de nos feuilles et celles des

| Année | Quantité | Observations | Unité |
|-------|------------|--------------|--------------------|
| 1825 | 14.000.000 | | quintaux métriques |
| 1826 | 14.500.000 | | quintaux métriques |
| 1827 | 15.000.000 | | quintaux métriques |
| 1828 | 15.500.000 | | quintaux métriques |
| 1829 | 16.000.000 | | quintaux métriques |
| 1830 | 16.500.000 | | quintaux métriques |
| 1831 | 17.000.000 | | quintaux métriques |
| 1832 | 17.500.000 | | quintaux métriques |
| 1833 | 18.000.000 | | quintaux métriques |
| 1834 | 18.500.000 | | quintaux métriques |
| 1835 | 19.000.000 | | quintaux métriques |
| 1836 | 19.500.000 | | quintaux métriques |
| 1837 | 20.000.000 | | quintaux métriques |
| 1838 | 20.500.000 | | quintaux métriques |
| 1839 | 21.000.000 | | quintaux métriques |
| 1840 | 21.500.000 | | quintaux métriques |

Pour espérer ces heureux effets, il suffit de se rappeler que, des principales mines de la France, qui sont en exploitation dans vingt-trois départemens, on extrait, par année commune, environ 14 millions de quintaux métriques ou hectolitres de houille; sans parler de quelques autres départemens dans lesquels on commence à se livrer avec ardeur, soit à l'exploitation, soit à la recherche des combustibles minéraux.

A cette quantité de houille extraite de son propre sol, la France, en 1824, ajouta par l'importation 4.615.665 quintaux métriques de houille étrangère, tandis que son exportation du même combustible ne fut que de 64.000 quintaux métriques (Voyez les *Etats des Douanes*, imprimés pour l'année 1824.) Ainsi, la consommation de houille s'élève annuellement en France à peu-près à 19 millions de quintaux métriques.

Sur ce total, une fabrication constatée de 442.000 quintaux métriques de fer affiné à la houille, et traité au laminoir suivant les nouveaux procédés, consomme annuellement 1.060.800 quintaux métriques de ce combustible, sans compter ce qu'exigent les autres opérations des nombreuses forges de la France, ou des autres ateliers métallurgiques, et notamment le service de plusieurs hauts-fourneaux qui sont déjà en activité pour la fusion du minerai de fer par le moyen du coke, tandis que d'autres s'élèvent dans plusieurs départemens. Par-tout, l'usage du précieux combustible se répand de plus en plus: en 1825, la ville de Paris consomma 748.073 quintaux métriques de houille; en 1820, la consommation n'y avait pas excédé 513.797 quintaux métriques. Dans la ville de Lyon, il se consomme annuelle-

ment 2 millions de quintaux métriques ou hectolitres de houille. (Voyez le *Rapport à la Chambre de Commerce de Paris, sur l'approvisionnement de la Capitale en Charbon de terre. Paris, avril 1826, pag. 2 et 18.*)

De telles données paraissent propres à faire désirer que l'industrie française profite des intéressantes recherches de M. Karsten sur les combustibles minéraux. L'attention que l'Académie royale des Sciences vient d'accorder à la traduction abrégée de cet ouvrage permet d'espérer qu'il se répandra dans nos ateliers sous des auspices favorables,

ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LE COMMENCEMENT DU PREMIER TRIMESTRE DE 1826.

ORDONNANCE du 6 janvier 1826, portant concession des mines d'antimoine d'Ouche, situées dans la vallée de ce nom (Cantal).

Mines d'antimoine d'Ouche.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc. ;

ART. 1^{er}. Il est fait concession au sieur Berthier des mines d'antimoine d'Ouche, situées dans la vallée de ce nom, communes de Saint-Victor et Auriac, département du Cantal.

ART. II. Cette concession, comprenant une étendue superficielle d'un kilomètre carré soixante-dix hectares, est et demeure limitée conformément au plan joint à la présente ordonnance, comme il suit ; savoir :

Au sud-sud-est, par une ligne droite partant du village de Chabannes et aboutissant à celui de Bussas ;

Au sud-est, par une seconde droite partant de Bussas et arrivant au village d'Ouche ;

Au nord-est, par une troisième ligne droite, dirigée du village d'Ouche à celui de Chantegeay et terminée à deux cent quatre-vingt-trois mètres de distance avant ce dernier village, par un point B marqué sur le plan, où il sera planté une borne ;

Au nord-ouest, par une ligne droite partant du point B ci-dessus et se terminant au rocher marqué A sur le plan, à sept cent trente mètres de distance occidentale de Chabannes, et à neuf cent vingt mètres de Bussas ;

Au sud-ouest, par une ligne droite, partant du rocher A, et se terminant au village de Chabannes, point de départ.

ORDONNANCE du 6 janvier 1826, portant que le sieur François Bureau est autorisé à convertir l'ancienne forerie du Gond, située sur

Usines à fer du Gond.

la rivière de Touvre, commune de l'Houmeau (Charente), en une usine à battre le fer, et que la consistance de cette usine est et demeure fixée à cinq foyers de forges à bras et à deux martinets du poids de 50 à 55 kilogrammes chacun, conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance.

Taillanderie
de Renage.

ORDONNANCE du 6 janvier 1826, portant que le sieur François Tournier, propriétaire de forges à Renage (Isère), est autorisé à établir une taillanderie près desdites forges, et sur le même cours d'eau, conformément aux plans joints à la présente ordonnance. Dans cette usine, qui sera composée de deux petits fours de forges, avec leurs soufflets et un martinet, pour étirer l'acier, l'impétrant ne pourra employer aucun autre combustible que de la houille.

Verrerie
de Fresnes.

ORDONNANCE du 6 janvier 1826, portant autorisation d'établir une verrerie en la commune de Fresnes (Nord).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc. ;

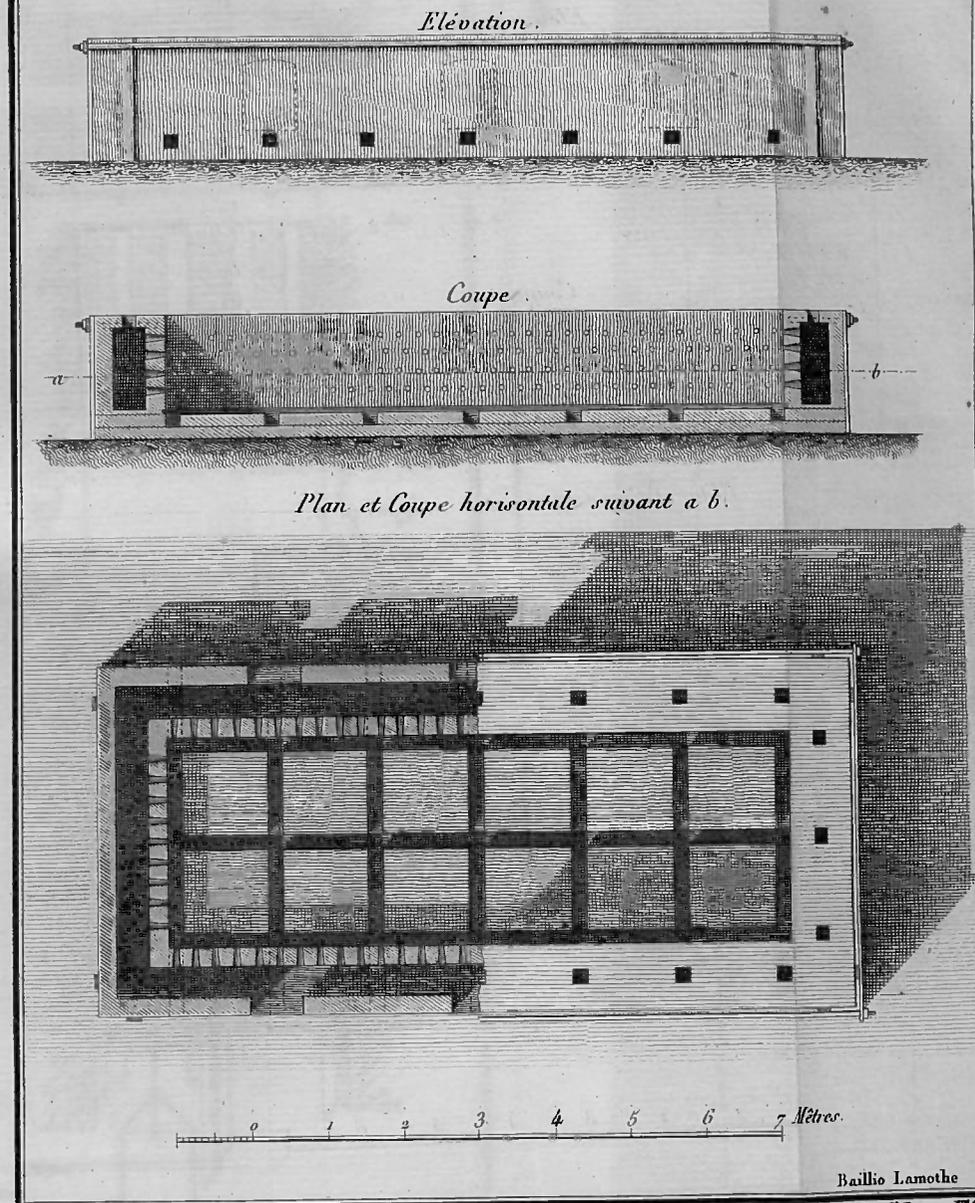
ART. Ier. Le sieur Duguolle (Grégoire) est autorisé à établir à Fresnes, département du Nord, et à l'emplacement indiqué au plan joint à sa demande, une verrerie pour la fabrication des bouteilles et du verre à vitres.

ART. II. Cette verrerie sera composée de deux fours contenant chacun huit pots, ayant soixante-dix-huit centimètres de hauteur sur soixante-dix-huit centimètres de diamètre.

L'un de ces fours servira à la fabrication du verre à vitres, et l'autre à la fabrication du verre à bouteilles.

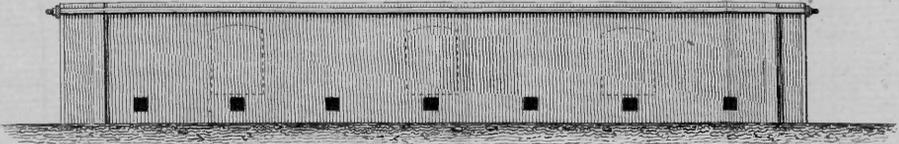
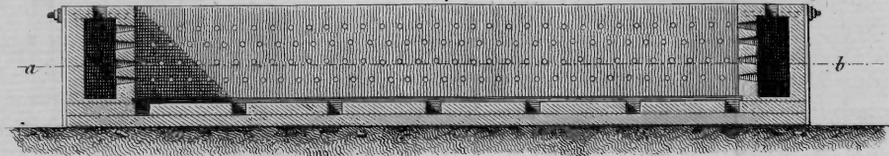
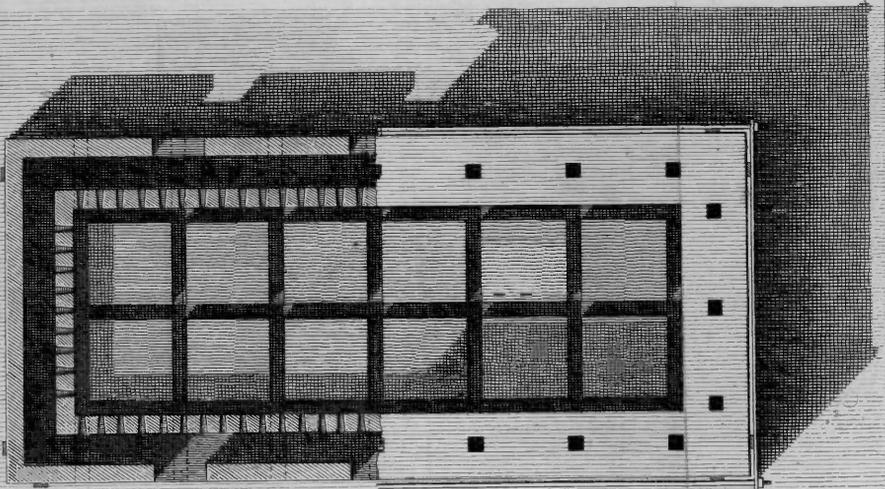
Les cheminées de la verrerie seront rendues fumivores et élevées à une hauteur de vingt-quatre mètres au-dessus du sol. La construction en sera vérifiée et approuvée par l'ingénieur des mines de l'arrondissement, avant la mise en activité des fourneaux.

Fourneau de Grillage de Védrin.



Baillio Lamothe

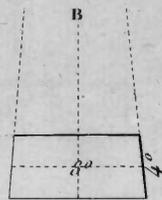
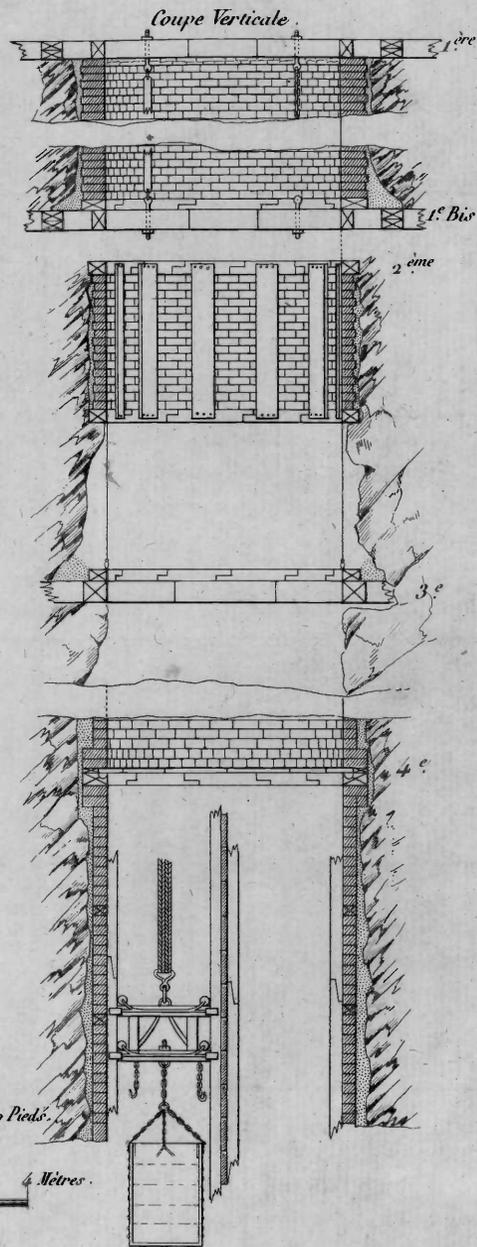
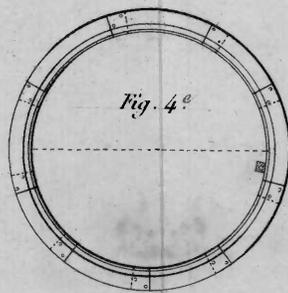
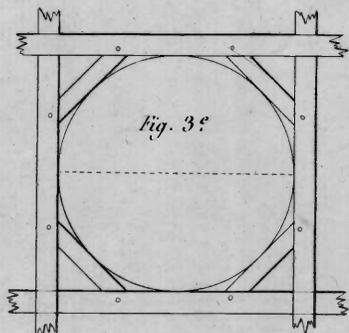
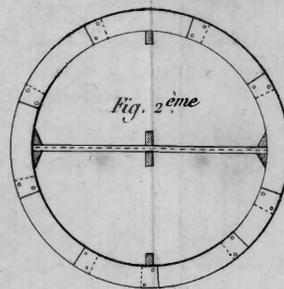
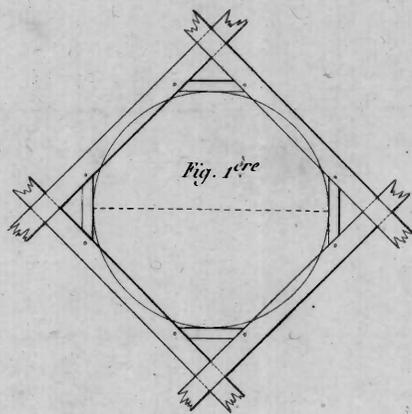
Fourneau de Grillage de Védrin.

Élévation.*Coupe.**Plan et Coupe horizontale suivant a b.*

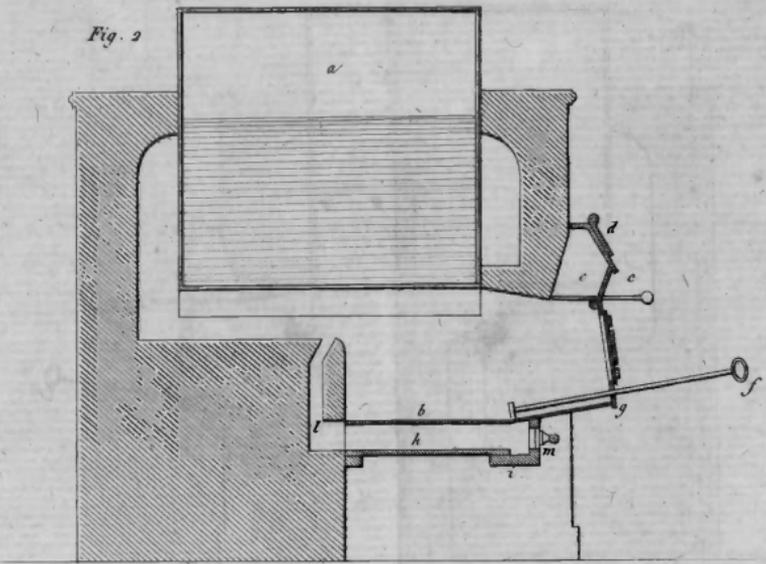
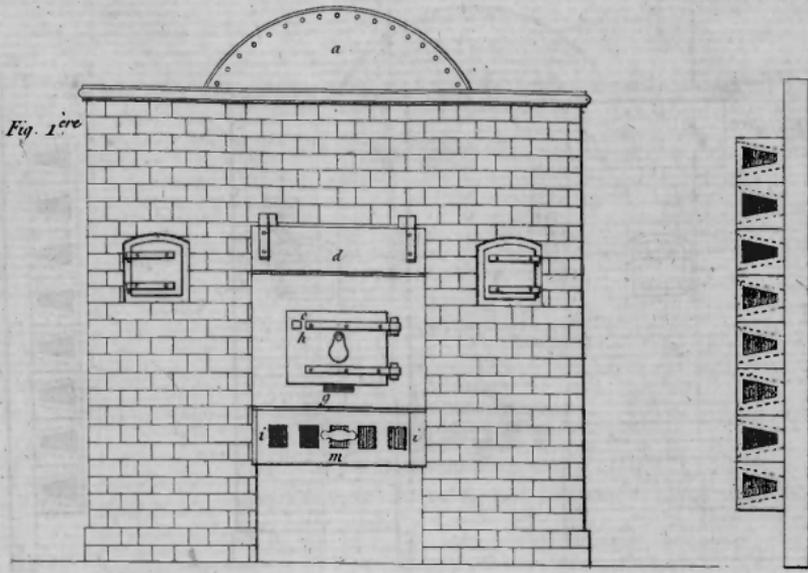
0 1 2 3 4 5 6 7 Mètres.

Baillio Lamothe

Sur le Muraillement des Puits.
à fins



Fourneau Fumivore, par M. Chapman.



MÉMOIRE

Sur les terrains de la chaîne jurassique;

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

Introduction.

LA plupart des descriptions géologiques modernes constatent l'existence des terrains jurassiques (1) sur une immense étendue, en France, en Allemagne, en Italie, en Angleterre et jusqu'en Amérique. Ces dépôts, dont l'ensemble forme une partie considérable des terrains secondaires, se composent principalement de plusieurs grandes séries de bancs marneux et calcaires, qui présentent entre eux de telles analogies, qu'il est souvent impossible de faire la distinction de roches situées à de grandes distances géognostiques. Si je fais observer que ces terrains très-morcelés ne se rencontrent ordinairement que par lambeaux plus ou moins incomplets, et que leurs parties, diversement limitées par les naturalistes, ont reçu dans plusieurs nations des noms différens, on concevra toute la difficulté de faire le rapprochement de ces descriptions parcellaires, et de caser chaque terrain au rang qu'il doit occuper suivant l'ordre de sa formation.

Divergence d'opinions des géologues sur les terrains jurassiques.

Cette difficulté se trouve démontrée par l'examen qu'a fait M. de Bonnard de tous les écrits des géologues sur les terrains jurassiques pour

(1) Cette expression est employée dans son acception la plus étendue.



parvenir à fixer l'horizon géognostique des terrains secondaires de la Bourgogne, ce savant géologue est arrivé à ce résultat : « Qu'au milieu d'avis » aussi différens, il serait difficile de se former » une opinion autre que celle qui s'appuierait » sur des observations qu'on aurait faites soi-même. »

Cet examen approfondi, fait par M. de Bonnard, ne sera cependant pas un travail sans fruit : en faisant connaître aux auteurs de ces écrits les points de divergence qui existent dans leurs opinions, il portera quelques-uns d'entre eux à appuyer leur manière de voir sur de plus grands développemens, ou à la modifier à la suite de nouvelles observations, et l'on verra s'éclaircir enfin tous les doutes élevés sur la composition de terrains qui n'offrent pas moins d'intérêt sous le rapport économique que sous le point de vue géologique.

Circonstances qui ont donné lieu à la rédaction de ce Mémoire.

Éloigné du Jura depuis plusieurs années, j'éprouve aujourd'hui le regret de ne pouvoir compléter un travail assez considérable, que j'avais entrepris pour la description de tous les terrains que présente la chaîne depuis son pied jusqu'à son sommet, et dont mon *Mémoire sur les environs de Lons-le-Saulnier* était l'esquisse pour une partie seulement de cette chaîne.

Si j'avais terminé ce travail comme je l'ai conçu, l'opinion que j'ai émise sur la division de tous ces terrains en deux seules formations, et sur l'existence dans la seconde de plusieurs groupes de terrains analogues et supérieurs à ceux que j'ai décrits sous le titre de premier étage de la formation oolithique, eût au moins été étayée de faits et de développemens que ne

comportait pas le cadre trop étroit dans lequel je me suis renfermé.

Mais en rappelant à mon souvenir des montagnes que j'ai long-temps parcourues, et en consultant mes notes, quoique incomplètes et anciennes, je puis du moins rassembler quelques faits généraux, qui ne seront peut-être pas dépourvus de toute espèce d'utilité pour l'étude de ces terrains.

Les masses dominantes de terrains dans ces montagnes sont de vastes plateaux disposés en gradins parallèles à la chaîne, de longues côtes horizontales, des crêtes élevées, des buttes coniques, toutes visiblement détachées des plateaux, et qui sont principalement composées de calcaires blancs.

Qu'on se représente les vallées longitudinales fort larges, les vallées transversales plus resserrées et les gorges qui séparent ou découpent ces masses ; qu'on songe que leur aspect uniforme est un effet combiné de l'existence d'épaisseurs considérables de lits de marne au-dessous des massifs de calcaires [durs et de la stratification originairement horizontale de toutes ces masses, alors on aura une idée générale de cet ensemble.

Les calcaires blancs et gris blanchâtres, qui, par leur désaggrégation, donnent aux cimes jurassiques cette teinte uniforme qui contribue aussi à les faire reconnaître, n'occupent pas seulement le sommet des plateaux, mais ils composent la majeure partie de leur masse. Ils passent graduellement, dans leur partie inférieure, à des calcaires gris, jaunâtres, bleuâtres, gris noirâtres, jaunes rougeâtres, à des bancs de mine de fer, et enfin à des marnes tendres, d'une

Coup-d'œil général sur les montagnes du Jura.

teinte généralement bleu d'ardoise, qui forment toujours, avec des bancs calcaires subordonnés, une hauteur considérable au-dessous des massifs de roches solides.

Les déchiremens du premier gradin laissent apercevoir dans les intervalles de ses lambeaux, au pied de toute la chaîne, un autre système de calcaires et de marnes (avec bancs calcaires et gypseux subordonnés), qui sont entièrement distincts des précédens, et que l'on désigne sous les noms de calcaire à gryphées arquées et de marnes bigarrées ou irisées.

Limite des terrains décrits dans mon Mémoire sur les environs de Lons-le-Saulnier.

Dans mon *Mémoire sur les environs de Lons-le-Saulnier*, je n'ai décrit que ce second système de terrains et le premier gradin seulement du système de calcaires blancs.

Ce premier gradin, d'une largeur moyenne de 7 kilomètres, est limité au sud-est de la ville par la côte longitudinale de Mirbel, qui est droite et sensiblement horizontale sur une étendue de 2 myriamètres et demi.

Mes observations m'ont fait reconnaître, dans toute la chaîne, les deux formations que j'ai indiquées dans cette étendue bornée, et que j'ai partiellement décrites.

Acception dans laquelle est employé le mot formation.

Le mot *formation*, dans l'acception que je lui ai attribuée, n'exprime pas une section artificielle, mais une division naturelle des terrains. Pour rendre ma pensée d'une manière plus explicite, je dirai que, d'après ma manière de voir, le système des terrains que j'ai désignés sous le nom de calcaire oolithique a commencé à être déposé, non pas immédiatement après le dépôt des derniers bancs de la formation du calcaire à gryphites, mais après l'action de la cause qui

indubitablement a dérangé ces derniers terrains de leur position primitive pour les renverser dans leur situation actuelle.

Je pense que tous les terrains de la formation oolithique qui composent les différens gradins de la chaîne ont été successivement déposés sans interruption sur une chaîne préexistante jusqu'aux derniers bancs de calcaires blancs qui couronnent cette masse de montagnes; la position secondaire dans laquelle se trouvent aujourd'hui les terrains oolithiques, me paraissant due à une cause destructive, dont l'action n'aurait commencé qu'après la cessation de la cause formatrice de la totalité de ces terrains.

On voit donc que la plus ou moins grande différence qui peut exister dans la composition des terrains n'est point entrée en considération dans la division par formation que j'ai adoptée, et l'on conçoit comment, tout en reconnaissant avec M. de Bonnard que le système de marnes inférieur aux calcaires blancs présente, avec l'ensemble de ceux-ci, une différence plus grande relativement à la nature des roches qu'avec les terrains du calcaire à gryphites, j'ai dû placer la ligne de séparation des deux formations entre le calcaire à gryphites et ces marnes, et non entre celles-ci et les calcaires blancs.

J'ai tracé dans cette Introduction l'étendue géognostique comparative des terrains décrits dans mon *Mémoire sur les environs de Lons-le-Saulnier* et de ceux que le présent travail doit embrasser.

J'arrive maintenant à l'objet spécial de ce Mémoire, qui est de rassembler les faits généraux que j'ai pu observer jusqu'ici dans la chaîne du

Objet spécial de ce Mémoire.

Jura, pour en déduire la nature et la disposition de tous les terrains qui la composent, et indiquer leurs rapports avec les terrains analogues qui ont été décrits dans d'autres contrées.

Terrains à gryphites.

Rapports avec les terrains de marnes argileuses, de lumachelle et de calcaire à gryphées de la Bourgogne.

Je dois regretter d'avoir décrit trop succinctement les terrains à gryphites ; car, mieux caractérisés, ils auraient présenté à M. de Bonnard de plus grands rapports avec ceux de la Bourgogne. Je puis dire qu'à cela près, des mouches, veinules ou géodes cristallines de feldspath, de quartz, de baryte sulfatée, de plomb sulfuré, de chaux fluatée et de lithomarge, qui se trouvent dans la Bourgogne, depuis le calcaire à gryphées inclusivement jusqu'au granit, et dont je n'ai aperçu aucune trace dans le Jura, la description des second et troisième groupes de terrains de M. de Bonnard me semblerait avoir été faite sur les terrains à gryphites dans le Jura même.

Les couches minces de calcaire marneux compacte, d'un gris verdâtre, à grain assez serré, qui alternent avec des couches d'argile grasse dans la vallée du Serein, sont, à la couleur près, absolument semblables aux veines ou couches très-minces de calcaire argilieux blond, qui, dans le Jura, se lient avec les premiers bancs de calcaire à gryphées : ce qui rend sur-tout l'analogie remarquable, c'est que ce calcaire forme souvent, au lieu de lits réguliers, des *rogions aplatis* ou des plaques discoïdes parallèles aux couches.

Peut-être aurais-je dû faire connaître, en décrivant la lumachelle, que parmi les couches remplies de coquilles brisées peu déterminées,

il s'en trouve qui renferment presque uniquement de petites bivalves d'une même espèce, qui sont disposées parallèlement aux couches, et que j'ai rapportées au genre *Venus*, sans songer si elles pouvaient appartenir au genre *unio* : alors M. de Bonnard aurait sans doute trouvé plus d'analogie entre la lumachelle de Bourgogne et celle du Jura. Je crois avoir reconnu quelques petits peignes striés ou des plagiostomes associés à la coquille dominante. Cette couche particulière peut être observée auprès de Lons-le-Saunier, sur la butte du Piémont, du côté de Villeneuve.

La lumachelle dure, dans laquelle les coquilles brisées se confondent avec la roche de manière à n'être presque pas visibles, ressemble beaucoup au calcaire à gryphées, et représente probablement les couches, qui, dans la Bourgogne, semblent *intermédiaires au calcaire à lumachelle et au calcaire à gryphites.*

Le grès impressionné, dans le Jura, montre fréquemment de petites cavités remplies d'une substance végétale carbonisée et pulvérulente, comme on l'observe à *Nam-southil*.

J'ajouterai qu'ayant visité ces couches arénacées avec M. l'ingénieur des mines, A. Duhamel, en 1823, nous avons recueilli ensemble des échantillons de grès qui renferment des empreintes végétales assez bien caractérisées, et qui semblent être des feuilles de fougère.

Je ferai observer que je n'ai jamais rencontré dans les terrains à gryphites ni les oolithes, ni la mine de fer en grains, que M. Voltz y a indiqués dans sa *Notice géognostique sur les environs de Vic*, malgré le prodigieux développement que ce groupe de terrains paraît prendre

Rapports avec les terrains des environs de Vic et avec ceux du canton de Bâle.

quelquefois, comme ce géologue l'a observé dans les environs de Sierk.

La division des terrains jurassiques, adoptée par M. Mérian, pourrait faire penser, au premier abord, que, dans le canton de Bâle, les masses oolithiques reposeraient immédiatement sur les marnes bigarrées; mais, ici, l'anomalie n'est qu'apparente, et tient à ce que le second groupe, sous le titre de *marnes bigarrées et couches subordonnées*, comprend les deux masses des calcaires à gryphées, et des marnes du premier étage oolithique, qui forment la séparation des marnes bigarrées et des oolithes du troisième groupe.

Sauf cette anomalie, il est impossible de ne pas reconnaître dans les terrains des environs de Vic, que M. Voltz a décrits sous les dénominations de formations du lias (ses parties inférieures), du quadersandstein et du muschelkalkstein, tous les terrains à gryphites des environs de Lons-le-Saupier.

La formation du grès bigarré paraît à M. Voltz manquer dans cette dernière localité, à moins qu'elle ne se retrouve, dans la profondeur, au-dessous des premières marnes gypseuses que j'ai décrites.

Je n'ai pas vu le grès bigarré; mais je présume qu'on le trouverait dans la profondeur, et probablement avant d'arriver aux argiles et gypses salifères qui minéralisent les sources de Lons-le-Saupier et de Salins.

Je me fonde sur l'existence, au midi de Lons-le-Saupier, d'un calcaire marneux très-coquillier, pénétré de zinc sulfuré (1), qui ne peut apparte-

(1) Plusieurs échantillons de cette roche m'ont été ap-

nir qu'à la partie des terrains à gryphites, inférieure aux premières couches que j'ai décrites, et qui se rapporte peut-être aux couches métallifères indiquées dans la formation du grès bigarré.

Je me fonde sur-tout sur la présence du grès bigarré, signalée par M. Mérian, dans les montagnes du canton de Bâle, qui appartiennent à la chaîne même du Jura.

D'après les observations de M. Voltz, les deux formations inférieures du terrain de Vic se lient parfaitement entre elles et avec les trois supérieures, et leur stratification paraît-concordante. Je dois en conclure que la formation du calcaire à gryphites, ainsi que je l'ai définie, s'étend beaucoup plus bas que les terrains décrits sous ce titre, et qu'il faut y comprendre le grès bigarré et les terrains salifères.

Les terrains à gryphites se montrent au pied de la chaîne sur toute sa longueur, dans des situations analogues à celles que j'ai indiquées aux environs de Lons-le-Saupier.

En parcourant transversalement cette chaîne, on ne trouve pas les terrains à gryphites disposés par côtes ou plateaux étendus; mais on les rencontre dans les vallées ou profonds arrachements des terrains oolithiques: ils forment de pe-

portés par un habitant d'Orgelet, connu dans le pays pour faire dans les montagnes de mystérieuses recherches, sur lesquelles, depuis long-temps, il fondait l'espoir de faire fortune. La confiance dont cet homme me donnait une marque n'est pas allée jusqu'à me faire connaître le gisement de son trésor; j'ai su cependant qu'il dirigeait ses recherches dans les environs de Doucier, du Saut-Girard et dans la vallée de la Valouze.

Dispositions
des terrains
à gryphites à
toutes les
hauteurs de
la chaîne.

tites buttes irrégulières qui attirent presque toujours l'uniformité que présente l'aspect des vallées; il est assez rare d'en trouver de chaque côté, et lorsque cela arrive, ce n'est jamais en des points situés en regard, mais à différentes hauteurs de la vallée: c'est sur les flancs des plateaux, sur-tout à leurs angles saillans, et non sur une grande étendue qu'on en découvre les plus grandes masses; ils disparaissent promptement sous les terrains oolithiques.

Les terrains à gryphites, plus ou moins engagés à leur pied et entamés à leur sommet, ne laissent communément apercevoir dans chaque localité que de petits groupes de bancs isolés. Le parallélisme constant que l'on observe entre ces bancs, quelle que soit leur position, horizontale, inclinée ou verticale, ne laisse aucun doute sur la succession non interrompue de leur formation; mais les solutions de continuité qui existent entre ces groupes, obligent, pour en composer un ensemble, à les rapprocher idéalement, en partant de bancs identiques dans chaque groupe: ces rapprochemens au pied de la chaîne n'offrent point de difficulté, et leur exactitude se trouve confirmée par quelques exemples rares de masses plus complètes; qui les présentent réunis. C'est ainsi que dans les environs de Lons-le-Saunier, j'ai été conduit à rassembler dans une même formation la série des couches que j'ai brièvement décrites, depuis les marnes gypseuses très-colorées jusqu'au calcaire à gryphées inclusivement. Mais dans les régions élevées, les groupes, plus rares, plus incomplets et plus engagés, opposent de grandes difficultés à l'étude. On y reconnaît toujours, là, des calcaires à gry-

phées; ici, des marnes diversement colorées; plus loin sont des masses de gypse exploitées au milieu de ces marnes; en d'autres lieux, affleure une petite couche de houille comprise dans des lits de marnes noirâtres. Ces gîtes, quelquefois, percent à peine les terrains oolithiques; leur éloignement les uns des autres, les immenses plateaux qui les séparent des terrains à gryphites du pied de la chaîne, et leur élévation au-dessus d'eux empêchent, malgré leur analogie, de les coordonner avec certitude, soit entre eux, soit avec ceux-ci. Cependant, je les réunis tous dans une même formation, à cause de leur grande similitude et parce qu'ils se distinguent par des caractères constans, de tous les autres terrains de la chaîne. Mais je dois avouer que cette opinion a besoin d'être confirmée par des observations nouvelles.

Terrains oolithiques.

Les terrains oolithiques que rien ne recouvre présentent d'énormes masses de couches dont on peut plus facilement observer la liaison et les rapports.

En général, les couches sont fortement brisées, inclinées ou arquées dans les côtes; ces caractères de bouleversement s'observent déjà fréquemment sur les bords des plateaux; mais, dans la plus grande partie de leur étendue, les couches sont horizontales ou s'écartent peu de leur position primitive: c'est dans ces dernières masses que l'on trouve les séries les plus complètes.

Les couches qui composent le premier plateau, et dont j'ai donné une description succincte, ap-

Ils appartiennent à une même formation.

Situation générale des couches.

partiennent évidemment à une même formation : personne, je crois, n'a élevé de doute à cet égard ; mais j'ai annoncé que ce système de couches, que j'ai désigné sous le nom de premier étage, ne composait pas toute la formation, et que je la considérais comme renfermant d'autres étages analogues et supérieurs au premier.

Je sens combien a dû paraître invraisemblable au premier abord cette idée, que j'ai seulement énoncée sans l'appuyer d'aucune observation (1). Je vais réparer cette omission autant qu'il me sera possible.

La plus grande élévation à laquelle j'ai reconnu les terrains du premier étage est de 630 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Depuis cette élévation jusqu'à celle de 1750 mètres, hauteur des cimes les plus élevées, les terrains oolithiques présentent constamment de grandes épaisseurs de marnes surmontées de calcaires durs.

Une étude soignée de ces grandes séries de couches, mais que j'ai entreprise d'une manière trop détaillée pour la terminer dans l'espace de temps que j'ai pu y consacrer, m'a cependant convaincu qu'elles sont absolument distinctes des premières.

(1) L'unique citation que j'ai faite d'une localité que j'avais eu l'avantage de visiter avec M. Brongniart, et dans laquelle j'avais remarqué le deuxième étage, a pu faire penser à M. de Bonnard que j'avais conclu la superposition du deuxième étage au premier, de l'inclinaison respective de leurs couches ; mais ce n'était nullement pour donner une preuve de superposition : je dirai même que ce n'eût pas été un bon exemple à citer dans cette vue, parce que les couches sont beaucoup trop dérangées.

Je crois y avoir reconnu deux nouveaux systèmes de couches ou étages superposés l'un à l'autre et au premier. Trois étages aperçus dans les terrains oolithiques.

Suivant ma pensée (que je ne puis pas encore présenter comme bien fixée à cet égard), le troisième et dernier étage comprendrait l'ensemble des montagnes les plus élevées, que l'on désigne sous le nom de première chaîne ; les côtes, montagnes et plateaux adjacens, qui sont les plus élevés ensuite et qui ont été détachés. Le second étage, dont le sommet serait déjà entamé par les plus hautes vallées, formerait, à partir du pied de la première chaîne, en descendant transversalement sur la rivière de l'Ain, d'abord, le fond de ces premières vallées, puis des plateaux peu élevés surmontés encore de débris du troisième étage ; et quand ceux-ci ont entièrement disparu, des plateaux étendus creusés de gorges et de vallées de plus en plus profondes, qui atteignent le sommet du premier étage et s'enfoncent ensuite dans son épaisseur.

Ces immenses dépôts des mers ont dû se niveler, au moins dans leurs parties supérieures. Si l'on voulait, dans cette pensée, se servir de la hauteur physique des terrains pour déterminer l'étage géologique auquel ils appartiennent, on pourrait être induit en erreur en cherchant à se guider par l'indication rapide que je viens de donner.

Il ne faut jamais perdre de vue l'affaissement prodigieux que ces énormes masses ont subi, même en conservant une position presque horizontale.

Il est très-remarquable que ces affaissemens se trouvent assez généralement en rapport di-

Affaissement des étages.

rect avec l'éloignement du point d'attache de ces masses à la montagne primordiale, contre laquelle, suivant ma pensée, se seraient graduellement élevées les eaux marines, qui auraient recouvert de leurs dépôts jusqu'à ses sommets les plus élevés. On observe encore qu'ils sont sensiblement en pareil rapport avec les épaisseurs de marnes qui forment le pied de chaque montagne.

Ceci viendrait à l'appui de l'explication générale que j'ai donnée de ces bouleversements dans mon premier mémoire sur le Jura (1).

Par suite de ces dérangemens, il n'est pas rare de rencontrer, à la hauteur d'un étage, des côtes et même des plateaux qui appartiennent à l'étage supérieur. Ils sont presque toujours entamés à leur sommet : des groupes de bancs de différente dureté en ont été arrachés, en sorte que chaque étage se trouve subdivisé en plusieurs plateaux ou gradins peu élevés, ainsi qu'on l'observe d'une manière si prononcée dans les terrains oolithiques de la Bourgogne.

Subdivisions des étages.

(1) Cette cause de bouleversement me semble donner aussi une explication très-satisfaisante de la disposition générale (observée par M. de Bonnard) qu'affectent les terrains secondaires qui entourent des collines de terrains primordiaux, et dont il cite trois exemples bien remarquables : l'un, dans le barrage de Mâlain à Romilly, un autre aux environs d'Avalon, et un troisième dans la Nièvre, aux environs du bourg de Saint-Réverien. En effet, on conçoit que ces collines primitives ont dû soutenir les parties des masses oolithiques qu'elles supportent dans une position plus élevée que celles qui étaient dépourvues de tout soutien, et sous lesquelles une plus grande épaisseur de lits de marnes a dû se dérober lors de la retraite des eaux formatrices.

Je ferai cependant remarquer que les différents groupes de calcaires durs observés dans cette contrée se mêlent entre eux dans le Jura par subdivisions de groupes, et qu'ils présentent des lignes de séparation beaucoup plus variables.

La différence remarquée par M. de Bonnard dans l'ordre de superposition des terrains qui composent les calcaires blancs de la Bourgogne, et de ceux qui forment le premier étage oolithique du Jura, lui aurait paru beaucoup moins grande si j'avais eu l'heureuse idée de diviser, comme l'a fait cet habile observateur, ces terrains en groupes de calcaires dont les caractères distinctifs sont très-prononcés; division d'autant plus importante, que la différence de dureté des roches imprime aux escarpemens jurassiques une physionomie particulière à ces montagnes.

La différence dans l'ordre de superposition ne consiste réellement qu'en ce que, dans la Bourgogne, le calcaire à entroques est le premier de la grande série des calcaires blancs, tandis qu'il n'est que le second dans le Jura, où les calcaires marneux recouvrent immédiatement les massifs de marnes. Voici l'ordre de superposition des principaux groupes de terrains dans le premier étage des calcaires oolithiques du Jura. On trouve immédiatement au-dessus des marnes le calcaire compacte et sublamellaire marneux (des silex, silex calcaires et calcaires siliceux forment plusieurs groupes notables enclavés dans ces premières assises); le calcaire à entroques vient ensuite, puis le calcaire oolithique, et enfin le calcaire conchoïde.

L'étendue et la disposition relative de ces dif-

férentes espèces de roches varie en passant du premier étage aux suivans : les calcaires marneux sont beaucoup moins considérables ; les calcaires oolithiques et conchoïdes offrent des masses beaucoup élevées et d'une couleur généralement plus blanche dans les derniers étages que dans le premier.

De petites entroques se trouvent abondamment rassemblées dès les premiers bancs de calcaire marneux dans le second étage ; elles se trouvent associées à d'autres fossiles, et ne me paraissent pas propres à caractériser la première masse calcaire. Le calcaire marneux, dans le premier étage, en renferme de semblables, mais beaucoup moins abondamment.

Erosions à la surface du sol. Le sol de ces terrains calcaires, quelle que soit la division à laquelle il appartienne, offre, sous la terre végétale, des érosions irrégulières plus ou moins profondes : elles ne font généralement que sillonner la surface, mais souvent elles pénètrent à de grandes profondeurs (1) ; quelques-unes m'ont

Mines de fer en grains.

(1) Ces excavations irrégulières, désignées par les maîtres de forges sous le nom de sacs, sont quelquefois remplies de mine de fer en grains, que je considère comme appartenant à une alluvion marine composée de lits successifs et irréguliers de mine de fer, d'argile, de sable et de terre graveleuse, et qui aurait couvert toute la Franche-Comté immédiatement après la retraite des eaux qui ont dû creuser les cavités que la mine remplit.

Il est fort remarquable que ces dépôts soient très-abondans dans les parties basses de la province, sur-tout entre les rivières de l'Ognon et de la Saône, où ils donnent lieu aux exploitations qui fournissent le fer de France le plus propre à la tréfilerie ; mais que sur les montagnes, d'où sans doute ils auront été enlevés pour être accumulés dans les plaines en lits nouveaux superposés aux premiers, il ne

donné lieu de penser qu'elles atteignent les assises de marnes.

La glacière de Chaux-les-Passavant est une de ces érosions profondes qui est creusée dans le massif calcaire du premier étage : elle est disposée de telle sorte que, pendant l'hiver, elle se remplit de stalactites de glace formées par les filtrations de la voûte, et que, pendant l'été, les portions de glace fondues trouvent une issue au fond de l'excavation, à travers le rocher fendillé.

Glacière naturelle.

Ces faits offrent une nouvelle analogie entre ces terrains et ceux de la Bourgogne. Je vois dans ces profondes érosions les trous arrondis et sinueux observés par M. de Bonnard dans les calcaires oolithiques et marneux ; ces espèces de tubulures ont seulement de plus grandes dimensions dans le Jura.

Je ne puis me défendre de faire observer, en m'abstenant de tout développement, la connexion si remarquable de l'existence de ces tubulures qui ont pu donner passage, à travers d'immenses plateaux et jusqu'aux assises marneuses, aux eaux qui recouvraient le sol, avec la cause que j'ai brièvement indiquée de la formation des grottes et des vallées, ainsi que de l'affaissement des couches.

La formation des *demi-cintres à surface lisse et luisante*, qui ont été observés par M. de Bonnard auprès des grottes d'Arcy, et dont j'ai vu de très-beaux exemples à la source de la Loüe, devien-

reste plus rien de ces dépôts que dans les excavations qui pouvaient les préserver de l'action des courans. La terre végétale y repose à nu sur les terrains jurassiques.

dra peut-être facile à expliquer si l'on imagine que par de semblables tubulures les eaux aient pénétré dans des lits de marne ou de calcaire marneux d'une faible agrégation.

Mines de fer
oolithique.

A la séparation des massifs de marnes et de calcaires durs on trouve, dans chaque étage, des bancs de mine de fer. Cette mine, particulière à ces terrains, a généralement une texture oolithique; elle est composée de petits grains d'oxide de fer, ronds, égaux, et souvent lisses comme de la poudre de Suisse, qui sont rassemblés dans une marne enduree, bleue ou jaune d'ocre, ou dans un calcaire jaune ou rouge foncé. Souvent, dans la variété calcaire, les grains perdent leur forme ronde; ils deviennent anguleux et sublamellaires; la roche passe alors au calcaire grenu ferrugineux, d'un rouge très-foncé: la variété marneuse se désagrège promptement à l'air et tombe en sable ferrugineux susceptible d'être lavé (1).

La mine forme une ou plusieurs couches séparées par des bancs de calcaires marneux; leur épaisseur, très-variable, est souvent de quelques

(1) Cette mine de fer, que les maîtres de forges désignent sous les noms de mine en roche, en sable ou en poussière, a quelquefois été confondue par les minéralogistes avec la mine en grains proprement dite; mais outre leur formation géologique, qui établit entre elles une séparation si tranchée, leur qualité ne les distingue pas moins: la mine oolithique produit un fer bien inférieur à celui de la mine en grains. On ne la fond jamais seule, à moins d'y être forcé par l'éloignement de toute autre mine; mais elle est mélangée avantageusement avec la mine en grains pour la fabrication de la fonte en sablerie, parce qu'elle procure à la fonte de la liquidité et du brillant.

décimètres seulement, et dans certaines localités, on en exploite une hauteur de dix mètres et plus sans interposition de calcaire.

Les terrains qui composent chacun des trois étages affectent un ordre de succession, qui, considéré en grand, me semble être en harmonie avec celui que M. Berthier a découvert dans les dépôts que forment les sources minérales. Après les marnes, qui ont une agrégation toute mécanique, viennent les roches d'une texture plus serrée et résultant en partie de l'action chimique: on trouve d'abord de la mine de fer et du calcaire très-ferrugineux retenant encore beaucoup de marnes; puis des silex, des silex calcaires et des calcaires siliceux moins marneux, mais toujours colorés par l'oxide de fer; cet oxide disparaît graduellement, et les calcaires, plus purs, deviennent d'un gris clair, puis blancs; enfin, les calcaires supérieurs sont traversés de nombreuses veinules de calcaire magnésien, qui ont été également reconnues par M. de Bonnard dans les calcaires conchoïdes de la Bourgogne.

Il n'est pas rare de trouver tout le massif de calcaires durs enlevé et les marnes à découvert sur d'assez grandes étendues: par exemple, le village d'Arc-sous-Cicon est bâti sur des lits horizontaux de marnes, que je rapporte à la région supérieure de celles du second étage; les côtes étroites et très-basses qui l'environnent montrent le complément de ces lits, surmonté de quelques bancs de calcaires durs parfaitement horizontaux et brisés: ces blocs, vus de loin dans certaines positions, ressemblent assez aux ruines d'an-

Rapports observés entre l'ordre de succession des roches de chaque étage et celui des dépôts des sources minérales.

Sol creusé dans les marnes du 2^e. étage.

ciens châteaux, qui sont si fréquentes sur ces montagnes (1).

Faits qui établissent la superposition du 2.^e étage au 1.^{er}.

La côte longitudinale, que j'ai indiquée au commencement de ce mémoire, comme limitant au sud-est de Lons-le-Saunier le premier plateau de la chaîne commence à s'élever sur le sommet de ce plateau, à Mirbel, où il montre ses bancs de calcaire conchoïde dans une position horizontale.

J'ai cherché à m'assurer directement si le plateau se prolongeait sous la côte et lui servait de base; mais l'état de désordre des bancs calcaires, qui sont brisés et renversés dans toutes les positions; les marnes qui existent à leur pied, et dont le sens des lits n'est presque pas reconnaissable; la terre végétale enfin qui masque une jonction déjà si confuse, tout m'a empêché de voir la superposition.

On a exploité aux deux villages de Chatillon

(1) Cette localité est fort intéressante par la beauté et le grand nombre des espèces de fossiles qu'elle présente: on y trouve notamment des alvéolithes siliceux enveloppant fréquemment des turritelles de 2 à 3 décimètres, ou d'autres noyaux calcaires indéterminés; une gryphée carénée (quelquefois de la grandeur de la main); des térébratules (celles des marnes), d'une couleur fauve assez constante et d'une forme élégante; des bélemnites canaliculées; d'autres plus petites, déprimées vers la bouche, et paraissant avoir deux pointes; de petites entroques bleues à cinq pans toujours plans; de petites coquilles souvent pyriteuses, telles qu'ammonites, cardites, trocus, etc.; des vermiculaires, des oursins et autres radiaires fossiles, la plupart étrangers au premier étage, ou qui diffèrent de ceux que renferme celui-ci dans ses régions correspondantes par les espèces auxquelles appartiennent ces fossiles; ce qui fournit une preuve de la non identité des deux systèmes de couches du premier et du second étage.

et des Faisses, situés au pied de la côte de chaque côté de Mirbel, une mine de fer en sable pour le haut-fourneau de Pont-du-Navois, qui est éteint depuis une quarantaine d'années. J'espérais trouver dans les excavations de ces mines des points plus propres à mes observations; mais il ne restait aucune trace de ces anciens travaux.

Le revers de la côte dans la vallée de l'Ain offre encore moins de facilité, parce que le fond de la vallée est recouvert par un dépôt très-considérable de galets, qui a bien 20 mètres d'épaisseur à Champagnols et 8 mètres à Pont-du-Navois.

Mais si l'on remarque que la rivière coule sur des bancs calcaires horizontaux parfaitement semblables à ceux du premier étage (ce que l'on reconnaît sur-tout très-bien au saut remarquable que fait cette rivière au-dessous de Pont-de-Poëte); si l'on remarque encore que la hauteur au-dessus de la mer, du lit de la rivière au Pont-du-Navois, est de 480 mètres; que celle du sommet de la côte, entre le Pont et le village des Faisses, est de 744 mètres; et qu'enfin celle du pied de la côte auprès de ce village est de 586 mètres, on pourra conclure, je crois, avec assez de certitude, que le premier plateau passe dessous la côte; et en ne supposant pas qu'il y ait eu affaissement en ce point (ce qui ne me paraît pas probable), il en résultera encore que cet étage inférieur est entamé, au Pont-du-Navois, d'environ 100 mètres.

L'encaissement de la vallée de l'Ain est formé, sur la rive gauche, par un plateau horizontal, composé d'une grande hauteur de lits de marnes

surmontés de calcaires durs; la jonction du plateau avec les bancs du lit de la rivière n'est apparente en aucun point.

Je ne puis donc pas citer d'exemple de superposition immédiate qui démontre directement que le second plateau recouvre le premier; mais s'il était vrai que j'eusse fait une erreur en croyant reconnaître des différences dans leur composition, et que les bancs calcaires du fond de la vallée ne fussent que le résultat de l'affaissement d'une portion du second plateau, ces bancs ne pouvant avoir leurs analogues que dans ses régions supérieures, il faudrait supposer qu'un massif étroit et présentant dans sa longueur toutes les sinuosités de la vallée se serait détaché du plateau comme par un emporte-pièce, et se serait enfoncé sans fracture à une immense profondeur, en conservant presque par-tout l'horizontalité de ses bancs: or, on sent que cette superposition ne peut être admise, et qu'au contraire tout s'explique naturellement en regardant le fond de la vallée comme le prolongement du premier plateau au-dessous de la côte de Mirbel.

Cette question ne laissera aucun doute, je le pense, quand j'aurai fait observer que dans les points où la vallée s'élargit il existe des buttes coniques à pentes très-régulières, qui sont composées de lits de marnes parfaitement horizontaux, surmontés de quelques bancs calcaires durs (j'en citerai un exemple auprès du village de Crotenay), et que ces restes du second plateau, dont la forme régulière et constante semble les distinguer des débris du premier et du dernier plateau, reposent évidemment sur les bancs de calcaire dur du fond de la vallée.

C'est ainsi que j'ai acquis la conviction, je puis dire profonde, de la superposition du second plateau au premier: or, c'est ce plateau même, dont la côte de Mirbel me paraît être un débris, et dont j'ai suivi le prolongement jusqu'au pied de la première chaîne, que j'ai désigné sous le titre de second étage.

De semblables observations m'ont fait reconnaître le troisième étage et démontré sa superposition au second.

D'après ces résultats, les terrains oolithiques seraient donc composés de trois grandes parties, formées chacune de longues séries de couches qui auraient été déposées successivement et sans interruption (1).

Je vais maintenant examiner si la succession d'un étage au précédent s'est également faite sans interruption: c'est une question que je crois plus difficile à résoudre que celle de leur super-

Superposition du 3^e. étage au 2^e.

Les trois étages appartiennent à une même formation.

(1) M. de Bonnard n'a reconnu qu'un étage dans la Bourgogne, et il fait observer qu'on pourrait peut-être en découvrir d'autres au-dessus de celui qui existe près de Sombernon, si l'on s'avancait au-delà de ses couches calcaires supérieures dans le sens de leur pente.

Les montagnes primitives sur lesquelles se sont déposés les terrains secondaires n'ayant eu, suivant toutes les apparences, qu'une faible élévation dans ces contrées, il me paraît probable que les terrains des étages élevés ne s'y seraient point déposés, ou bien qu'ayant été dépourvus de tout appui, ils en auraient été enlevés après leur dépôt.

Je pense donc que des recherches à cet égard seraient infructueuses; mais qu'on ne doit en tirer aucune conséquence contre l'existence des étages supérieurs dans des contrées plus élevées.

position, et qui, je l'avoue, laisse encore une grande incertitude dans mon esprit.

Lorsque deux masses minérales reposent l'une sur l'autre, si leurs couches sont parallèles, ou, ce qui est la même chose, si leur stratification est concordante, on dit qu'elles sont de même formation; si, au contraire, la stratification est contractante ou transgressive, on en conclut que les deux masses appartiennent à deux formations distinctes.

L'application de ces principes aux terrains secondaires analogues aux terrains du Jura pourrait occasionner de fréquentes erreurs: en effet, on rencontre souvent deux masses de terrains de formation distincte, disposées de telle sorte que les couches de la première n'ont point éprouvé de dérangement, ou qu'elles ont seulement été entamées au sommet, et que celles de la masse supérieure ont également conservé leur position primitive, de manière à présenter une concordance parfaite dans la stratification des deux masses.

De plus, on observe dans les montagnes du Jura comme dans les terrains de la Bourgogne un fait qui doit avoir contribué à rendre la concordance dans la stratification de deux masses de couches inclinées et de formation différente, beaucoup moins rare que s'il eût fallu l'attribuer exclusivement au hasard: c'est le parallélisme qui existe assez constamment entre la direction de couches renversées et celles des élévations préexistantes à leur dépôt qui leur servent de bases.

D'un autre côté, en admettant au nombre des

causes du renversement des couches l'enlèvement ou le tassement inégal et partiel qu'auraient éprouvés à une certaine époque des lits inférieurs aux couches renversées et d'une moindre ténacité qu'elles, on concevra que s'il existe dans une même formation une épaisseur considérable de lits de marnes entre des massifs de calcaires durs, les couches du massif supérieur auront pu se renverser dans toutes les positions sur celles du massif inférieur, de manière à montrer à l'observateur la stratification la plus contrastante entre des masses appartenant cependant à la même formation.

On rencontre à chaque pas dans le Jura les bancs calcaires d'un étage dans une position renversée sur ceux de l'étage précédent (j'en ai cité un exemple à la côte de Mirbel); mais on vient de voir ce qui doit empêcher de conclure de ce fait que les deux étages fussent de formation différente.

Souvent encore, les bancs de l'étage inférieur sont eux-mêmes inclinés, et toujours moins que ceux qui les recouvrent. J'ai inutilement cherché si les couches d'un étage (dans leur primitive position) reposaient quelque part sur les couches renversées ou incomplètes de l'étage inférieur. Ce fait eût été à mes yeux un caractère non équivoque de différence dans la formation; mais par-tout où j'ai vu les lits de marne horizontaux d'un étage reposer sur les calcaires de l'étage précédent, jonction que des circonstances fort rares pourraient seules montrer d'une manière bien claire, j'ai cru reconnaître que les bancs inférieurs étaient également horizontaux, et que leurs dernières assises

devaient appartenir aux calcaires les plus blancs.

On peut assez bien observer ce fait dans l'arrondissement de Baume-les-Dames ; au Louvain, entre Belvoir et Passavant, et à Vercel : les marnes du second étage reposent sur le calcaire blanc fragmentaire du premier.

C'est ainsi que je me suis formé l'opinion, que j'ai émise, il y a sept ans, sur l'unité de formation des terrains oolithiques. Aucun fait depuis lors ne m'ayant démontré le contraire, cette manière de voir a pu être ébranlée, mais non encore détruite (1).

Blocs isolés
de granit.

(1) J'ai trouvé à Arc-sous-Cicon des blocs de granit qui n'ont pas encore été signalés dans ce gisement : ce sont des roches granitoïdes de quartz et feldspath roses avec taches grises indéterminables, et des roches de grauwakes parfaitement semblables à celles de la tarentaise, composées de feuillets ondulés de schiste stéatiteux luisant enveloppant des rognons de quartz. Ces blocs reposent sur le sol formé des lits de marnes que j'ai déjà indiqués comme appartenant au second étage oolithique.

Les blocs analogues du Val-de-Travers, qui sont si connus, m'ont paru reposer sur le sol calcaire du même étage.

La plus grande élévation à laquelle on ait indiqué dans le Jura de semblables roches isolées, est, je crois, de 1270 mètres, et je pense que le second étage peut atteindre à cette hauteur. Ne serait-il pas possible que des montagnes de transition analogues à celle des Alpes, mais moins élevées, formassent le noyau de la chaîne du Jura ; que ses plus hautes cimes n'ayant pas été recouvertes par les dépôts des terrains du second étage oolithique eussent formé des pics saillans au-dessus des dernières couches de cet étage ; que la cause du bouleversement qu'ont éprouvé les terrains de cet étage ayant succédé immédiatement à leur formation, elle eût aussi arraché et entraîné des roches intermédiaires en en disséminant çà et là quelques blocs sur le sol de cet étage ; et qu'enfin les terrains du troisième étage fussent venus recouvrir le tout ?

Ces conjectures, je le sens, n'ont pas l'autorité d'un fait

Disposition relative des terrains à gryphites et oolithiques.

D'après ce qui précède, on voit que la totalité des terrains jurassiques se compose de deux grandes séries de couches coordonnées respectivement entre elles.

Je n'ai jamais vu ces deux séries se joindre par leurs calcaires durs ; on remarque toujours au contact les marnes de l'une d'elles ou celles des deux séries. Il en résulte que leur ligne de jonction ne se présente jamais d'une manière bien nette.

Mais des tranchées m'ont fait reconnaître de la manière la plus positive des terrains à gryphites au-dessous de terrains oolithiques. En second lieu, par-tout où j'ai trouvé des terrains à gryphites, je les ai vus s'engager par quelque une de leurs limites sous des terrains oolithiques, ou bien la disposition et l'allure des masses en-

Les terrains
à gryphites
sont infé-
rieurs aux
terrains ooli-
thiques.

géologique bien constaté ; elles ont cependant à mes yeux beaucoup plus de probabilité que toutes les explications que l'on a prétendu donner jusqu'ici de l'émigration (en quelque sorte) des blocs de granit. Pour leur confirmation, il faudrait, dans toutes les localités où l'on a indiqué de tels blocs (désignés indistinctement sous le nom de granit), bien constater qu'ils reposent sur les terrains du second étage, et (en plus petits fragmens) sur ceux du premier ; il faudrait encore reconnaître que l'on n'en trouve jamais sur ceux du troisième étage. Tel était mon projet lorsque je fus forcé d'interrompre mes courses et bientôt après d'abandonner le Jura.

Il résulterait de la confirmation de ces conjectures que les terrains oolithiques, au lieu d'appartenir à une seule formation, en composeraient trois distinctes et successives.

viromnantes de ces derniers indiquaient évidemment que les premiers leur étaient inférieurs.

Après ces faits, qui démontrent la superposition de terrains oolithiques aux terrains à gryphites, il était encore nécessaire de s'assurer s'il ne s'en trouverait pas aussi quelques groupes qui leur fussent inférieurs : or, de nombreuses recherches dirigées vers ce but jusque dans les hautes vallées ne m'en ont jamais fait apercevoir ; non-seulement l'œil ne découvre pas les terrains sur lesquels doivent reposer ceux de la formation à gryphites, mais une grande partie de ces derniers se trouve engagée au-dessous du sol, comme je l'ai dit plus haut.

Il suit de là que dans toutes les localités que j'ai visitées les terrains à gryphites sont inférieurs aux terrains oolithiques.

M. Mérian a annoncé que dans le canton de Bâle les terrains du premier et du second groupe de sa division des terrains jurassiques se trouvaient, dans quelques localités, superposés aux roches du troisième. Il résulterait de ce fait (s'il était bien constaté) que les terrains à gryphites seraient quelquefois supérieurs aux terrains oolithiques ; mais ne serait-il pas possible que dans ces localités comme dans un grand nombre de celles que j'ai visitées, les terrains à gryphites percassent le sol oolithique au lieu de reposer (ainsi qu'ils peuvent souvent le faire croire) sur ces derniers terrains ? Je vais citer pour exemple l'une de ces localités où l'observateur le plus exercé pourrait être induit en erreur par une semblable apparence, si des travaux d'exploitation ne venaient l'éclairer sur le véritable état des choses.

A la Ville-du-Pont, village situé sur le Doubs, 2 kilomètres plus bas que Mont-Benoit, on trouve sur la rive droite de cette rivière, au pied de la côte qui forme la berge droite de la vallée, une hauteur reconnue de 16 mètres de marnes, dans lesquelles se trouvent une couche de houille maigre et plusieurs de gypse, qui appartiennent évidemment à la série des couches coordonnées aux bancs de calcaires à gryphées.

Carrière de gypse dans les hautes régions des montagnes.

La masse générale des terrains de la côte appartient au second étage oolithique ; ses couches, sur ce point, paraissent être à-peu-près horizontales ; les bancs, également horizontaux, sur lesquels coule la rivière, sont de calcaire conchoïde blanc appartenant au sommet du premier étage ; l'inclinaison des couches marnogypseuses est au plus de 4 degrés sud-sud-est à l'extérieur. (Elle augmente à l'intérieur en avançant vers le cœur de la montagne.)

Si j'ajoute que la jonction de ces derniers terrains avec les précédents ne s'aperçoit en aucun point, on serait sans doute peu surpris qu'au simple aspect on les eût considérés comme étant compris entre ceux-ci, et par conséquent comme étant superposés au premier étage des terrains oolithiques.

Mais un puits de 20 mètres, qui atteint à une profondeur de 4 mètres au-dessous de la rivière, et qui est à une faible distance du bord, a été entièrement percé dans le terrain marnogypseux sans en rencontrer d'autres dans la profondeur ; ce qui démontre (autant qu'on peut l'espérer en géologie) que les bancs du premier étage oolithique ne passent pas dessous les ter-

rains à gryphites, mais qu'ils appliquent leurs tranches contre ceux-ci (1).

Cette disposition relative des deux terrains m'a paru si constante, que je regarde les exemples contraires cités dans le canton de Bâle comme des exceptions seulement apparentes, et je conserve l'opinion que les terrains à gryphites sont inférieurs aux terrains oolithiques.

Il y a eu interruption entre le dépôt des terrains à gryphites et celui des terrains oolithiques.

J'ai exposé les faits qui me portent à considérer ces deux immenses séries de couches comme ayant été respectivement déposées sans interruption, en prévenant toutefois que je conservais quelques doutes relativement à la succession des masses à gryphites du haut à celle du bas de la chaîne et des étages oolithiques les uns aux autres. Il reste à examiner maintenant si la série oolithique a pu succéder également sans interruption à la série des terrains à gryphites.

C'est toujours par la disposition relative de

(1) Voici l'ordre de succession des couches que l'on rencontre en descendant dans cette carrière : 5 mètres de marnes, 1 mètre 70 cent. de gypse, 2 mètres de marnes ; enfin 1 mètre 40 cent. de gypse divisé par des veines marnieuses de 0,04 cent. à 0,16. Ce dernier massif n'avait pas été entièrement traversé en 1816, son épaisseur était inconnue.

On exploitait le dernier banc à la profondeur de 11 mètres 70 cent. sur une épaisseur de 2 mètres 30 cent.

Les travaux consistaient en un puits de 14 mètres, au pied duquel étaient percées cinq galeries longitudinales d'environ 34 mètres de longueur, recoupées par des galeries transversales ayant comme celles-ci 3 mètres 32 cent. de largeur, 2 mètres 30 cent. de hauteur, et laissant entre elles des piliers de 3 mètres 32 cent. Un puisard de 6 mètres avait été percé plus bas pour rassembler les eaux.

leurs couches que je puis arriver à la solution de cette dernière question. Ici, les caractères distinctifs des formations me paraissent très-prononcés.

Le seul rapport que l'on remarque dans la disposition des couches des deux séries, c'est que leur direction est presque toujours parallèle à celle des vallées ; mais aussi presque toujours les couches oolithiques penchent du côté de la vallée et les couches à gryphites plongent en sens contraire, c'est-à-dire sous la montagne.

Généralement, les masses en contact de l'une et de l'autre série montrent dans leur stratification tous les genres de contrastes : on trouve les couches des terrains oolithiques sous toutes les inclinaisons, reposant sur les couches des terrains à gryphites qui affectent elles-mêmes les positions les plus variées et les plus opposées aux premières.

Je dois faire connaître qu'il existe des exemples de concordance dans la stratification des mêmes terrains, mais qu'ils sont exceptionnels ; tandis qu'au contraire dans les étages oolithiques ils semblent être, par leur étendue et leur fréquence, la disposition habituelle de ces terrains et les exemples de stratification contrastante des exceptions.

Dans le cas présent, il est facile de reconnaître que les couches ne sont point coordonnées entre elles, malgré la concordance de leur stratification, attendu qu'une quantité plus ou moins considérable de couches paraît toujours avoir été arrachée du sommet des terrains à gryphites

lorsque les terrains oolithiques sont venus reposer sur eux.

Dans une carrière de gypse, située à une demi-lieue au-dessus de Salins, sur la rive droite de la Furieuse, il existe sur la pente d'un plateau oolithique, dans un angle saillant, une hauteur de terrains à gryphites de plus de 50 mètres, terminée par les bancs de calcaires à gryphées dans une position sensiblement horizontale; au-dessus de ces derniers bancs, on aperçoit les couches oolithiques qui paraissent leur être parallèles. Cette disposition pourrait faire penser que les dernières couches appartiennent à la même formation que les premières, avec lesquelles elles semblent être coordonnées; mais si l'on observe que les bancs à gryphées, dont il ne reste qu'une faible hauteur, sont loin d'être complets, on sera convaincu que cette apparence est fautive, et qu'une hauteur de bancs à gryphées, plus considérable que celle qui reste, avait été entraînée lorsque les terrains oolithiques se sont déposés.

Les terrains à gryphites sont souvent entamés jusqu'à leur massif de marnes, et il n'est pas rare de trouver les marnes oolithiques en contact avec elles. Il est fort difficile alors d'en faire la distinction, et je pense que cette difficulté a causé l'erreur dans laquelle plusieurs géologues me semblent être tombés, en réunissant sous le nom de muschelkak des terrains oolithiques à la formation des marnes gypseuses et salifères.

Dans ce cas, l'absence des bancs à gryphites dans l'intervalle des deux terrains suffit pour démontrer qu'ils sont désordonnés (si je puis

m'exprimer ainsi), c'est-à-dire qu'ils dépendent de deux formations distinctes.

En rappelant maintenant que les terrains à gryphites, toujours inférieurs aux terrains oolithiques, s'élèvent à toutes les hauteurs du premier et du second étage, il paraîtra sans doute fort difficile d'imaginer que la formation de ces derniers terrains puisse avoir succédé sans interruption à celle des premiers; car, dans cette hypothèse, la grande différence du niveau des dernières couches à gryphites et des premières oolithiques ne pourrait s'expliquer que de deux manières, soit par un affaissement aussi prodigieux du système des trois étages, ce qui est incompatible avec la position régulière et parfaitement horizontale dans laquelle a resté la majeure partie de ces terrains, soit par des soulèvements des masses primordiales inférieures aux calcaires: or, j'avoue que la supposition d'une semblable cause ne me paraît pas pouvoir soutenir le plus léger examen; je trouve cette cause absolument étrangère à la position particulière qu'affectent les terrains jurassiques.

Je crois donc pouvoir annoncer comme un fait évident que les terrains à gryphites avaient déjà subi les bouleversements qu'indique leur position actuelle lorsque les terrains oolithiques commencèrent à être déposés.

Résumé.

Il résulte de tous les faits et observations rassemblés dans ce mémoire:

1°. Que les terrains jurassiques sont compo-

sés de deux grandes parties : les terrains à gryphites et les terrains oolithiques ;

2°. Que les premiers comprennent toutes les couches indiquées depuis les argiles salifères jusqu'au calcaire à gryphées inclusivement ;

3°. Que ces couches se trouvent disposées par groupes ou systèmes plus ou moins considérables, et avec une concordance de stratification invariable qui doit faire juger qu'elles ont dû être formées et renversées ensemble ;

4°. Que le raccordement de ces systèmes de couches entre eux, facile et sans incertitude au pied de la chaîne, mais moins évident dans ses régions élevées, doit faire considérer l'ensemble de leurs couches comme formant un seul système, dont toutes les parties coordonnées entre elles (et notamment aux bancs de calcaire à gryphées arquées qui donnent leur nom à tout l'ensemble) auraient été déposées successivement et sans interruption ;

5°. Que les terrains oolithiques comprennent trois systèmes considérables de couches disposées en étages, qui sont composés chacun d'une grande hauteur de couches de marnes, surmontée d'une hauteur plus grande encore de couches solides de calcaires généralement blancs ;

6°. Que les couches de chaque étage ont été déposées successivement et sans interruption ;

7°. Que ces étages sont superposés les uns aux autres ;

8°. Que la succession d'un étage au précédent paraît avoir eu lieu sans interruption de la cause formatrice (quoique mes dernières observations aient fait naître dans mon esprit quel-

ques doutes à cet égard), et qu'ainsi l'ensemble de tous les terrains oolithiques formerait un seul système de couches coordonnées entre elles qui auraient été déposées, ainsi que celles du premier système, successivement et sans interruption.

(Ce second système a reçu son nom des couches de calcaire oolithique qui entre dans la composition de chacun de ses étages.)

9°. Il en résulte enfin qu'il y a eu interruption entre le dépôt du système des terrains à gryphytes et celui des terrains oolithiques ; c'est-à-dire que les couches du premier avaient déjà été bouleversées, comme l'indique leur position actuelle, lorsqu'elles furent recouvertes par les couches du second système.

La disposition absolue et relative des terrains jurassiques étant ainsi présentée, en leur appliquant la définition que j'ai donnée au commencement de ce mémoire du mot formation, on en conclura :

D'abord, que les terrains de chaque série appartiennent à une même formation.

Ensuite, que ces deux formations sont distinctes l'une de l'autre, mais qu'elles se sont succédées sans l'interposition d'aucune autre formation.

Je ne me fais point illusion sur les défauts de ce mémoire, dans lequel j'ai soulevé des questions très-vastes et n'ai apporté dans leur solution qu'un très-petit nombre de faits. J'aurais dû peut-être suivre ma première idée, d'attendre, avant de le livrer à l'impression, que des circonstances favorables m'eussent permis de compléter mes matériaux.

Conclusion.
Les terrains jurassiques sont composés de deux formations distinctes qui se sont succédées sans l'interposition d'aucune autre formation.

Cependant, dans les circonstances actuelles où les géologues s'occupent avec tant d'ardeur de l'étude des terrains secondaires, il serait possible que ce travail, très-imparfait, mais dans lequel j'ai eu le soin d'indiquer les faits qui m'ont laissé des doutes, leur fût de quelque secours; et s'il pouvait contribuer en quelque chose aux progrès que cette partie de la géologie fait chaque jour, ce résultat affaiblirait beaucoup le regret que j'éprouve de ne pouvoir présenter que le canevas du travail que j'avais entrepris.

ANALYSES

De quelques substances minérales;

PAR M. P. BERTHIER.

1. *Grains verts provenant d'une glauconie (craie chloritée) d'Allemagne.*

Cette glauconie m'a été remise par M. Kefersten : elle a le même aspect que la glauconie du Hâvre. Les grains verts qu'elle renferme étant inattaquables par l'acide muriatique étendu, il est facile de les séparer du calcaire par ce moyen; mais on ne peut pas les avoir parfaitement purs, parce que le mineral contient en même temps du quartz en très-petits grains, qui restent mêlés avec les grains verts.

Les grains verts sont très-petits, irréguliers, d'un beau vert d'herbe, mats, très-tendres; leur poussière est d'un vert clair très-beau; ils deviennent rouge d'ocre par la calcination et perdent de l'eau; ils ne sont pas du tout magnétiques. L'eau régale les attaque facilement à la chaleur de l'ébullition; le résidu se compose de silice gélatineuse et de quartz; on sépare ces deux substances l'une de l'autre et on les dose exactement, en traitant le mélange par la potasse caustique liquide, après l'avoir calciné; les grains de quartz restent purs.

L'analyse a donné :

| | |
|---------------------------|--------------|
| | Oxigène. |
| Silice. | 0,461—0,2357 |
| Protoxide de fer. | 0,196—0,0445 |
| Alumine. | 0,055—0,0233 |
| Magnésie. | 0,038—0,0144 |
| Potasse. | 0,053—0,0090 |
| Eau. | 0,089—0,0790 |
| Quartz mélangé. | 0,115— |
| | 1,007. |

On n'a trouvé ni chaux ni acide phosphorique. Dans ce minéral, l'oxygène des bases est à l'oxygène de la silice : : 2 : 5.

2. *Grains verts de Schirmeck* (département des Vosges).

Ces grains sont empâtés dans un calcaire qui se trouve en filon dans un autre calcaire.

Le calcaire à grains verts est d'un gris foncé, légèrement verdâtre, mat, homogène en apparence ; il fait sensiblement mouvoir l'aiguille aimantée. Lorsqu'on le traite par l'acide muriatique, tout le calcaire se dissout et la matière verte reste pure : cette matière est tendre et facile à broyer ; sa poussière est d'un blanc légèrement gris verdâtre ; quoiqu'elle fasse tourner l'aiguille aimantée, elle n'est pas assez magnétique pour s'y attacher. Elle est inattaquable par les acides même concentrés ; elle se fond très-facilement avec les alcalis. Elle est composée de :

| | |
|---------------------|--------------|
| Silice. | 0,578—0,301 |
| Protox. de fer. . . | 0,075—0,017 |
| Alumine. | 0,065—0,030 |
| Magnésie. | 0,195—0,075 |
| Eau. | 0,047—0,042 |
| Alcali et perte . . | 0,040 |
| | <hr/> 1,000. |

Dans ce minéral, comme dans le précédent, le rapport de l'oxygène des bases à l'oxygène de l'acide est de 2 à 5 : sa formule pourrait être $fS^3 + 5MS^3 + 2AS$; il est singulier que la petite quantité d'oxide de fer qu'il contient le rende magnétique.

3. *Fer titané de Maisdon* (Loire-Inférieure).

Il y a déjà long-temps que l'on a découvert ce

minerai ; il se trouve dans la commune de Maisdon, arrondissement de Nantes, près des limites des communes de Saint-Fiacre et de Château-Thibaut, vis-à-vis le castel ruiné de Chasseloire. Selon M. Verdier d'Angers, qui se propose de l'exploiter pour le traiter au haut-fourneau, il forme une masse de plus de 30 mètres d'épaisseur, et qui occupe une surface de 40 hectares au moins.

Il n'est pas homogène ; il se compose d'une matière pierreuse d'un gris un peu verdâtre, sans éclat, présentant quelques indices de structure lamelleuse et d'une matière noire métalloïde, éclatante, à cassure inégale ou conchoïde, disséminée dans la première en grains et veinules qui se fondent dans la masse. Sa pesanteur spécifique est de 3,65 ; sa poussière est d'un gris clair, ayant une légère teinte de vert. Ce minerai est fortement magnétique, mais il n'a pas de pôles : toute sa poussière s'attache au barreau aimanté, en sorte qu'on ne peut pas séparer par ce moyen la substance métallique de la substance pierreuse.

Les échantillons qu'on a examinés étaient en plaques à surfaces planes, épaisses de 2 centimètres.

Par la calcination, le minerai de Maisdon devient rougeâtre, et il acquiert une légère augmentation de poids.

L'eau régale bouillante l'attaque en partie ; mais le résidu n'est pas gélatineux et il retient une grande quantité de fer.

Essayé au creuset brasqué avec 0,20 de borax, il fond bien et donne, outre un culot métallique, une scorie boursoufflée, d'un noir foncé, opa-

que, à cassure conchoïde éclatante, recouverte d'une pellicule couleur de cuivre, indice ordinaire de la présence du titane.

Avec son poids de verre à pivettes, il en résulte une scorie vitreuse, compacte, à cassure conchoïde éclatante, d'un noir marbré de brun, opaque, etc.

Les deux essais suivans ont donné des résultats précis sur la proportion du fer, de l'oxygène, etc.

On a chauffé au creuset brasqué :

| | |
|--|---------------|
| 1 ^o . 10g. de minerai | 10g,00 |
| 5 de carbon. de chaux.=Chaux | 2, 80 |
| | <u>12, 80</u> |

| | | | |
|-------------------------|------|-------------------|-------------------|
| On a eu fonte | 3,10 | } total | 11, 50 |
| scories | 8,40 | | oxygène . . . . . | 1, 30; |

on a ajouté chaux. 2,80 ;

autres substances 5,60.

La scorie était bien fondue, compacte, d'un noir un peu bleuâtre, opaque, à cassure inégale, présentant quelques indices de structure lamelleuse ; la fonte était en grosses grenailles, blanche et cassante.

| | |
|--|---------------|
| 2 ^o . 10g. de minerai | 10g,00 |
| 3 quartz pur | 3,00 |
| 6 carbonate de chaux.=Chaux | 3,36 |
| | <u>16,36;</u> |

| | | | |
|-------------------------|--------|-------------------|-------------------|
| On a eu fonte | 2g,85 | } total | 15,10 |
| scories | 12, 25 | | oxygène . . . . . | 1,26. |

Chx. et silice ajoutées. 6, 36 ;

autres matières 5, 89.

La scorie était parfaitement fondue, compacte, sans bulles, vitreuse, éclatante, noire et opaque

en masse, mais transparente dans ses fragmens minces, et paraissant d'un brun rouge. Elle devait retenir un peu plus de fer que la scorie de l'essai précédent. La fonte était disséminée en grosses grenailles à la surface de la scorie ; elle était blanche et cassante.

L'analyse par la voie humide a donné, pour la composition du minéral :

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Silice | 0,340 |
| Magnésie | 0,100 |
| Alumine | 0,030 au plus. |
| Oxide de titane | 0,090 au plus. |
| Oxide de fer | 0,440 au moins. |
| | <u>1,000.</u> |

On n'y a trouvé ni chaux, ni manganèse, ni chrome. La plus grande partie du fer constitue certainement avec l'oxide de titane les grains noirs métalloïdes que l'on voit dans le minerai de Maisdon ; mais il est probable qu'une certaine portion du premier métal à l'état de protoxide entre avec la silice et la magnésie dans la composition de la substance pierreuse. Tout porte à croire que cette substance doit être rapportée à l'hypersthène, dont la formule est $fS^2 + MS^2$.

Le minerai de Maisdon n'est pas très-riche ; il y aura d'autant moins d'avantage à l'exploiter que, comme il contient une grande proportion de magnésie et d'oxide de titane par rapport à la proportion de la silice, on sera obligé d'y ajouter du quartz pour le fondre et par suite une grande quantité de castine. On pourrait en faire un excellent usage pour traiter des scories d'affinage de la fonte qui sont toujours très-siliceuses. Un mélange à parties égales des deux matières avec addition du tiers de leur poids de cas-

tine, fondrait certainement très-bien et produirait environ 0,40 de fonte. Il serait curieux de voir si le titane influerait sur les qualités de celle-ci, ce qui n'est pas probable.

4. *Substance rose de Confolens* (département de la Charente-Inférieure).

On trouve aux environs de Confolens une substance rose remarquable : elle est disséminée en petites masses, ou en veinules dans une argile grossière, jaunâtre, tachée de noir par de l'oxide de manganèse.

La substance rose est d'un rose de chair plus ou moins foncé et agréable : elle est compacte, légèrement translucide, à cassure cireuse, très-tendre ; elle prend le poli sous l'ongle, et elle a une sorte de mollesse. Lorsqu'on la met dans l'eau, elle éclate en petits morceaux qui acquièrent de la transparence, mais elle ne fait pas pâte comme les argiles. Par la calcination, elle perd 0,26 à 0,28 d'eau sans changer de forme, et elle devient tout-à-fait blanche et translucide ; elle prend en même temps une forte cohésion et une dureté telle qu'elle rait profondément le verre.

J'en ai concassé une certaine quantité en poudre grossière, que j'ai fait dessécher pendant plusieurs jours à la température de l'eau bouillante ; la poudre est devenue d'un rose terne ; en la trempant dans l'eau, elle reprenait une grande quantité de ce liquide avec dégagement d'air. Par la calcination, elle ne perdait plus que 0,154 : cette propriété qu'a le minéral de Confolens d'abandonner et de reprendre avec une si grande facilité une partie de son eau ne permet pas de déterminer avec exactitude la proportion de ce qu'elle en contient en combinaison.

L'analyse d'un échantillon très-pur, desséché à l'étuve, a donné :

| | Oxigène. |
|---------------|-------------|
| Silice..... | 0,575—0,299 |
| Alumine..... | 0,208—0,097 |
| Chaux..... | 0,024—0,007 |
| Magnésie..... | 0,024—0,009 |
| Eau..... | 0,154—0,137 |
| | 0,985. |

Ce minéral paraît être un composé de silicates et d'hydrates avec eau de cristallisation. On y trouve presque toujours un peu de fer et de manganèse ; mais je crois que ces métaux sont accidentels et proviennent de l'argile, dont il est extrêmement difficile de séparer les dernières parties. La couleur rose est due sans doute à une substance organique, comme celle du minéral de Quincy (Cher).

5. *Note sur le cuivre carbonaté argentifère de Kaltenthal*, régence de Spire (Bavière).

On trouve ce minéral dans le même grès que le plomb carbonaté de Bobenthal ; il y est disséminé en petites masses irrégulières, la plupart presque terreuses et quelques-unes concrétionnées. Sa couleur est le vert pâle ; mais il y a quelques morceaux qui sont nuancés de blanc.

M. Fournet a reconnu qu'il est toujours très-argentifère, et il a trouvé jusqu'à 0,02 de fin dans les échantillons qu'il a essayés.

Je l'ai traité par l'acide acétique bouillant, qui a dissous tout le carbonate de cuivre et tout le carbonate de plomb : j'ai précipité ce dernier métal de la dissolution par l'acide sulfurique, puis j'y ai ajouté de l'acide muriatique qui n'y a pas occasionné le moindre trouble. J'ai réduit le sul-

fate de plomb par le moyen du flux noir, et j'ai coupellé le culot; pour 10 gram. de minerai il n'est resté qu'un millig. d'argent = 0,0001, qui avait été dissous par l'acide acétique.

Le résidu insoluble dans cet acide était un sable composé de grains quarzeux qui paraissaient être enduits d'une substance noire très-fine. Je l'ai divisé en deux parties égales; j'ai fondu la première avec trois fois son poids de flux noir et deux fois son poids de litharge et j'ai coupellé le culot; il a laissé 5 centig. d'argent pour 10 gr. de minerai; d'où il résulte que celui-ci contient 0,01 de fin: j'ai traité la seconde moitié du sable par l'acide nitrique pur; il y a eu dégagement de gaz nitreux; la liqueur contenait de l'argent, du cuivre et du plomb, et le nouveau résidu, devenu d'un blanc très-légèrement rougeâtre, était mêlé d'une quantité assez notable de soufre pour qu'on pût le voir brûler en chauffant à la chaleur sombre. Après l'avoir grillé, je l'ai essayé pour argent, mais il n'en contenait pas la plus petite trace.

Le résultat de l'essai a été :

| | | |
|-------------------------------|-------|----------|
| Carbonate de plomb | 0,265 | } 1,000. |
| Carbonate de cuivre | 0,455 | |
| Sable, etc. | 0,270 | |
| Argent | 0,010 | |

L'argent n'est pas à l'état de carbonate dans le minerai de Kaltzenthal, puisqu'il ne se dissout pas dans l'acide acétique; il n'est pas non plus à l'état de chlorure, puisqu'il se dissout facilement et en totalité dans l'acide nitrique. Il est probable qu'il y existe combiné avec du cuivre, du plomb et du soufre.

Il y aurait deux moyens de traiter ce minerai

en grand: 1°. on enlèverait le plomb et le cuivre carbonatés par le moyen de l'acide acétique; on ajouterait aux liqueurs une quantité d'acide sulfurique suffisante seulement pour précipiter le plomb, et en évaporant ensuite on aurait de l'acétate de cuivre pur. On fondrait la partie insoluble, qui contiendrait 0,03 à 0,04 de son poids d'argent, au fourneau à manche, avec des matières plombeuses, etc.; 2°. on traiterait par l'acide sulfurique; le cuivre seul se dissoudrait et pourrait être obtenu à l'état de sulfate; le plomb, amené aussi à l'état de sulfate, resterait dans le résidu argentifère; on fondrait, etc.

Si l'on passait immédiatement le minerai au fourneau à manche, on obtiendrait un alliage de cuivre et de plomb très-riche en argent, et dont on ne pourrait extraire ce dernier métal qu'en exécutant la longue série des opérations de la liquation.

6. Eau minérale de Hombourg.

Il y a auprès de Hombourg, à quelques lieues au-dessus de Francfort-sur-le-Mein, plusieurs sources d'eau minérale dont on a, dit-on, essayé autrefois d'extraire le sel marin par la graduation.

On a analysé l'eau de la source n°. 4: elle est saturée d'acide carbonique et fait effervescence aussitôt que l'on débouche les flacons dans lesquels on l'a renfermée. Quand on la fait chauffer, elle se trouble et laisse déposer une matière pulvérulente d'un blanc un peu jaunâtre.

On y a trouvé:

| | | |
|-------------------------------|----------|---------------------------|
| Muriate de soude | 0,010720 | } sels solubles anhydres. |
| Muriate de chaux | 0,000863 | |
| Muriate de magnésie | 0,000732 | |
| Sulfate de chaux | 0,000050 | |

| | | |
|------------------------------|----------|------------------------|
| Carbonate de chaux. | 0,001333 | } matières insolubles. |
| Carbon. de magnésie. | 0,000050 | |
| Oxide de fer. | 0,000020 | |
| Silice. | trace. | |
| | 0,015773 | |

7. *Eau minérale de Creutznach près Bingen*
(Grand-Duché du Rhin).

Il y a auprès de Creutznach un grand nombre de sources minérales qui alimentent une saline fondée en 1784 (voyez *Journal des Mines*, t. 25, p. 321). Suivant M. l'ingénieur Manès, elles sortent toutes des collines de porphyre qui entourent le petit village de Munster; elles sont chaudes, mais à des degrés différens : leur température moyenne est de 15° R. : elles ne bouillonnent pas; cependant elles doivent contenir une quantité notable d'acide carbonique puisqu'elles contiennent du fer qu'elles laissent dépenser lorsqu'elles ont le contact de l'air. Leur salure et leur volume ne varient pas sensiblement.

L'eau d'une des sources, que l'on croit être celle de Carlshalle, a donné à l'analyse :

| | | | |
|-------------------|--|---------|------------|
| Sels anhydres. | Muriate de soude. | 0,00968 | } 0,01154. |
| | Muriate de chaux. | 0,00149 | |
| | Muriate de magnésie. | 0,00016 | |
| | Carb. de chx. et de magnés. Oxide de fer et silice. | 0,00021 | |

On n'y a pas trouvé la plus petite trace d'un sulfate quelconque.

On passe l'eau sur des bâtimens de graduation pour la concentrer; il se forme sur les épines un dépôt, qu'on a trouvé composé de

| | | |
|--------------------------------|-------|----------|
| Carbonate de chaux. | 0,847 | } 1,000. |
| Carbonate de magnésie. | 0,029 | |
| Oxide de fer. | 0,038 | |
| Silice gélatineuse. | 0,026 | |
| Humérite et perte. | 0,060 | |

Ce dépôt est très-peu considérable; il ne contient pas du tout de sulfate de chaux, nouvelle preuve que l'eau minérale ne renferme pas d'acide sulfurique.

L'eau graduée, marquant environ 14° $\frac{1}{2}$, renferme :

| | | | |
|-------------------|------------------------------|---------|------------|
| Sels anhydres. | Muriate de soude. | 0,13124 | } 0,15644. |
| | Muriate de chaux. | 0,02276 | |
| | Muriate de magnésie. | 0,00244 | |

Lesel qu'on fabrique à Creutznach est mêlé d'environ 0,01 de muriates de chaux et de magnésie.

On vend les *eaux-mères* aux fabricans de sel ammoniac à raison de 3 fr. le mètre cube; elles contiennent :

| | | | |
|-------------------|------------------------------|--------|-----------|
| Sels anhydres. | Muriate de soude. | 0,1190 | } 0,4250. |
| | Muriate de chaux. | 0,2790 | |
| | Muriate de magnésie. | 0,0270 | |

La température des sources de Creutznach, la constance de leur salure, de leur volume et de leur composition, doivent les faire assimiler aux sources minérales proprement dites; elles n'ont pas le moindre rapport avec les grandes sources salées de l'est de la France, etc., qui sont produites par des eaux pluviales qui passent à travers des masses d'argile et de gypses imprégnées de muriate de soude, de sulfate de magnésie et de sulfate de soude. Les eaux salées de ce dernier genre sont toujours froides, variables en volume et en salure, et elles contiennent outre le muriate de soude, du sulfate de chaux, du sulfate de magnésie et du sulfate de soude.

L'absence de tout sulfate dans une eau minérale est d'ailleurs un fait assez rare.

8. *Sel de Saint-Ubes (Sétubal) en Portugal.*

Le sel de Saint-Ubes est le meilleur que l'on connaisse pour la salaison de la morue; on l'extrait de l'eau de la mer dans des marais salans. Il est en gros grains brisés et très-blancs; sa saveur est sensiblement amère sans être désagréable. Lorsqu'on le chauffe en vases clos, à une chaleur ménagée, il s'en dégage de l'eau empyreumatique, dont l'odeur est due à quelques gouttes d'une substance huileuse qui passe avec elle à la distillation; les dernières portions de l'eau entraînent aussi une petite quantité d'acide muriatique.

J'ai reçu du sel de Saint-Ubes par deux voies différentes. Les deux échantillons n'avaient pas la même composition; ils m'ont donné à l'analyse :

| | Le 1 ^{er} . | Le 2 ^e . |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| Muriate de soude. . . . | 0,7500 | 0,8840 |
| Sulf. de magnésie. . . . | 0,0690 | 0,0440 |
| Eau de cristallisation. . . . | 0,0510 | 0,0520 |
| | 0,1200 | 0,0760 |
| Sulfate de soude. . . . | 0,0437 | |
| Eau de cristallisation. . . . | 0,0537 | |
| | 0,0974 | |
| Sulfate de chaux . . . | 0,0100 | 0,0100 |
| Humidité et huile. . . | 0,0226 | 0,0300 |
| | <hr/> 1,0000 | <hr/> 1,0000. |

Le second échantillon m'a été transmis par les négocians de Dunkerque qui en font un très-grand usage. Dans l'un et dans l'autre, le sulfate de chaux se trouve mêlé mécaniquement en grains cristallins très-blancs qu'on peut recueillir en traitant le sel par l'eau sans le broyer.

On ne fabrique pas en France de sel qui soit comparable à celui de Saint-Ubes pour la composition; cependant rien ne serait plus facile. En effet, on sait que l'eau de la mer renferme :

| | | | | |
|--------------------|---|---------------------------|---------|------------|
| Sels cristallisés. | } | Muriate de soude. . . . | 0,02470 | } 0,03580. |
| | | Sulfate de magnésie. . . | 0,00368 | |
| | | Sulfate de chaux. | 0,00122 | |
| | | Muriate de magnésie. . . | 0,00620 | |

Or, si après en avoir séparé environ la moitié du muriate de soude qu'elle contient, par l'évaporation à l'air libre dans les marais salans pendant la belle saison, on la conservait pendant l'hiver, dans des bassins particuliers, mis à l'abri de la pluie, il s'y formerait un dépôt cristallin qui contiendrait du sulfate de soude et du sulfate de magnésie, et dans lequel il y aurait d'autant plus du premier sel, que la température serait descendue plus bas. Dans les circonstances convenables, ce dépôt pourrait être identique avec le premier échantillon du sel de Saint-Ubes; il est certain au moins qu'il n'y aurait aucune difficulté à disposer les choses de manière à ce qu'il n'en différât pas beaucoup.

Le second échantillon serait encore plus facile à imiter. Dans les climats chauds, il suffirait de faire évaporer à-peu-près complètement l'eau de la mer à l'air libre, et c'est probablement ce que l'on fait ordinairement en Portugal: il est possible qu'à Saint-Ubes les bassins soient creusés dans du gypse blanc, et que les morceaux de sulfate de chaux que contient le sel viennent de là. Dans les pays humides, comme sur les côtes occidentales de la France, il faudrait concentrer l'eau dans les marais jusqu'à commencement de cristallisation et la faire évaporer ensuite dans des chaudières par le procédé des salines de l'Est: outre le sulfate de magnésie, le sel obtenu par ce moyen contiendrait du muriate de magnésie; mais il est probable qu'on séparerait

totale­ment celui-ci, en laissant pendant long-temps le sel en tas, pour qu'il s'égoutte.

L'eau des sources de la Meurthe, qui contient à-la-fois du sulfate de soude et du sulfate de magnésie, pourrait aussi fournir du sel analogue à ceux de Saint-Ubes, en faisant deux levées pendant la cristallisation, c'est-à-dire, en ne mêlant pas le premier sel, qui serait à-peu-près pur, avec le dernier, dans lequel tout le sulfate de magnésie se trouverait concentré.

On paraît croire généralement que le sel le plus pur est le meilleur pour tous les usages; il y a une multitude de faits qui prouvent que cette opinion est une erreur. Les bestiaux, par exemple, recherchent le sel dont la saveur est un peu amère, et à cause de cela on a été obligé en Savoie d'abandonner la cristallisation sur les bâtimens à cordes à l'air libre, quoiqu'elle fût très-économique, parce qu'il en résultait du sel presque pur: la préférence que les pêcheurs de morues donnent au sel de Saint-Ubes sur les meilleurs sels de France est un autre fait encore plus contraire à cette opinion. C'est évidemment à la grande proportion de sulfates qu'il renferme que le sel de Saint-Ubes doit ses excellentes qualités relativement aux salaisons; l'analyse fait voir que cette proportion varie beaucoup et que les deux sulfates peuvent se suppléer-réciproquement; mais il y a certainement une proportion de ces deux sels, ou de l'un de ces sels, qui serait préférable à toute autre: à cet égard, les préparateurs de salaisons auraient des recherches très-utiles à faire, et qu'eux seuls peuvent entreprendre, parce que pour arriver à un résultat satisfaisant, il faudrait opérer sur d'assez

grandes masses, afin de pouvoir consulter les consommateurs sur la qualité des viandes salées.

9. *Plomb sulfaté argileux de Badenvillers* (Grand-Duché de Bade).

Ce minéral a remplacé tout-à-coup le plomb arséniaté que l'on exploitait depuis long-temps à Badenvillers; il est compacte, à cassure inégale, grenu, à grains fins, opaque et d'un rouge d'ocre pâle, veiné de parties cristallines blanches ayant l'éclat diamantaire, et de quelques grains d'un jaune de soufre: c'est un mélange en proportions variables de sulfate de plomb, de carbonate de plomb et d'argile ferrugineuse. Un échantillon exempt de carbonate de plomb a donné, à l'analyse:

| | | |
|----------------------|-------|----------|
| Sulfate de plomb.... | 0,848 | } 1,000. |
| Argile ferrugineuse. | 0,132 | |
| Eau. | 0,020 | |

Il ne contient ni sulfate de baryte ni acides muriatique, phosphorique ou arsénique.

10. *Minéral de fer magnétique des environs de Saint-Brieux* (départ. des Côtes-du-Nord).

On annonce que ce minéral forme à la surface du sol un monticule non stratifié, et qu'il se divise en très-gros blocs: il est noir, sans éclat métallique; sa texture est comme oolithique, quelquefois un peu schisteuse ou fibreuse; il est mêlé d'une substance pierreuse rougeâtre, qui s'y trouve disséminée en très-petite quantité. Il est très-fortement magnétique; mais il n'a pas de pôles. L'acide muriatique l'attaque facilement: le résidu est un peu gélatineux et noir; il se compose de silice, d'une combinaison de silice et d'a-

lumine et de charbon. La dissolution muriatique renferme du protoxide et du peroxide de fer et de l'alumine.

Quand on calcine le minerai réduit en poudre, à creuset ouvert, il perd 0,036 et il devient rouge; mais ses diverses parties ne paraissent pas avoir la même intensité de couleur; la poussière calcinée est encore très-fortement magnétique. On a trouvé dans un échantillon d'apparence homogène :

| | | |
|---------------------------|-------|----------|
| Peroxide de fer. | 0,488 | } 1,000. |
| Protoxide de fer. | 0,254 | |
| Alumine. | 0,133 | |
| Silice. | 0,110 | |
| Oxide de chrome. | 0,003 | |
| Charbon et perte. | 0,032 | |

Essayé au creuset brasqué avec 0,20 de carbonate de soude, il a donné 0,525 de fonte.

Pour le traiter en grand, il sera nécessaire d'y ajouter des matières quarzeuses et de la castine. J'ai employé, dans une expérience, 0,15 de quartz pur et 0,25 de carbonate de chaux et la fusion a été parfaite : la scorie était compacte, vitreuse, transparente et d'un vert bouteille clair et très-beau; elle devait cette couleur à l'oxide de chrome. Il serait très-convenable de le mélanger avec des scories de forges qui sont toujours chargées de silice et qui ne contiennent presque pas d'alumine.

Le minerai de Saint-Brieux pourrait être considéré comme un mélange de fer oxidé magnétique et de silicate d'alumine AS; mais il est possible aussi qu'une partie de la silice et de l'alumine y soit combinée avec du fer : c'est ce que l'on apprendra en examinant comparativement plusieurs échantillons pris en différens points du gîte.

ESQUISSE GÉOLOGIQUE

De l'île d'Anglesey, et description de l'exploitation et du traitement des minerais de cuivre que renferme cette île;

PAR M. VICTOR-FRÈRE-JEAN.

L'ÎLE d'Anglesey, située à l'ouest du pays de Galles, sur les côtes occidentales de l'Angleterre, est d'une forme à-peu-près circulaire : ses deux dimensions sont environ de 9 lieues et de 7 lieues; dans sa partie la plus ouest, celle qui est plus exposée aux vents, elle n'offre en général qu'un aspect sauvage, une culture négligée, une atmosphère très-humide. Son sol âpre n'est formé que de débris schisteux, recouverts de quelques pâturages, qui suffisent à peine à la nourriture d'un petit nombre d'animaux. Des roches se prononcent en collines créées, qui laissent entre elles des intervalles plats, dont la surface n'admet que peu de végétaux.

La portion de l'île la plus rapprochée de la terre, c'est-à-dire celle qui regarde le comté du *Carnavon*, offre un paysage plus riant; quelques mouvemens de terrain varient les aspects, et la terre, cultivée avec plus de soin, répond aux efforts des agriculteurs.

Dans son extrémité nord-ouest, l'île d'Anglesey présente un terrain composé de roches schisteuses alternant quelquefois avec la grauwacke, de serpentine et de granite. Une bande de grès rouge ancien divise en quelque sorte l'île en deux; le centre est formé de calcaire à encrines

Aspect du
pays.

Constitution
géologique
de l'île.

(*carboniferus limestone* ou *mountain limestone*) et de terrain houiller. Ce dernier renferme une couche de houille; enfin, son extrémité sud-est présente la siénite et le trapp. Le terrain schisteux et granitique est peut-être primitif; mais il est plus probable qu'on doit le rapporter aux terrains de transition les plus anciens. Quant au calcaire à encrines et au vieux grès rouge, ils sont immédiatement au-dessus des terrains houillers et appartiennent aux terrains de transition les plus modernes.

Gîte miné-
ral.

On exploite du minerai de cuivre dans un seul lieu de l'île d'Anglesey. On a cherché vainement à rencontrer ce métal dans les montagnes les plus voisines dont la composition géologique était absolument la même: ce lieu est appelé *Hamlet*. Un petit village qui porte le même nom s'est élevé et sert d'asile aux ouvriers employés dans les travaux; *Hamlet* est rapproché du bourg d'*Hamlich* et du port de ce nom.

Les collines qui forment le groupe dans lequel existe le gisement de cuivre présentent des flancs déchirés dépourvus de toute végétation. Elles sont séparées les unes des autres par des vallées peu profondes qui ressemblent à des bassins. Parmi ces élévations, la colline qui renferme les richesses minérales est plus vaste dans sa base, et présente à son sommet un plateau beaucoup plus grand; sa superficie est au moins de 2000 mètres carrés: sur cette plate-forme, qui n'affecte aucun contour régulier, on a creusé successivement comme dans le travail d'une carrière.

Le cuivre pyriteux paraît avoir été d'abord rencontré en masse, à peu de distance de la sur-

face du terrain, et les travaux se sont approfondis à mesure que les masses ou rognons pyriteux s'enfonçaient. La profondeur actuelle des travaux est de 150 mètres.

Les différentes roches qui composent cette formation sont de l'espèce *phylade*, *clag slate* des Anglais; on y voit le *schiste ardoise*, ou la *grauwacke schisteuse*; la *cornéenne lydienne* de M. Brongniart, le *schiste luisant* du même auteur, la *serpentine* où le *quarz* domine, et qui passe presque au *quarz* pur, la *serpentine* passant à la *stéatite*; d'abondantes couches de *quarz* très-imprégné de sulfure de fer, des filons de *silex corné*, du schiste argileux rougeâtre de l'espèce dont Kirvan a donné une analyse.

La disposition des couches est tellement irrégulière qu'il n'est pas possible de leur assigner une inclinaison, et même elles se penchent les unes les autres de manière à faire croire qu'elles sont le résultat d'un grand bouleversement.

Le cuivre pyriteux forme des systèmes de petits filons entrelacés, et n'étant en quelque sorte que les ramifications d'une seule masse; il a pour gangue ordinaire du *silex*, de la *lydienne* et de la *serpentine*. Les filons qu'on poursuit maintenant n'ont pas de directions ni d'inclinaisons constantes; ils se réunissent en forme d'étoile pour former des agglomérations de minerais (1). La

(1) En 1750, on trouva une masse énorme de cuivre pyriteux qui avait la forme elliptique, et qui présentait sous son petit axe une épaisseur d'à-peu-près 20 mètres; plusieurs filons de 2 mètres de puissance se réunissaient à cet amas et concouraient à la richesse de l'exploitation, qui, à cette époque, s'élevait à un produit de 2 à 3 millions de kilogr. de cuivre par an.

puissance de ces filons varie depuis 2 décimètres jusqu'à 2 et 3 mètres ; en général, ils sont très-peu homogènes, et sur une épaisseur d'un mètre le minerai est disséminé au point de ne présenter qu'une épaisseur de 3 à 4 décimètres, les intervalles étant remplis par la gangue. Le sulfure de fer est très-abondant dans cette mine ; on y trouve aussi du sulfure noir de zinc, et quelquefois, mais rarement, du cuivre métallique. Je n'ai ni vu ni entendu parler d'aucune autre substance minérale accompagnant le cuivre pyriteux d'Anglesey.

Substances
minérales
qui accom-
pagnent le
cuivre pyri-
teux.

Quelques-uns de ces filons de cuivre très-épais, s'enfonçant dans le sein de la terre, ont été poursuivis en larges tranchées : en sorte que sur les parois de cette immense ouverture on voit des cavités tellement profondes, que les hommes qui y travaillent à la recherche du minerai paraissent d'une extrême petitesse. Le bruit des coups de mine est d'un effet remarquable ; le son en est varié et modifié dans son passage par les ouvertures plus ou moins grandes, et il en résulte une harmonie bizarre qu'on rencontre rarement.

Cette mine, exploitée à ciel ouvert, présente une ouverture irrégulière effrayante : on ne peut refuser d'admettre qu'elle n'ait été exploitée depuis un temps immémorial par les Romains ; les espaces vides, les déblais sortis attestent un travail assidu pendant de longues années, et du cuivre métallique trouvé sous la tourbe prouve que ce métal a été fondu dans ce lieu.

Mode d'ex-
ploitation.

Le mode d'exploitation consiste à suivre, à différentes hauteurs, sur les coupes verticales de

l'excavation, les filons qui s'étendent d'un centre comme autant de rayons.

Le minerai est extrait du fond de l'exploitation avec des seaux élevés par des treuils à bras ; les parois des excavations sont verticales, et sont assez fréquemment recouvertes, dans toute leur hauteur, de cristaux de sulfate de cuivre ; les débris et les substances stériles servent à combler d'anciens travaux abandonnés.

Le vaste dépôt de cuivre qui a été formé dans cet endroit paraît avoir été la conséquence d'un grand trouble dans les formations environnantes : en sorte, qu'ainsi que nous l'avons dit, l'inclinaison des couches est variable, et qu'on ne peut pas reconnaître leur association. Les filons de minerai se perdent insensiblement dans leurs gangues, et font en quelque sorte partie de la roche qui les accompagne, ce qui leur assigne une époque de formation contemporaine.

Les eaux de cette mine sont très-peu abondantes ; une seule machine à feu, de la force de 6 chevaux, placée à quelque distance de la grande ouverture, suffit pour les extraire ; elles sont très-chargées de sulfates de cuivre et de fer ; elles servent à laver le minerai concassé préalablement, et de là elles se rendent dans plusieurs vastes bassins, où on précipite le cuivre avec des ferrailles et des débris de fonte. Les eaux passent d'un réservoir à l'autre jusqu'à trois ou quatre fois, et après avoir subi le même nombre de précipitations, elles se rendent dans la mer. Lorsque ces eaux ont été en contact pendant quelques mois avec la fonte, elles prennent une couleur jaune et déposent de l'ocre, qu'on recueille à différentes époques : ces eaux sont continuellement

remuées avec des racloires pour renouveler les contacts.

La quantité de cuivre de cémentation qu'on recueille chaque jour dans ces mines fait regretter la masse énorme de ce métal qui a été perdue pendant tant d'années, avant que la chimie nous eût enseigné ce mode de précipitation.

Préparation
du minerai.

Le minerai, au sortir de la mine, est exposé à l'action d'un courant d'eau qui nettoie parfaitement sa surface: en sorte qu'il est facile de séparer les morceaux de gangue du minerai pur: ce sont de petites grilles de fer suspendues, sur lesquelles tombe continuellement un courant d'eau; il suffit, lorsque les pyrites de cuivre y sont placées, de les remuer de temps en temps pour que toutes leurs surfaces soient exposées à l'action de ce liquide. Après ce lavage, le minerai est concassé avec des marteaux, en fragmens de la grosseur d'une noix; on occupe à ce travail, dans cette exploitation comme dans toutes les autres, les femmes et les enfans.

Les pyrites de cuivre sont grillées pour en retirer une partie du soufre qu'elles contiennent. Pour exécuter ce grillage, on construit sur un espace de 7 mètres sur 3, placé de manière à recevoir l'action de l'air en mouvement, de petites murailles de briques d'environ 5 décimètres d'élévation, disposées perpendiculairement entre elles; on ménage six ou huit ouvertures, qui doivent permettre à l'air d'activer la combustion; elles ont 2 décimètres de diamètre et sont placées au niveau du sol. On remplit cet espace, jusqu'à la hauteur de 3 décimètres, de houille ou de tourbe, ayant soin de ménager des intervalles qui correspondent aux ouvertures des côtés; on

place par-dessus le minerai, de manière à former une pyramide quadrangulaire tronquée; on en amoncelle à-la-fois à-peu-près 40,000 kil. La surface du minerai est ensuite recouverte de pierres plates et larges, et par-dessus on y applique de la terre, en laissant toutefois à découvert sur la surface supérieure, et dans deux ou trois endroits de chaque face, des espaces sur lesquels on construit de petits canaux en briques, qui sillonnent diagonalement les plans de la pyramide, et dont leur partie inférieure se rend dans une voûte isolée, de 2 mètres de haut sur 1 mètre de large, où le soufre se condense à l'état de *fleur de soufre*.

Ces grillages s'effectuent pendant environ 9 mois, à diverses reprises, et on ne s'arrête que lorsque le minerai ne contient plus une assez grande quantité de soufre pour alimenter la combustion.

Le minerai ainsi grillé est porté à la fonderie placée près du port d'Hamlich, position qui lui permet de recevoir les charbons qui viennent d'Anglesey, ceux de *bagilt* (Flint-shire), et d'exporter ses produits dans les différentes parties du monde.

M. Brongniart, dans sa *Minéralogie*, dit que le cuivre pyriteux d'Anglesey renferme depuis 16 jusqu'à 40 pour 100 de cuivre métallique. Je crois que la quantité moyenne, ou le contenu moyen du minerai, est de 10 pour 100 environ. Le produit annuel de ces mines est d'environ 80,000 quintaux métriques.

On ne fait usage pour la réduction de ce minerai d'aucun fondant; il ne contient point, comme celui du Cornouailles, une grande quan-

Teneur du
minerai.

tité de quartz, substance qui permet d'employer avec succès la chaux fluatée, ainsi qu'on peut le voir dans les fonderies de *Swansea*, entre autres dans la plus remarquable, celle de M. Vivian.

La réduction des pyrites se fait dans des fours à réverbère d'une forme pareille à celle adoptée à *Swansea* pour le traitement du minerai du Cornouailles; seulement les dimensions sont plus petites et proportionnelles. Les charges sont de 900 à 1000 kilog., et c'est environ après sept fontes successives (suivant que le minerai a été plus ou moins grillé) que l'on obtient du cuivre susceptible d'être soumis à l'opération de l'affinage.

On obtient de la première fonte une matre, qui est le produit d'un silicate qui se forme par la combinaison du quartz avec l'oxide de fer; cette matre est grenailée, grillée, fondue, et subit une série d'opérations analogues avant de donner du cuivre propre à l'affinage.

Le cuivre de cémentation combiné avec beaucoup d'oxide de fer ne peut être immédiatement mêlé avec le cuivre prêt à subir l'opération de l'affinage: aussi est-il, dès la deuxième fonte, soumis à l'action du soufre qui doit le dégager du fer qu'il contient; car on sait que le silicate de fer ne dissout pas, ou ne dissout que très-peu, d'oxide de cuivre.

On amène le cuivre à l'état de pureté, ou à la forme de cristallisation convenable qui correspond à son *maximum* de ténacité, par l'emploi successif d'un courant d'air introduit dans le four par les portes ouvertes; de charbon de bois jeté à sa surface, ou, enfin, par une branche de bois vert, qui, en produisant une effervescence

considérable, renouvelle les contacts du métal et enlève une partie de l'oxigène, laisse la dose d'oxide de cuivre, qui, mêlée intimement avec le cuivre pur, doit former le composé malléable. On doit observer que dans cette opération il y a un juste milieu à garder: trop de charbon de bois employé, ou bien encore une température trop basse, donnent aux molécules du cuivre une forme de cristallisation, soit cubique, soit en rayons brillans, qui n'est point celle qui procure de la ténacité au cuivre; au contraire, une température trop élevée ou un courant trop rapide d'oxigène lui donne une couleur rouge brique, une cristallisation radiée sans reflets, ou, enfin, une forme grenue, dont les molécules sont très-fines, et dont je n'ai pu déterminer la forme cristalline; ce dernier état est encore peu convenable au cuivre destiné à être travaillé, soit sous le laminoir, soit au marteau. La forme qui annonce le plus de ténacité est radiée en rayons déliés qui présentent des reflets en masse; lorsque le cuivre est en fusion, il arrive souvent que, dans l'espace de dix minutes, il passe successivement à ces trois états.

Pour s'assurer si le cuivre est assez raffiné, on coule un petit parallépipède d'environ 6 pouces de long avec une base de 2 pouces sur 9 lignes, et des hommes munis de gros marteaux le battent pour voir s'il résiste à la percussion. L'opération se répète jusqu'à ce que le cuivre la soutienne: alors on fait la coulée; lorsque le cuivre a dépassé sa forme convenable pour la ténacité, on le ramène à cette forme au moyen d'une branche de bois vert ou avec du charbon de bois, et en général on réussit toujours; mais

alors, comme le disent les martineurs, le cuivre est énérvé. On ne peut se refuser de croire, d'après cela, que le cuivre pur est susceptible de se combiner dans de certaines proportions avec son oxide, et de produire ainsi un métal composé plus malléable que le cuivre pur; c'est pour atteindre à cette juste combinaison (condition essentielle de la ténacité du cuivre), qu'on forme ou qu'on détruit de l'oxide de cuivre suivant le besoin, pour arriver, en alternant ces moyens, à un plus grand rapprochement des proportions convenables.

Dans tous les établissemens de France où l'on traite le cuivre, même dans ceux qui sont les plus avancés, on se contente de consulter son grain sans l'éprouver par la percussion.

L'exploitation des mines de cuivre d'Anglesey est sous la conduite de MM. Joseph Johes et William Morgan esquire. La masse de minerai de cuivre produite par ces mines est traitée entièrement dans les belles usines à cuivre de MM. William et Pascow grenfell à Holyhead, qui répandent dans le reste du monde leurs produits manufacturés.

FORMULES

Relatives à la force de la fonte et des matériaux de construction en général, d'après M. TREGOLD, ingénieur anglais.

M. TREGOLD vient de publier un *Essai pratique sur la force du fer coulé et d'autres métaux*, qui est bien certainement un des ouvrages les plus importans pour les ingénieurs de toute espèce, et principalement pour les ingénieurs des mines et usines; il sera pour le fer fondu ce qu'est l'excellent ouvrage de M. Duleau sur le fer forgé. M. Duverne, en traduisant dans notre langue cet essai pratique, nous a rendu un vrai service (1).

L'auteur, d'après sa propre expérience, je dirai même d'après l'expérience générale dans un pays où la fonte a remplacé et depuis plusieurs années en grande partie, les bois de charpente, a établi des formules algébriques exprimant la résistance que la fonte, dans ses diverses formes et positions, oppose à la pression, à la torsion, au choc, etc. Il donne d'abord des formules générales qu'on peut employer pour le fer, les bois, etc., et puis il les applique à tous les divers cas que peut présenter l'emploi de la fonte. Naturellement elles sont exprimées en poids et mesures anglaises: ces poids et mesures ont été conservés dans la traduction; ils y sont seuls employés. Nous nous

(1) Cette traduction se vend chez M. Bachelier, libraire, quai des Augustins.

sommes occupés, pour notre usage particulier, à traduire les principales de ces formules en poids et mesures métriques : en ce nouvel état, elles pourront être plus dans les habitudes de ceux qui ont recours à ce recueil, et nous les y insérons.

L'auteur établit ses formules sur deux données fondamentales, la *force de cohésion* et l'élasticité, ou *extensibilité* des matières qu'il considère.

Fixons l'acception donnée dans son travail à ces expressions.

Si l'on suspend un poids à une barre de fonte ou de toute autre substance, la barre s'allongera ; le poids étant retiré, elle reviendra à son premier état en vertu de son élasticité ; mais ce retour à l'état primitif n'aura lieu qu'autant que l'extension n'a pas dépassé une certaine limite. Le poids qui a mené la barre à cette limite d'élasticité représentera la *force de cohésion*, et l'allongement qu'il aura produit sera l'*extensibilité*.

Dans les constructions, on ne doit point charger les pièces au-delà de ce terme, bien qu'il soit encore éloigné du terme extrême de cohésion et d'extensibilité, de celui auquel la rupture a lieu. D'après les expériences rapportées par l'auteur, on conclut que le poids qui fait rompre une barre de fonte est $2\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{2}$ fois plus grand (suivant la qualité de la matière), que celui qui produit un commencement d'altération dans l'élasticité : il en est à-peu-près de même pour le fer forgé.

Nous donnons ici, d'après M. Tredgold, et pour les principales matières usitées dans les constructions ou machines, le poids et l'extensibilité qui produisent ce commencement d'alté-

ration dans l'élasticité. Ces poids sont réduits à un centimètre carré de la section d'un barreau de la substance en question ; l'extensibilité est donné en fractions de la longueur du barreau, ou, si l'on veut, en fractions de mètre par mètre de longueur.

| SUBSTANCES ESSAYÉES. | Cohésion ou | Extensibilité par |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------|
| | poids par cent. car. | mét. de longueur. |
| | kil. | mét. |
| Fonte (ou fer fondu)..... | 1075 (1) | 0,000830 |
| Fer forgé..... | 1250 (2) | 0,000713 |
| Acier..... | 9137 (3) | 0,004485 |
| Bronze des canons..... | 703 | 0,001043 |
| Cuivre jaune..... | 1265 | 0,000750 |
| Plomb fondu..... | 105 | 0,002088 |
| Étain..... | 202 | 0,000625 |
| Zinc coulé..... | 401 | 0,000238 |
| Chêne..... | 278 | 0,002325 |
| Orme..... | 228 | 0,002415 |
| Hêtre..... | 166 | 0,001754 |
| Pin (d'Amérique)..... | 274 | 0,002415 |
| Sapin rouge..... | 302 | 0,002128 |
| Sapin blanc..... | 255 | 0,001984 |
| Marbre blanc..... | 127 | 0,000528 |
| Pierre de taille (calcaire)..... | 60 | 0,000559 |
| Baleine (fanon)..... | 351 | 0,006867 |

(1) En divisant le nombre exprimant la cohésion par celui qui représente l'extensibilité, nous aurons le *module d'élasticité*, ou plutôt sa 10000^e partie; ce sera 130. L'auteur a essayé une douzaine de fontes; les modules ont varié de 120 à 145 : la bonté de la fonte est en raison du module. Le nombre 130 peut être regardé comme le *minimum* pour la fonte grise, la seule qu'on doive employer.

(2) Le module résultant des nombres adoptés par l'auteur est 175 kil. : il se rapporte aux fers anglais; dans cinq de ces fers soumis à l'expérience, la variation a été de 162 à 191; dans trois échantillons de fer de Suède, de 220 à 234; dans des échantillons de fer de Périgord, essayés par M. Duleau, de 204 à 224.

M. Duleau n'admet qu'à 600 kil. le poids que l'auteur porte à 1250 pour force de cohésion.

(3) Le module d'élasticité donné par M. Tredgold est bien, conformément au tableau, 204; mais je crains qu'il n'y ait erreur dans les deux nombres qui donnent ce rapport, que ces nombres ne soient trop forts, et que 9137 kil. ne se rapportent à la cohésion absolue, c'est-à-dire qu'il ne soit celui qui occasionne la rupture.

Dans nos formules, toutes les longueurs sont exprimées en mètres et tous les poids en kilogrammes ;

Les poids et mesures anglais ont été traduits sur les deux bases suivantes :

1 livre anglaise = 0,4535 kilog.

1 pied anglais = 0,3048 mètres.

Cela posé, soit

f = force de cohésion. Pour réduire à l'unité de mesure au mètre (carré) les poids exprimant cette force dans le tableau ci-dessus, il faudra les multiplier par 10000 : ainsi, pour la fonte, on aura $f = 10750000$ kil. ;

e = extensibilité, telle qu'elle est notée au tableau ;

$\eta = \frac{f}{e} = \text{module d'élasticité}$;

f_e = ce que les auteurs anglais nomment *module de résilience* ;

P = le plus grand poids dont une pièce puisse être chargée sans que son élasticité en soit altérée ;

p = un poids quelconque dont une pièce serait chargée ;

I = la plus grande courbure ou inflexion à donner ; c'est-à-dire celle correspondante à la charge P ;

i = inflexion correspondante à un poids p ;

a = angle de torsion d'une barre, en degrés ;

l = longueur d'une barre ;

b = largeur de la barre ;

d = épaisseur ou dimension parallèle à la direction de la force (dimension verticale ou *tombee* dans une poutre) ;

d = aussi le diamètre des barres cylindriques ;

n = diamètre intérieur divisé par le diamètre extérieur dans un cylindre creux.

1. Pression transversale.

Une barre rectangulaire, de largeur et épaisseur uniformes, étant appuyée sur ses extrémités et chargée en un point quelconque dont les distances aux appuis sont q et r , on a généralement

$$P = \frac{fbd^3l}{6qr}$$
 ;

Si la barre est chargée au milieu $P = \frac{2fbd^3}{3l}$;

Si la barre était uniformément chargée dans toute sa longueur, on aurait la valeur de P en multipliant l'expression précédente par $\frac{8}{5}$;

Si la barre était carrée et que la pression agit dans le sens de la diagonale, on diviserait par $\sqrt{2}$;

Si la barre était cylindrique, on multiplierait par 0,589 ;

Si le cylindre était creux, on multiplierait encore par $1 - n^4$.

Pour la fonte, $f = 10750000$ kilog. : ainsi, par la plus grande charge, à faire porter à

Une barre rectangulaire soutenue par ses deux extrémités, et chargée en un point quelconque,

$$P = 1790000 \frac{bd^3l}{6qr}$$

Pour une barre chargée au milieu,

$$P = 7170000 \frac{bd^3}{l}$$

Pour une barre uniformément chargée dans toute sa longueur,

$$P = 11470000 \frac{bd^3}{l}$$

Pour un cylindre creux, chargé au milieu,

$$P = 4220000 \frac{d^3}{l} (1 - n^4);$$

lorsque le cylindre est plein, $n = 0$.

De ces formules et de quelques observations de pratique, M. Tredgold donne pour la plus grande charge à faire supporter aux tourillons d'un arbre, $600000d^2$; et $d = 1,2 l$, d et l étant les diamètres et longueurs des tourillons.

Dans la pratique, lorsque des pièces en fonte, telles que des poutres, sont destinées à supporter une grande pression, on augmente leur largeur, mais sur les deux bords seulement. Soit b la largeur augmentée, b' la largeur primitive, celle du milieu de la pièce, d l'épaisseur totale, d' celle du milieu non élargi, faisons.

$$\frac{b - b'}{b} = s, \text{ et } \frac{d'}{d} = t,$$

on aura pour la charge que la pièce peut supporter dans son milieu...

$$P = 7170000 \frac{bd^2}{l} (1 - st^3).$$

On fait très-convenablement dans la pratique $s = 0,625$ et $t = 0,7$, et l'on a

$$P = 5630000 \frac{bd^2}{l}.$$

Si la partie non élargie est supprimée, en n'y laissant que des baguettes pour empêcher les bords de se rapprocher, il en résulte une pièce ou poutre à jour, dont la plus grande charge, toujours au milieu, serait

$$P = 7170000 \frac{bd^2}{l} (1 - t^3).$$

Lorsqu'une pièce est fortement fixée par une extrémité, et qu'elle est chargée à l'autre extrémité, la charge qu'elle peut supporter n'est que le quart de ce qu'une pièce de même longueur porte au milieu, et l'on a

$$P = 1790000 \frac{bd^2}{l}.$$

Il en est de même pour la charge appliquée à l'extrémité d'une manivelle.

Si la charge portée par une pièce fixée dans une maçonnerie, et dont la saillie égale l , est uniformément répartie sur cette partie saillante (comme pour le support d'un balcon), la charge est double de la précédente (plus exactement elle en est les $\frac{2}{3}$, d'après M. Duleau).

2. Plus grande inflexion.

Sous la charge P ci-dessus déterminée.

Pour une barre d'égale épaisseur et largeur, et soutenue par ses extrémités, l'inflexion sera généralement

$$I = \frac{el^2}{6d}$$

Dans la fonte, $e = 0,000830$: ainsi...

$$I = 0,000138 \frac{l^2}{d}.$$

Pour une barre fortement fixée à une extrémité et chargée à l'autre (comme pour une manivelle), l'inflexion est quatre fois plus forte.

Si une barre est implantée dans un mur, qu'elle porte une charge à son extrémité, et que la partie implantée puisse prendre de la cour-

bure, l' étant la longueur de cette partie et l celle de la partie saillante, on aura

$$I = 0,000553 \frac{l^2}{d} \left(1 + \frac{l'}{l} \right).$$

Il en serait de même pour un balancier rectangulaire, les deux bras étant l et l' .

Dans une barre de largeur uniforme, mais dont l'épaisseur aux deux extrémités ne serait que moitié de celle du milieu, l'inflexion serait 1,63 fois plus considérable que dans le cas d'une épaisseur uniforme.

Si l'épaisseur était limitée par une parabole, l'inflexion serait double : c'est le cas ordinaire des balanciers des machines à vapeur. Pour un tel balancier on aurait

$$I = 0,001106 \frac{l^2}{d} \left(1 + \frac{l'}{l} \right).$$

Dans ces expressions d'inégale épaisseur, d se rapporte au point où l'épaisseur est la plus grande.

L'auteur examine l'inflexion qui aurait lieu dans des barres de différentes formes, et qui en même temps seraient des solides d'égale résistance.

3. Inflexion sous une charge donnée.

Une barre rectangulaire, soutenue sur ses extrémités et chargée au milieu d'un poids p , aura pour inflexion

$$i = \frac{pl^3}{4mbd^3}.$$

Pour la fonte, le module m est

$$\frac{10750000}{0,00083};$$

donc

$$i = \frac{pl^3}{51.800.000.000 bd^3}.$$

Si la pièce était uniformément chargée, l'inflexion serait les $\frac{5}{8}$ de la précédente.

La force d'un cylindre étant les 0,589 de celle du prisme carré circonscrit, on aura

$$i = \frac{pl^3}{30.510.000.000 d^4};$$

et pour un cylindre creux, chargé au milieu,

$$i = \frac{pl^3}{30.510.000.000 d^4 (1-n^4)}.$$

Dans la pratique, on ne donne guère aux grands arbres des roues plus d'un millimètre par mètre d'inflexion : on aurait alors, pour expression du diamètre,

$$d = \sqrt[4]{\frac{pl^2}{30.510.000 (1-n^4)}}.$$

Ainsi qu'il a été remarqué, les inflexions seraient quatre fois plus considérables pour des barres fixées à une extrémité et chargées à l'autre.

4. Résistance à la torsion.

Soit P le poids porté par l'extrémité du rayon R d'une roue placée sur un arbre, et produisant la plus grande torsion que cet arbre puisse convenablement prendre, on aura généralement

$$P = \frac{fd^2 (b^2 + l^2)}{12 R l}.$$

Pour un arbre rectangulaire en fonte,

$$P = 896000 \frac{d^2 (b^2 + l^2)}{R l}.$$

Lorsque la longueur est sensiblement plus grande que les autres dimensions, M. Tredgold établit :

Pour un arbre carré

$$P = 1266000 \frac{d^3}{R};$$

Pour un arbre cylindrique

$$P = 1053000 \frac{d^3}{R}.$$

A étant le plus grand angle de torsion qu'on puisse faire éprouver sans danger à un arbre, on a

$$A = 229 \frac{l_e}{d},$$

et si l'arbre est en fonte,

$$A = 0,190 \frac{l}{d}.$$

Sous un poids quelconque p , l'angle de torsion a sera, pour un arbre rectangulaire,

$$a = \frac{1391 PRl}{m b d^2}.$$

On aurait une expression analogue pour un arbre creux et cylindrique. Si l'angle de torsion était donné, le diamètre serait exprimé par

$$d = \sqrt[4]{\frac{2340 PRl}{ma(1-n^4)}},$$

ou

$$d = \sqrt[4]{\frac{PRl}{5530000 \cdot a(1-n^4)}}.$$

Lorsqu'on veut de la précision dans les mouvements, on ne donne pas à l'angle de torsion plus de 2° ;

Lorsqu'il en faut beaucoup, 1° ;

Enfin, dans les engrenages où il faut une très-grande exactitude, on ne donne que $\frac{1}{4}$.

5. Résistance à la pression longitudinale et à la tension.

Lorsqu'une force de pression agit contre une barre rectangulaire, si

d = petit côté de la section ;

c = angle que la direction de la force fait avec l'axe de la barre ;

u = distance qui sépare cette direction de l'axe au point où la direction agit sur la barre.

On a généralement, pour la plus grande charge, P

$$P = \frac{fbd^2}{d \cosin. c + 6u \cosin. c + 3l \sin. c},$$

qui se réduit dans le cas où la direction est parallèle à l'axe, cas où $c = 0$, à

$$P = \frac{fbd^2}{d + 6u},$$

et, lorsque la direction coïncide avec l'axe, à

$$P = fbd.$$

Ces formules ne conviennent que pour des pièces ou supports très-courts; mais si les supports sont allongés comme sont des piliers, vu la flexibilité de la matière, on a

$$P = \frac{fbd^2}{d + 6u + \frac{6el^2}{4d}},$$

ou, si le pilier est en fonte,

$$P = \frac{10750000 bd^3}{d^2 + 6ud + 0,00125 l^2}.$$

Pour une colonne de même matière,

$$P = \frac{6750000 d^4}{d^2 + 6u + 0,00125l^2}$$

Dans la pratique, on admet que la charge porte ou peut venir à porter sur le bord de la base supérieure de la colonne : alors $u = \frac{1}{2}d$, et

$$P = \frac{6750000 d^4}{4d^2 + 0,00125 l^2}$$

ce qui donne pour l'expression du diamètre qui convient à une charge quelconque p

$$d = \sqrt{\frac{2p}{6750000} + \sqrt{\frac{0,00125 l^2 p}{6750000} + \frac{4p^2}{(6750000)^2}}$$

Si une barre de fonte ou de toute autre matière, au lieu d'être pressée par un poids, était tirée par ce même poids, la plus grande charge à donner serait

$$P = \frac{f b d^2}{d + 6u - \frac{6 e l^2}{4d}}$$

ou simplement, s'il n'y a point de courbure,

$$P = \frac{f b d^2}{d + 6u}$$

6. Résistances au choc.

On ne peut imprimer qu'une certaine vitesse aux parties d'une construction ou d'une machine qui ont des résistances à vaincre.

L'expression de cette plus grande vitesse V , pour qu'il n'y ait pas altération dans l'élasticité du corps, est généralement donnée par

$$V = \sqrt{\frac{gTS}{M}}$$

S'étant l'inflexion produite par la pression T , et M la masse de la pièce :

Pour une barre de fonte poussée longitudinalement, $V = 3,45$ mètres.

Si la barre est appuyée par ses extrémités, et poussée transversalement, $V = 1,65$.

La force pour la rupture étant environ trois fois plus considérable que celle qui commence à altérer l'élasticité, une barre romprait si elle recevait transversalement une force d'impulsion de plus de 5 mètres.

Supposons qu'un poids p tombe avec une vitesse v , ou d'une hauteur h , sur une barre, la grosseur que la barre doit avoir pour résister convenablement au choc, sera exprimée par

$$b d = \frac{pv^2}{gfk l (q + 1)}$$

g = action de la gravité = 9,809 mètres,

f = coefficient de la cohésion;

k = $\frac{1}{6}$ du coefficient de l'extensibilité;

q = poids de la barre, divisé par p .

Dans la pratique, pour plus de sûreté, on néglige q .

Pour une barre de fonte supportée à ses extrémités, on a $f = 7170000$ kil., $k = 0,000138$ mèl.; donc

$$b d = \frac{pv^2}{9710 l} = \frac{ph}{495 l}$$

S'il s'agissait d'une pièce à jour terminée par un arc d'ellipse, comme celles que l'on emploie pour les ponts, et qu'elle fût uniformément chargée sur toute sa longueur, on aurait

$$b d = \frac{ph}{636 l (1 - e^2)}$$

t , comme ci-dessus, est le rapport de l'épaisseur de l'espace à jour à l'épaisseur totale, et cela au point le plus épais; d représente cette épaisseur totale.

Enfin, si une force F , douée d'une vitesse V , agit sur une pièce de fonte, π étant le poids de la matière sous l'unité de volume, on aura généralement

$$b d = \frac{FV}{l \sqrt{gfk\pi}}.$$

Si la pièce était un balancier en fonte, rectangulaire et de grosseur uniforme, l étant le bras à l'extrémité duquel agit la force, et l' celui de la résistance, on aurait

$$b d = \frac{FV}{6053 l \sqrt{1 + \frac{l'}{l}}}.$$

L'auteur a montré par des centaines d'exemples, pris des différens cas qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique, comment on pouvait modifier et appliquer les formules que nous venons d'indiquer : il a de plus accompagné ces applications de remarques tirées de sa longue expérience. Ce seul exposé suffit pour montrer combien son ouvrage est important pour les constructeurs et les machinistes : il éclaire une matière du plus grand intérêt, et dans laquelle la routine ou une aveugle imitation étaient presque nos seuls guides.

D'AUBUISSON, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

DES CHANGEMENS dans le système de minéralogie chimique, qui doivent nécessairement résulter de la propriété que possèdent les corps isomorphes de se remplacer mutuellement en proportions indéfinies ;

PAR M. BERZÉLIUS.

DEPUIS que la chimie participe à la classification des minéraux, et que par conséquent on n'admet plus, pour en déterminer les espèces, l'observation exclusive de leurs caractères extérieurs qu'on appelle physiques, la méthode chimique a rencontré une difficulté dans la propriété que possèdent certains oxides de se remplacer, sans qu'il en résulte aucune altération de la forme cristalline ; ce qui fait que, lorsque ces mêmes oxides forment des composés incolores, de pesanteurs spécifiques à-peu-près égales, on n'aperçoit dans le cristal aucune différence ; il faut la découvrir par l'analyse chimique. Aussi les Écoles de Werner et de Haüy, malgré leur définition de ce qui constitue l'espèce minéralogique, ont-elles rangé sous une même espèce des cristaux de composition différente ; et pour éluder cette difficulté, Haüy dut avoir recours à l'admission de mélanges accidentels, qui auraient été moulés dans la forme particulière à une espèce, par la force de cristallisation de ses parties constituantes ; mais au moment où les résultats d'analyses chimiques faites avec une grande précision et d'après des méthodes perfectionnées,

allait commencer une lutte dont l'issue était douteuse contre ce principe de l'École de Haüy : *que jamais deux corps différemment composés ne peuvent avoir la même forme cristalline, à moins qu'elle n'appartienne aux formes limites*, la question fut tout à coup décidée par une découverte aussi opportune qu'inattendue, celle de M. Mitscherlich, d'après laquelle des corps composés d'éléments différens, mais d'atomes en nombre égal, et combinés de la même manière, prennent la même forme cristalline. La lumière que cette découverte répandit sur la minéralogie a déjà été mise à profit par MM. Rose, Bonsdorff et Trolle-Wachtmeister, qui ont prouvé que les espèces appelées pyroxène, amphibole et grenat, comprennent un grand nombre de composés différens, formés d'une manière analogue : en sorte que si l'espèce, d'après la définition généralement reçue, se compose de combinaisons semblables par leurs élémens et par leurs proportions, il entre dans les trois formes cristallines précitées, un grand nombre d'espèces minéralogiques ; car la plupart des pyroxènes, amphiboles et grenats, de divers endroits, diffèrent entre eux par le nombre et la proportion de leurs élémens, quoique ces élémens soient combinés de la même manière. Toutefois il n'est certainement aucun minéralogiste qui ne fût choqué de l'idée de faire une espèce particulière de chaque amphibole ou grenat différemment composé ; mais on ne peut pas non plus considérer comme identique ce qui ne l'est pas. Que faut-il donc faire ?

Je ne crois pas que nos connaissances soient encore assez avancées pour permettre de résoudre cette question d'une manière satisfaisante, et de-

là naît la difficulté d'un premier essai pour traiter la minéralogie d'après les principes chimiques. S'il est vrai, d'un côté, que, par exemple, deux grenats qui n'ont d'autre élément commun que la silice, ne peuvent pas être considérés comme de la même espèce, il ne l'est pas moins de l'autre, qu'ils peuvent différer d'une infinité de manières ; et comme on ne doit pas prendre pour identique ce qui ne l'est pas, qu'on ne peut pas non plus établir des variétés sans fin, il faut chercher entre ces deux extrêmes un juste milieu qu'il n'est pas aisé de trouver. Cependant il est nécessaire d'adopter un moyen, sauf à l'abandonner pour un meilleur, lorsque la science aura fait de nouveaux progrès.

Il est donc clair maintenant que cette définition de l'espèce minéralogique, jusqu'ici généralement reçue : *Les mêmes élémens combinés dans les mêmes proportions*, qu'on y ajoute ou non l'addition de Haüy, *avec les mêmes formes limites cristallines*, ne peut plus être admise dans tous les cas où il s'agit de substitutions isomorphes, et en attendant qu'on ait trouvé un principe généralement applicable, il faut adopter pour ces cas un point de vue particulier. D'un côté, la forme cristalline ; de l'autre, la formule de composition, les signalent comme un groupe de combinaisons qui, par leur plus ou moins de conformité entre elles, imitent absolument les rapports de genre et d'espèce dans la classification des êtres vivans. Le genre est déterminé par la formule chimique et par la forme géométrique ; l'espèce l'est par les élémens. Pour plus de clarté, reprenons l'exemple du grenat. Sa forme cristalline est généralement connue, et la formule

de sa composition est, d'après M. Trolle-Wachtmeister, R signifiant Radical, $\ddot{R}^3 \ddot{Si}^2 + 2 \ddot{R} \ddot{Si}$. Ces deux formules déterminent le genre grenat. M. Wachtmeister a prouvé en outre que R peut être de la chaux, de la magnésie, du protoxide de fer ou de manganèse, soit un seul de ces éléments, soit plusieurs ou même tous ensemble; et que \ddot{R} peut être ou de l'alumine ou du deutoxide de fer, tantôt seuls, tantôt combinés l'un avec l'autre. Il ne peut donc pas résulter de ces principes moins de huit espèces ou prototypes de grenats différens, dont le mélange produit des variétés en si grand nombre que ce serait en vain qu'on voudrait les distinguer. Je citerai un second exemple, tiré d'une autre espèce de minéraux, où l'on a trouvé moins souvent de l'isomorphisme. La chabasia se compose, d'après les analyses, de $CS^2 + {}^3AS^2 + 6.Aq$, et une petite portion de la chaux y est représentée par la potasse. J'ai récemment analysé une chabasia, que l'on m'avait donnée sous le nouveau nom de *Levyine*, dans laquelle une petite partie de la chaux était remplacée et par de la potasse et par de la soude. M. Arfvedson a analysé une chabasia d'Écosse, où presque toute la chaux était remplacée par de la soude et de la potasse. Il est donc clair qu'il y a des chabasias qui contiennent principalement de la chaux, et d'autres de la soude; que dans toutes, les bases chaux, soude et potasse, peuvent se suppléer en proportions variables, et qu'ainsi les chabasias de divers lieux peuvent être différemment composées; mais qu'elles conservent néanmoins la même formule générale de composition. Selon M. Beudant, les cristaux du système rhomboïdal ont,

dans leurs substitutions isomorphes, des angles qui sont semblables, mais pas absolument identiques (au lieu que dans le système régulier, c'est toujours le contraire): de sorte qu'après avoir bien mesuré les angles d'une dolomie, on peut déterminer la quantité relative de chaux et de magnésie dans le carbonate de chaux et de magnésie, d'après la mesure prise séparément de leurs angles, qui se rapprochent beaucoup, mais ne sont pas tout-à-fait égaux. Si tel est aussi le cas du bisilicate de soude, chaux et potasse dans les cristaux rhomboïdaux de la chabasia, il est clair que les minéralogistes, habitués à bien mesurer les cristaux, trouveront des chabasias avec des angles différens, et l'on aurait aussi peu raison d'en faire des espèces distinctes que des dolomies composées de chaux et de magnésie en différentes proportions. Je présume que c'est d'une pareille circonstance que dérive le nouveau nom de *levyne*, donné à la chabasia que j'ai examinée. Nous avons donc ici des genres, des espèces et des variétés; ou, si l'on désapprouve le nom de genres, nous avons des espèces, sous-espèces et variétés. Ce que je viens de dire du grenat et de la chabasia convient également au pyroxène, à l'amphibole, au mica, etc.

Mais ces idées ne peuvent pas être appliquées à la classification systématique générale, sans qu'il en résulte une déviation de la méthode ordinaire. Certaines formules générales de composition chimique ne présentent pas la même forme cristalline: par exemple, le feldspath et l'albite ont une même formule, mais non une même forme cristalline, et doivent, par conséquent,

être considérés comme des espèces plus distinctes que deux grenats ou amphiboles de composition différente.

Je vais maintenant tâcher de faire voir que les difficultés peuvent être levées, en grande partie, au moyen d'un changement dans la classification chimique. J'ai démontré, dans un précédent essai, que les produits du règne minéral sont les mieux rangés dans l'ordre des rapports électro-chimiques de leurs élémens, et qu'ils peuvent être placés d'après leur principe le plus électro-positif, ou le plus électro-négatif. Chacune de ces méthodes a ses avantages, et on les emploie également bien. J'ai cependant donné la préférence, dans mon ancien *Essai d'un système chimique de minéralogie*, à celle qui groupe les familles d'après les élémens électro-positifs. Je me fondais sur ce que la plupart des substances électro-positives impriment à leurs combinaisons avec les négatives des caractères particuliers qui se conservent plus ou moins bien dans tous les minéraux où ils se trouvent : tels sont le plomb, le cuivre, le cobalt, le nickel, le fer, la baryte, etc. ; et comme ces composés sont souvent l'objet de travaux ayant pour but d'en extraire une pareille substance électro-positive, il me parut que la commodité pour l'application de la science à la pratique, qui résulte de ce que les combinaisons de ces métaux forment des classes séparées, devait compenser la commodité, qui n'est pas non plus à dédaigner, de l'autre classification, où, par exemple, tous les sulfures métalliques sont, comme tous les silicates, rangés ensemble. On ne pressentait pas alors les difficultés que devait faire naître l'é-

change qui a lieu entre les corps isomorphes. En considérant les modifications que cette circonstance, maintenant constatée, doit introduire dans l'ordonnance systématique, il saute d'abord aux yeux que là où les échanges isomorphes sont les plus fréquens, la classification doit être, sinon impossible, du moins beaucoup plus difficile. Les excellens travaux de M. Mitscherlich ont fait connaître que ces substitutions peuvent avoir lieu entre les corps électro-négatifs comme entre les positifs, sans changer la figure des cristaux ; mais, dans les combinaisons que présente le règne minéral, on trouve de fréquens échanges entre les corps positifs les plus communs, tandis que, parmi les négatifs, on n'en a encore découvert que dans les acides phosphorique et arsenique, qui sont plus rares. S'il se présentait aussi fréquemment, dans le règne minéral, des corps négatifs isomorphes, avec le soufre ou avec la silice, l'une et l'autre classifications offriraient les mêmes difficultés. Il doit donc y en avoir moins à ranger les corps d'après leur principe électro-négatif. Toutefois, lorsqu'on veut y placer les combinaisons variables par l'isomorphisme des bases, on rencontre les mêmes difficultés pour les ranger entre elles, que dans la classification d'après l'élément le plus électro-positif ; mais là ces difficultés sont de moins d'importance. J'ai d'ailleurs fait voir, dans mon ancien *Essai*, non-seulement que la disposition électro-négative a beaucoup d'avantages ; mais aussi que, dans cette méthode, toutes les combinaisons oxygénées, étant rangées sous l'oxygène, la première classe de la minéralogie, celle qui est purement inorganique, y est subdivisée en deux parties,

dont l'une comprend les minéraux oxidés, et l'autre ceux qui ne le sont pas.

Dans tous les anciens systèmes, y compris ceux de Werner et de Haüy, on a tâché de conserver l'avantage qui résulte de la classification d'après l'élément positif. Chaque métal proprement dit y compose une famille qui embrasse toutes ses combinaisons : il faut renoncer à cet avantage dans la classification d'après le principe négatif. Plus d'un minéralogiste n'aimera peut-être pas chercher le fer, le cuivre, l'argent, dans plusieurs familles où ils se trouvent dispersés. Je dois donc faire voir comment la classification d'après l'élément positif peut s'adapter aux échanges isomorphes. Ainsi que chaque base a son sulfate, de même et tout aussi bien les composés grenat, tourmaline, pyroxène, peuvent être placés sous plusieurs bases : alors les noms alun, grenat, tourmaline, ne désignent plus des espèces minéralogiques ; ils indiquent seulement, ce qui est aussi plus juste, des modes de combinaison ; mais l'échange des bases en proportions indéfinies dans les composés, jette cependant de l'incertitude sur la place qu'on doit assigner à tel ou tel grenat, et quelquefois il peut être également bien placé en plusieurs endroits ; ce qui prouve toujours un vice dans le principe de classification. Ainsi, quelque méthode qu'on adopte, on ne pourra pas éviter, en suivant strictement le principe, de rencontrer quelque chose qui choque par sa nouveauté ; mais je dois ajouter qu'une chose, pour nous paraître nouvelle, ne doit pas être rejetée comme fautive.

Il me semble donc démontré : 1^o. que lorsqu'il se présente des minéraux à substitution isomor-

phe, il n'est pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de déterminer d'une manière satisfaisante quels sont ceux qui composent des espèces minéralogiques, et 2^o. que ces échanges ayant lieu principalement entre les principes électro-positifs des minéraux, leur classification d'après le principe le plus positif ne peut être employée sans de grandes difficultés.

Dans un système qui coordonne les minéraux d'après leur élément le plus négatif, les combinaisons où les bases isomorphes se remplacent peuvent être naturellement rangées l'une auprès de l'autre, et il importe moins qu'on sépare ou non les minéraux en espèces différentes, pourvu qu'on sache ce qui n'est pas parfaitement identique, et que, dans la description spéciale du système, on indique les limites, et qu'on montre que ces espèces peuvent varier à l'infini. Lorsqu'on suit strictement la classification électro-négative, les composés, sur-tout dans les grandes familles, se rangent d'une manière si frappante dans l'ordre de leurs caractères extérieurs, qu'ils n'auraient pu l'être mieux d'après le système de Werner, où cette analogie des caractères extérieurs était le principe dominant ; circonstance qui doit certainement beaucoup favoriser l'adoption de cette méthode.

Je vais essayer de ranger les minéraux d'après leur élément négatif, en conservant leur grande division en deux classes : celle des minéraux de composition inorganique, et celle de composition organique. La première comprend dix-huit familles, qui se suivent, depuis la plus positive jusqu'à la plus négative, dans l'ordre suivant : fer, cuivre, bismuth, argent, mercure, palla-

dium, platine, osmium, or, tellure, antimoine, arsenic, carbone, azote, sélénium, soufre, oxygène et chlore. Les huit premières ne se composent que d'une ou de deux espèces; mais les suivantes en comprennent un grand nombre, et sous l'oxygène sont rangés tous les minéraux oxidés. Il ne m'a point paru qu'il pût être commode ou utile de subdiviser ces dix-huit familles, et la distinction entre les corps oxidés et inoxidés s'ensuit d'elle-même. La place assignée au chlore, à la suite de l'oxygène, est une déviation de l'ordre strict, qui peut être défendue par la raison que le chlore chasse l'oxygène des bases même les plus fortes, et n'est chassé par l'oxygène que des bases les plus faibles; mais le chlore, dans les acides qu'il forme, est positif relativement à l'oxygène, et devrait par conséquent le précéder. Si je l'ai placé ici après l'oxygène, c'est parce que cette dernière famille se termine par des sels, et que celle du chlore n'est presque composée que de sels. Si l'iode venait à appartenir au règne minéral, je le placerais entre l'oxygène et le chlore.

Classification des Minéraux d'après leur élément le plus électro-négatif.

1^{re}. Classe. *Minéraux composés à la manière des substances inorganiques.*

1. *Famille Fer.*
Fer météorique. Fe, (Ni, Co, Ch.)
2. *F. Cuivre.*
Cuivre natif. Cu
3. *F. Bismuth.*
Bismuth natif. Bi.

4. *F. Argent.*
Argent natif. Ag.
5. *F. Mercure.*
Mercure natif. Hg.
Amalgame. Ag. Hg².
6. *F. Palladium.*
Palladium natif. Pa.
7. *F. Platine.*
Platine natif. Pt.
8. *F. Osmium.*
Osmiure d'iridium. Ir OS^x.
9. *F. Or.*
Or natif. Au.
Electrum ou Or argenti-
fère. Ag Au.
10. *F. Tellure.*
Tellure natif. Te.
Tellurures. Bismuth telluré. Bi. Te^x.
Plomb telluré. (Au Te³ + 4. Pb Te² (+
2PbS²)).
Argent telluré. (*T. feuille-*
té.) AgTe²+2PbTe²+3AuTe³.
T. graphique. AgTe²+3AuTe³.
11. *F. Antimoine.*
Antimoine natif. Sb.
Stibiures. Argent antimo-
nial. Ag²Sb.
12. *F. Arsenic.*
Arsenic natif. As.
Arséniures. Nickel arséni-
cal (kupfer-nickel). NiAs.
----- NiAs².
Cobalt arsénical. CoAs.
----- CoAs².

| | |
|-------------------------------------|---|
| Bismuth arsénié. | BiAs^x . |
| Cuivre arsénié. | CuAs^x . |
| Argent arsénié. | AgAs^x . |
| Antimoine arsénié (testacé). | SbAs^x . |
| 13. <i>F. Charbon.</i> | |
| Diamant. | C. |
| Charbon fossile. | |
| Anthracite. | |
| <i>Carbures.</i> Graphite. | FeC^x . |
| 14. <i>F. azote.</i> | |
| Gaz azote. | Az. |
| 15. <i>F. sélénium.</i> | |
| <i>Séléniures.</i> Plomb sélénié*. | PbSe^2 . |
| Cuivre sélénié. | CuSe . |
| Eukairite. | $2\text{CuSe} + \text{AgSe}^2$. |
| 16. <i>F. soufre.</i> | |
| Soufre natif. | S. |
| <i>Sulfures.</i> Manganèse sulfuré. | MnS^2 . |
| Zinc sulfuré (blende). | ZnS^2 . |
| Pyrite. | |
| a. Pyrite jaune. | $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{FeS}^4$. |
| b. Pyrite blanche. | |
| c. Pyrite magnétique. | $\text{FeS}^4 + 6\text{FeS}^2$. |
| Cobalt sulfuré. | $\text{FeS}^4 + 4\text{CuS} + 12\text{CoS}^3$. |
| Nickel sulfuré. | NiS^2 . |
| Cuivre sulfuré. | |
| a. Cuivre sulfuré gris. | CuS . |
| b. Cuivre sulf. hépatique. | $\text{FeS}^2 + 4\text{CuS}$. |
| c. Cuiv. sulfur. pyriteux. | $\text{CuS} + \text{FeS}^3$. |
| Galène. | PbS^2 . |
| Bismuth sulfuré. | BiS^2 . |
| Nadelerz. | $\text{PbS}^2 + 2\text{CuS} + 2\text{BiS}^2$. |
| Wismuth-kupfererz. | $2\text{BiS}^2 + 3\text{CuS}?$ |
| Étain pyriteux. | $\text{SnS}^2 + 2\text{CuS}$. |

* Du Hartz. Analysé par M. H. Rose, qui vient de découvrir plusieurs métaux séléniés fossiles.

| | |
|--------------------------------------|---|
| Argent sulfuré. | AgS^2 . |
| Cuivre s.-argentifère. | $2\text{CuS} + \text{AgS}^2$. |
| Wismuth-bleyerz. | $\text{FeS}^2 + \text{AgS}^2 + 2\text{PbS}^2 + 2\text{BiS}^2?$ |
| Cinabre. | HgS^2 . |
| Antimoine sulfuré. | SbS^3 . |
| Nickel-spiesglanzerz. | $\text{NiAs}, \text{NiSb}, \text{SbS}^3$. |
| Bournonite. | $\text{CuS} + \text{PbS}^2 + \text{SbS}^3$. |
| Endellione? (<i>Schwartzzerz</i>). | $\text{CuS} + x\text{SbS}^3$. |
| Weisgültigerz. | |
| a. Dunkel. | $\text{PbS}^2, \text{SbS}^3$. |
| b. Licht. | $\text{PbS}^2, \text{AgS}^2, \text{SbS}^3, \text{NiAs}$. |
| Cuivre gris. | |
| Argent rouge. | $2\text{SbS}^3 + 3\text{AgS}^2$. |
| Molybdène sulfuré. | MoS^3 . |
| Arsenic sulfuré | |
| a. Réalgar. | AsS^2 . |
| b. Orpiment. | AsS^3 . |
| <i>Sulfo-arséniures.</i> | |
| Mispickel. | $\text{FeS}^4 + \text{FeAs}^2$. |
| Cobalt gris. | $\text{CoS}^4 + \text{CoAs}^2$. |
| Nickel gris. | $\text{NiS}^4 + \text{NiAs}^2$. |
| 17. <i>F. oxigène.</i> | |
| Gaz oxigène. | O. |
| a. <i>Oxides électro-positifs.</i> | |
| Deutoxide de manganèse. | $\ddot{\text{Mn}}. \text{Mn}$. |
| Manganèse métalloïde. | $\ddot{\text{Mn}}$. |
| Zinc rouge. | $\ddot{\text{Zn}}. \text{Zn}$. |
| Fer oligiste. | $\ddot{\text{Fe}}. \text{F}$. |
| Fer oxidulé. | $\ddot{\text{Fe}} \ddot{\text{Fe}}^2. f\text{F}^3$. |
| Francklinite. | $\ddot{\text{Zn}} \ddot{\text{Fe}}^2 + \ddot{\text{Mn}} \ddot{\text{Fe}}^2. \left. \begin{array}{l} \text{Zn} \\ \text{mn} \end{array} \right\} \text{F}^3$. |
| Cobalt terreux. | $\ddot{\text{Co}} + \ddot{\text{Mn}} + 3\text{Ag}$. |
| Cuivre rouge. | $\ddot{\text{Cu}}$. |
| Cuivre noir. | $\ddot{\text{Cu}}$. |
| Plomb massicot. | $\ddot{\text{Pb}}$. |
| Minium. | $\ddot{\text{Pb}}$. |

| | |
|--|---|
| Bismuth oxidé. | $\ddot{\text{Bi}}$. |
| Urane noir. | $\ddot{\text{U}}$. |
| Étain oxidé. | $\ddot{\text{Sn}}$. |
| <i>b. Oxides électro-négatifs.</i> | |
| Eau. | $\ddot{\text{H}}\text{H}. \text{Aq.}$ |
| Hydrates: Brucite. | $\ddot{\text{Mg}} \text{Aq}^2. \text{M} \text{Aq.}$ |
| Manganèse terne. | $\ddot{\text{Mn}} \text{Aq} \text{Mn}^3 \text{Aq.}$ |
| Fer oxidé hydraté. | $\ddot{\text{F}} \text{e}^2 \text{Aq}^3 \text{F}^2 \text{Aq.}$ |
| Urane oxidé hydraté. | $\ddot{\text{U}} \text{Aq}^2.$ |
| Alumine (corindon, télésie) | $\ddot{\text{A}}\text{l}. \text{A.}$ |
| Aluminates. Spinelle | $\text{MA}^6.$ |
| Pléonaste. | $\left. \begin{matrix} \text{M} \\ \text{f} \end{matrix} \right\} \text{A}^6.$ |
| Galnité | $\text{Zn} \text{A}^6.$ |
| Candite. | $\text{MA}^2 + \text{FA}^2.$ |
| Plomb-gomme. | $\text{PbA}^6 + 6 \text{Aq.}$ |
| Gibbsite. | $\text{A} \text{Aq.}$ |
| ----- | $\text{F}^2 \text{Aq} + 3 \text{A}^2 \text{Aq.}$ |
| Diaspore. | $\left. \begin{matrix} \text{A}^3 \\ \text{F}^3 \end{matrix} \right\} \text{Aq.}$ |
| Silice. | |
| Avec ses variétés de formes cristallines, d'agrégation et de couleurs. | |
| <i>Silicates avec une seule base.</i> | |
| 1. Silicates de chaux. | $\text{CS}^3.$ |
| Wollastonite (spath. en tables.) | $\text{CS}^2.$ |
| 2. Silicates de magnésie. | |
| Serpentine. | $\text{MS}^3.$ |
| Stéatite. | $\text{MS}^3 + \frac{1}{2} \text{Aq.}$ |
| Écume de mer. | $\text{MS}^3 + 2 \text{Aq.}$ |
| Pyralolithe. | $\text{MS}^2.$ |
| Marmalithe. | $\text{MS} + \text{Aq.}$ |

| | |
|---|--|
| Hydrosilicates de magnésie. | |
| Serpentine noble. | $\text{MS}^3 + \text{MAq.}$ |
| Serpentine de Gullsjo ? * | $\text{MAq}^2 + 2 \text{MS}^2.$ |
| 3. Silicates de zinc. | |
| Zinc silicaté. | $\text{ZnS} + \frac{1}{2} \text{Aq.}$ |
| 4. Silicates de manganèse. | |
| Manganèse silicaté rouge. | $\text{mnS}^2.$ |
| ----- noir. | $\text{mnS} + \text{Aq.}$ |
| ----- métalloïde ? | $\text{Mn}^3 \text{S.}$ |
| 5. Silicates de cérium. | |
| Cérite. | ceS. |
| 6. Silicates de fer. | |
| Hisingrite. | |
| Chlorophæite. | |
| Chloropale. | $\text{fS}^3 + 3 \text{Aq.}$ |
| 7. Silicates de cuivre. | |
| Diopase. | $\text{CuS}^2 + 2 \text{Aq} ?$ |
| Machaïte silicifère. | |
| 8. Silicate de zircon. | |
| Zircon (Hyacinthe). | ZrS. |
| 9. Silicate d'alumine. | |
| Disthène. | $\text{A}^2 \text{S.}$ |
| Argile plastique. | $\text{AS}^3.$ |
| ----- bleue. | $\text{AS}^2. ?$ |
| Argiles en général. | |
| <i>b. Silicates à plusieurs bases. 1. Silicates à base alcaline avec silicate d'alumine et avec eau de cristallisation.</i> | |
| Zéolithes. | |
| Apophyllite. | $\text{KS}^6 + 8 \text{CS}^3 + 16 \text{Aq.}$ |
| Chabasie. | |
| a. Chabasie à base de soude. | $\left. \begin{matrix} \text{N} \\ \text{K} \end{matrix} \right\} \text{S}^2 + 3 \text{AS}^2 + 6 \text{Aq.}$ |
| b. Chabas. à base de chaux. | $\left. \begin{matrix} \text{C} \\ \text{N} \\ \text{K} \end{matrix} \right\} \text{S}^2 + 3 \text{AS}^2 + 6 \text{Aq.}$ |
| (levyne). | |
| Mésotype. | $\text{NS}^3 + 3 \text{AS} + 2 \text{Aq.}$ |
| Mésolithe. | $\text{NS}^3 + 2 \text{CS}^3 + 9 \text{AS} + 8 \text{Aq.}$ |
| Mésolithe de Hauenstein. | $\text{NS}^3 + \text{CS}^3 + 6 \text{AS} + 6 \text{Aq.}$ |
| Mésolite. | $\text{NS}^2 + 2 \text{CS}^3 + 9 \text{AS} + 8 \text{Aq.}$ |

* Incolore, translucide. Analysé par M. Mosander.

| | |
|--|--|
| Analcime. | $NS^2 + 3AS^2 + 2Aq.$ |
| Thomsonite. | $NS + 3CS + 12AS + 10Aq.$ |
| Stilbite. | $CS^3 + 3AS^3 + 6Aq.$ |
| (S. - dodécaèdre lamelli- forme). | $C \left\{ \begin{array}{l} S^3 + 3AS^3 + 6Aq. \\ N \end{array} \right.$ |
| Heulandite (S. anamor- phique). | $CS^3 + 4AS^3 + 6Aq.$ |
| Brewstérite. | $C \left\{ \begin{array}{l} S^3 + 4AS^3 + 8Aq. \\ N \end{array} \right.$ |
| Laumonite. | $CS^2 + 4AS^2 + 6Aq.$ |
| Scolézite. | $CS^3 + 3AS + 3Aq.$ |
| Harmotome. | $BS^4 + 4AS + 6Aq.$ |
| Prehnite. | $C^2S^3 + 3AS + Aq.$ |
| 3. Silicates à base alcaline avec silicate d'alumine, sans eau. | |
| Feldspath. | $KS^3 + 3AS^3.$ |
| Albite. | $NS^3 + 3AS^3.$ |
| Pétalite. | $LS^6 + 3AS^3.$ |
| Triphanc. | $LS^3 + 3AS^2.$ |
| Spodumène à base de soude. | $N \left\{ \begin{array}{l} S^3 + 3AS^2. \\ K \\ C \\ M \end{array} \right.$ |
| Leucite (amphigène). | $KS^2 + 3AS^2.$ |
| Labrador. | $NS^3 + 3CS^3 + 12AS.$ |
| Parantine. | $C \left\{ \begin{array}{l} S^2 + 2AS. \\ N \end{array} \right.$ |
| Meionite. | |
| Skapolithe. | |
| Wernerithe. | |
| Ekebergite. | $CS^2 + 3NS^2 + 8AS.$ |
| Elæolithe. | $N \left\{ \begin{array}{l} S + 4AS. \\ K \end{array} \right.$ |
| Népheline. | $NS + 3AS.$ |
| Sodalithe. | $NS^2 + 2AS.$ |
| Ittnérite. | $CS + 2NS + 9AS.$ |
| Scolézite anhydre. | $CS + 3AS.$ |
| Andalusite? | |
| Appendix. | |
| Perlstein. Sphærolithe. | |
| Résinite. | |
| Obsidienne. | |

| | |
|---|---|
| Marécante. | |
| 5. Silicates à base alcaline avec silicates de magnésie (par- fois remplacée par du fer ou du manganèse oxidulés), et avec silicates d'alumine. | |
| Talc. | |
| Agalmatholithe. | |
| Pimelithe. | |
| Cimolithe. | |
| Chlorite. | |
| Talc zographique (Grünerde). | |
| Mica. | |
| a. Mica à base de potasse. | |
| b. Mica magnésien. | |
| c. Mica à base de potasse et de lithine. | |
| Giesekite. | |
| Pinite. | |
| Fahlunite. | |
| 4. Silicate à base alcaline avec silicate de fer. | |
| Achmite. | $NS^3 + 2FS^2.$ |
| 5. Silicates de chaux avec silicates de magnésie, souvent remplacés par du fer oxidulé, plus rarement par du man- ganèse oxidulé, et la silice quelquefois étant remplacée par de l'alumine. | |
| Pyroxène. | |
| a. Pyroxène blanc. | $CS^2 + MS^2.$ |
| b. Pyroxène vert. | $CS^2 + \left. \begin{array}{l} M \\ f \end{array} \right\} S^2.$ |
| c. Hedenbergite. | $CS^2 + fS^2.$ |
| d. Manganésifère. | $CS^2 + \left. \begin{array}{l} M \\ f \\ mn \end{array} \right\} S^2.$ |
| e. Augite. | $CS^2 + \left. \begin{array}{l} M \\ f \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} S^2. \\ Ax. \end{array} \right.$ |
| Amphibole. | |
| a. Grammatite. | $CS^3 + MS^2.$ |
| b. Actinote. | $CS^2 + \left. \begin{array}{l} M \\ f \end{array} \right\} S^2.$ |
| c. Hornblende. | $CS^3 + \left. \begin{array}{l} M \\ f \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} S^2. \\ A^2. \end{array} \right.$ |
| 6. Silicates de chaux, de magnésie, de fer et de manga- nèse oxidulés. | |
| Ilvaite. | $CS + 4fS.$ |

- Cronstedt tite. $mnS+6fS+9Aq.$
 Pyrosmalithe. $mnS^2+fS^2.$
 Chrysolithe (olivine). $\left. \begin{matrix} M \\ f \end{matrix} \right\} S$
 Diallage. $fS^2+5MS^2.$
 Hypersthène. $fS^2+MS^2.$
7. Silicates de chaux, souvent remplacée par la magnésie, par le fer ou le manganèse oxidulés, avec silicates d'alumine, parfois remplacée par le fer peroxidé.
- Épidote.
 a. Zoisite. $CS+2AS.$
 b. Pistacite. $\left. \begin{matrix} C \\ f \end{matrix} \right\} S+2AS.$
- Idocrase.
 a. Vésuvienne(commune).
 b. Loboite (qui contient magnésie).
 c. Cyprine (cuprifère).
 Essonite.
 Grenat.
 a. Grossulaire. $CS+AS.$
 b. Aplome. $CS+FS.$
 c. Almandin. $fS+AS.$
 d. Grenat magnésien.
 e. Grenat manganésien.
- f. Pyrope. $\left. \begin{matrix} C \\ M \\ f \\ Chr \end{matrix} \right\} S+AS.$
- g. Grenats mélangés. $\left. \begin{matrix} C \\ M \\ f \\ mn \end{matrix} \right\} S+ \left. \begin{matrix} A \\ F \end{matrix} \right\} S.$
- Gehlénite. $2CS+ \left. \begin{matrix} A \\ F \end{matrix} \right\} S.$
 Anthophyllite.
 Cérine, allanite. $CS+2AS, ceS, fS.$
 Dichroïte. $\left. \begin{matrix} M \\ f \\ mn \end{matrix} \right\} S+3AS.$

- Néphrite.
 Pierre de savon. $MS^2+AS^2.$
 Sordawalithe. $MS^2+2fS^2+3AS^2.$
 Karpholithe. $\left. \begin{matrix} mn \\ f \end{matrix} \right\} S+3AS+9Aq.$
- Silicio-aluminates : Saphirin. $\left. \begin{matrix} M \\ f \end{matrix} \right\} S+5A. \left. \begin{matrix} M \\ f \end{matrix} \right\} \left. \begin{matrix} A^6 \\ S^6 \end{matrix} \right.$
 Chamoisite. $f^2A+2fS.$
8. Silicates d'oxide de fer et d'alumine.
 Staurotide. $\left. \begin{matrix} A^4 \\ F^4 \end{matrix} \right\} S.$
9. Silicates de glucine et d'alumine.
 Smaragdite (émeraude). $GS^4+2AS^2.$
 Euclase. $GS^2+2AS.$
 Cymophane. $?A^4S+2GA^4.$
10. Silicates d'yttria avec silicates de fer, de cérium, etc.
 Gadolinite.
 a. d'Ytterby. $ce^2S+f^2S+4YS.$
 b. de Kararfvet. $\left\{ \begin{matrix} YS, CS^2, mnS, \\ fS, GS, ceS. \end{matrix} \right.$
- Orthite.
 Pyrorthite.
11. Silicates de zircone avec d'autres silicates. *
- Eudialythe. $\left. \begin{matrix} N \\ f \\ Zr \\ C \\ mn \end{matrix} \right\} S.$
- Oxide de tinate (acide titanique).
 a. Rutile. $Ti.$
 b. Anatase.
- Titanates : Titanates.
 a. Titanates de protoxide de fer.
 b. Titanates de fer oxidé (craïtonite).
 Polymignite. *

* De Fredrichsweru en Norwège. Ce minéral est com-

Silicio-titanates : Sphène. $CTi^6 + CS^6$.

Acide tantalique. $T\ddot{a}$.

Tantalates : Ytrotantale.

a. Noir. $\left. \begin{array}{l} \ddot{C}a^2 \\ \ddot{Y}^3 \\ \ddot{F}e^3 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \ddot{T}a^2 \\ \ddot{w}^2 \end{array} \right\}$

b. brun. $\left. \begin{array}{l} \ddot{Y}^3 \\ \ddot{C}a^3 \end{array} \right\} \ddot{T}a$.

c. jaune. $\left. \begin{array}{l} \ddot{Y}^3 \\ \ddot{U}^2 \end{array} \right\} \ddot{T}a^2$.

Tantalite.

a. de Kimito. $\ddot{M}n \ddot{T}a^2 + \ddot{F}e \ddot{T}a^2$.

b. de Finbo. $\left. \begin{array}{l} \ddot{M}n \\ \ddot{F}e \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \ddot{T}a^2 \\ \ddot{S}n \end{array} \right\}$

c. de Broddbo. $\left. \begin{array}{l} \ddot{M}n \\ \ddot{F}e \\ \ddot{C}a \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \ddot{T}a^2 \\ \ddot{w}^2 \\ \ddot{S}n \end{array} \right\}$

d. de Bayern. $\ddot{M}^3 \ddot{T}a^4 + 4 \ddot{F}e^3 \ddot{T}a$.

d. de Kimito (mais donnant une poudre de couleur cannelle.) $\left. \begin{array}{l} \ddot{F}e \\ \ddot{M}n \end{array} \right\} \ddot{T}a^2$.

Oxide d'antimoine. $\ddot{S}b$

Antimoine oxisulfuré. $\ddot{S}b + 2SbS^3$.

Acide antimonieux. $\ddot{S}b$.

Acide tungstique. \ddot{W} .

posé d'acide titanique combiné avec de la zirconne, de la chaux, de l'yttria, des protoxides de fer, de manganèse et de cérium. Il contient en outre des traces de potasse, de magnésie, de silice et de l'oxide d'étain. Le mot polymignite signifie un mélange de plusieurs substances.

Tungstates : Schéelites. $\ddot{C}a \ddot{W}^2$.

Wolfram. $\ddot{M}n \ddot{W}^2 + 3 \ddot{F}e \ddot{W}^2$.

Tungstate de plomb. $\ddot{P}b \ddot{W}^2$.

Acide molybdique. $\ddot{M}o$.

Plomb molybdaté. $\ddot{P}b \ddot{M}o^2$.

Chrome oxidé. $\ddot{C}hr$.

Fer chromé.

Plomb chromaté. $\ddot{P}b \ddot{C}hr$.

Vauquelinite. $2 \ddot{P}b^3 \ddot{C}hr^2 + \ddot{C}u^3 \ddot{C}hr^2$.

Acide borique.

Acide borique hydraté. $\ddot{B}oAq^6$.

Borates : Tinkal. $\ddot{N} \ddot{B}o^2 + 2oAq$.

Boracite. $\ddot{M}Bo$.

Bosilicates : Datholithe. $\ddot{C}a \ddot{B}o^2 + \ddot{C}a \ddot{S}i^2 + Aq$.

Bothryolithe. $\ddot{C}a \ddot{B}o + \ddot{C}a \ddot{S}i^2 + Aq$.

Tourmaline.

a. Tourmaline à base de potasse.

b. — à base de lithine.

c. — à base de magnésie.

Axinite.

Gaz acide carbonique. \ddot{C} .

Carbonates : Soude carbonatée.

$\ddot{N}a \ddot{C}^2$.

Withérite. $\ddot{B}a \ddot{C}^2$.

Strontianite. $\ddot{S}r \ddot{C}^2$.

Chaux carbonatée. $\ddot{C}a \ddot{C}^2$.

a. Arragonite.

b. Spath calcaire.

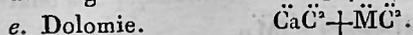
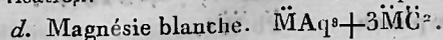
Magnésie carbonatée.

a. Magn. carbo dure. $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \ddot{M} \ddot{C}^2$.

b. — terreuse (giobertite).

Tome XIII, 5e. livr.

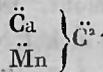
c. — avec eau de cristallisation.



f. Miemite.

g. Gurofanite.

Manganèse carb.



Fer carbonaté.



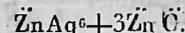
Mélanges avec les précédens.

Zinc carbonaté.

a. Calamine.



b. Z. C. terreux.



Cérium carbonaté.

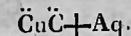


Plomb carbonaté.

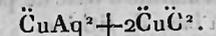


Cuivré carbonaté.

a. Malachite.



b. Cuivre carbonaté bleu.



c. Cuiv. carb. silicifère.

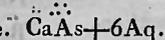
Humboldtine (fer oxalaté). $?\ddot{F}e\ddot{O}^2.$

Acide arsénique.

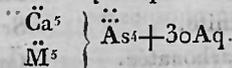
Acide arsénieux.



Arséniates : Pharmacolithe.



Picropharmacolithe.



Fer arséniaté :

a. Scorodite.

b. Fer arsén. cubique. $\ddot{F}e^3\ddot{A}s^3 + 2\ddot{F}e^3\ddot{A}s^2 + 36Aq.$

c. Fer résinite.

Cobalt arséniaté.

a. Sous-arséniaté.

b. Sous-arsénite.

Nickel arséniaté.

a. Sous-arséniaté de

nickel d'Allemont. $\ddot{N}i^3\ddot{A}s^3 + 18Aq.$

b. S. arséniaté de nickel. $\ddot{N}i^2\ddot{A}s^3 + 18Aq.$

Plomb arséniaté.



Cuivre arséniaté, avec ses

variétés peu examinées.

Acide phosphorique.

Phosphates : Apatithe.



Wagnerite.

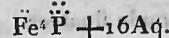


Yttria phosphatée.

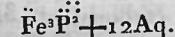


Fer phosphaté.

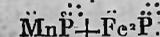
a. de Cornwall.



b. de Bodenmais.



Manganèse phosphaté.

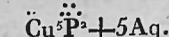


Plomb phosphaté.

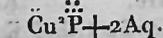


Cuivre phosphaté.

a. D'Ehrenbreitstein.

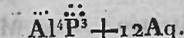


b. De Liebethen.



Alumine phosphatée.

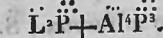
a. Wawellite.



b. Lazulite de Kriglach.

c. Calaité.

d. Amblygonite.



e. Alumine phosp. avec

- ammoniaque de l'île Bourbon.
- Urane phosphaté.
- a. Uranite. $\text{Ca}^3\ddot{\text{P}} + 4\ddot{\text{U}}\ddot{\text{P}} + 48\text{Aq.}$
- b. Chalkolithé. $\text{Cu}^3\ddot{\text{P}} + 4\ddot{\text{U}}\ddot{\text{P}} + 48\text{Aq.}$
- Acide fluorique.*
- Fluates : Chaux fluatée. $\ddot{\text{Ca}}\ddot{\text{F}}$.
- Yttria fluatée. $\ddot{\text{Y}}\ddot{\text{F}}$.
- Cérium fluaté.
- a. Neutre. $\ddot{\text{Ce}}^2\ddot{\text{F}}^2$.
- b. à excès de base. $\ddot{\text{Ce}}^4\ddot{\text{F}}^2 + 3\text{Aq.}$
- c. Cérium et yttria fluatés. $\left. \begin{array}{l} \ddot{\text{Ce}} \\ \ddot{\text{Y}} \end{array} \right\} \ddot{\text{F}}$
- d. Yttrocérite. $\left. \begin{array}{l} \ddot{\text{Ca}} \\ \ddot{\text{Ce}} \\ \ddot{\text{Y}} \end{array} \right\} \ddot{\text{F}}$
- Alumine et soude fluatées.
- Chryolithé. $3\ddot{\text{Na}}\ddot{\text{F}} + \ddot{\text{Al}}^2\ddot{\text{F}}^3$.
- Fluosilicates :*
- Chondrodite. $\ddot{\text{M}}\ddot{\text{F}} + \ddot{\text{M}}^3\ddot{\text{Si}}^2 \text{ MF} + 3\text{MS.}$
- Pycnite. $\ddot{\text{Al}}^2\ddot{\text{F}}^3 + 6\ddot{\text{Al}}\ddot{\text{Si}}. \text{AF} + 3\text{AS.}$
- Topaze. $\ddot{\text{Al}}^4\ddot{\text{F}}^3 + 6\ddot{\text{Al}}\ddot{\text{Si}}. \text{A}^2\text{F} + 3\text{AS.}$
- Acide nitrique.*
- Nitrates : Salpêtre. $\ddot{\text{K}} + 2\ddot{\text{Az}}\ddot{\text{Az}}$.
- Nitre cubique. $\ddot{\text{Na}} + 2\ddot{\text{Az}}\ddot{\text{Az}}$.
- Chaux nitratée. $\ddot{\text{Ca}} + 2\ddot{\text{Az}}\ddot{\text{Az}}$.
- Magnésie nitratée. $\ddot{\text{M}} + 2\ddot{\text{Az}}\ddot{\text{Az}}$.
- Acide sulfurique.*
- a. Acide sulf. liquide. $\ddot{\text{S}}\ddot{\text{A}}\text{q.}$
- b. Gaz acide sulfureux. $\ddot{\text{S}}$.
- Sulfates : Soude sulfatée. $\ddot{\text{Na}}\ddot{\text{S}} + 2\text{Aq.}$

- Baryte sulfatée. $\ddot{\text{Ba}}\ddot{\text{S}}^2$.
- Cœlestine, strontiane sulf. $\ddot{\text{Sr}}\ddot{\text{S}}^2$.
- Gypse.
- a. Gypse anhydre. $\ddot{\text{Ca}}\ddot{\text{S}}^2$.
- b. Gypse hydraté. $\ddot{\text{Ca}}\ddot{\text{S}}^2 + 4\text{Aq.}$
- c. Glaubérite. $\ddot{\text{Na}}\ddot{\text{S}}^2 + \ddot{\text{Ca}}\ddot{\text{S}}^2$.
- Magnésie sulfatée. $\ddot{\text{M}}\ddot{\text{S}}^2 + 12\text{Aq.}$
- Polyhalite. $\ddot{\text{K}}\ddot{\text{S}}^2 + \ddot{\text{M}}\ddot{\text{S}}^2 + 2\ddot{\text{C}}\ddot{\text{S}}^2 + 4\text{Aq.}$
- Zinc sulfaté. $\ddot{\text{Zn}}\ddot{\text{S}}^2 + 12\text{Aq.}$
- Fer sulfaté.
- a. Vert. $\ddot{\text{Fe}}\ddot{\text{S}}^2 + 12\text{Aq.}$
- b. Rouge. $\ddot{\text{Fe}}^3\ddot{\text{S}}^2 + 6\ddot{\text{Fe}}\ddot{\text{S}}^2 + 72\text{Aq.}$
- c. Fibreux.
- d. Ocreux. $\ddot{\text{Fe}}^2\ddot{\text{S}}^2 + 6\text{Aq.}$
- Cobalt sulfaté. $\ddot{\text{Co}}^2\ddot{\text{S}}^2 + 24\text{Aq.}$
- Plomb sulfaté.
- a. Plomb sulf. cuprifère. $\ddot{\text{Cu}}\text{Aq} + \ddot{\text{Pb}}\ddot{\text{S}}^2$.
- b. Plomb sulfo-carbonat. $\ddot{\text{Pb}}\ddot{\text{C}}^2 + \ddot{\text{Pb}}\ddot{\text{S}}^2$.
- $\ddot{\text{Pb}}\ddot{\text{C}}^2 + 3\ddot{\text{Pb}}\ddot{\text{S}}^2$.
- Alumine sulfatée.
- a. neutre $\ddot{\text{Al}}\ddot{\text{S}}^2 + x\text{Aq.}$
- b. à excès de base. $\ddot{\text{Al}}\ddot{\text{S}}^2 + 9\text{Aq.}$
- c. Alunite.
- d. Alun à base de potasse. $\ddot{\text{K}}\ddot{\text{S}}^2 + 2\ddot{\text{Al}}\ddot{\text{S}}^2 + 48\text{Aq.}$
- e. Alun à base d'ammoniaque. $\text{Az}^2\text{H}^6\ddot{\text{S}} + \ddot{\text{Al}}\ddot{\text{S}}^2 + 26\text{Aq.}$
- Urane sulfaté. $\ddot{\text{U}}\ddot{\text{S}}^2 + x\text{Aq.}$
- Urane et cuivre sulfatés.

Appendix : Silicates qui contiennent des sulfates.

Lapis lazuli.

Haüyne.

Nosiane.

18. F. chlore.

Chlorures (muriates) ; sel marin.

Chl. d'ammonium.

Chl. de calcium.

Chl. de magnésium.

Chl. de plomb.

a. De Mendiff.

b. Murio - carbonaté de

Matlock.

Chl. de cuivre.

Chl. d'argent.

Chl. de mercure.

NaCh⁴.AzH⁴Ch⁴.CaCh⁴.MCh⁴.Pb.Ch⁴ + 2Pb.PbCh⁴ + PbC⁴.CuCh⁴ + 3Cu + 8Aq.AgCh⁴.HgCh².*Appendix contenant des silicates chlorifères déjà nommés, mais qui, peut-être, trouveront mieux leur place auprès des chlorures.*

Sodalite, Pyrosmaïte, Eudialite.

*2^e. classe : Minéraux composés à la manière des substances organiques, dont ils paraissent tirer leur origine.**a. Substances organiques peu changées.*

Terreau.

Tourbe.

Lignite.

Dysodile.

b. Résines fossiles.

Ambre jaune.

Rétinasphalte.

Bitume élastique.

c. Huiles fossiles.

Naphte.

Pétrole.

d. Bitumes.

Bitume.

Asphalte.

e. Houille.

Houilles de plusieurs variétés.

f. Sels.

Mellite.

Fer oxalaté.

Je ne dois pas, à cette occasion, passer sous silence un *Essai de classification des minéraux, d'après leur élément négatif*, nouvellement publié par M. Beudant, dans un ouvrage vraiment classique, sur la partie théorique de la minéralogie.

M. Beudant a adopté cette méthode, parce qu'il a trouvé que l'élément négatif caractérise mieux les combinaisons que le positif. On pourrait croire, au premier abord, qu'il y a une grande conformité entre son système et celui qui vient d'être exposé; mais il n'en est pas ainsi. Je pense que pour le mieux faire voir, un parallèle des deux systèmes ne sera pas inutile.

Celui que j'ai tracé repose sur un principe purement scientifique, celui des rapports électrochimiques entre les corps simples. Une connaissance plus parfaite de ces rapports, ou peut-être de meilleures observations à leur égard, que celles que j'ai pu faire, pourront introduire des modifications dans ce système; mais elles ne seront jamais arbitraires.

Le système de M. Beudant est artificiel dans sa base; mais il s'appuie, dans ses détails, sur un principe scientifique, celui du placement sous chaque corps des combinaisons qu'il forme avec des corps plus positifs. La base artificielle consiste dans une classification des corps simples, établie par M. Ampère, sur certains caractères chimiques, et de telle sorte que par une transition successive d'une propriété à l'autre, ils composent une série, dont les extrémités se joignent comme un anneau, ainsi qu'on va le voir.

| | | |
|----------------|-------------|-----------|
| | Silicium | |
| Bore | Tantale | |
| Carbone | Molybdène | |
| Hydrogène | Chrome | |
| Azote | Tungstène | |
| Oxigène | Titane | |
| Soufre | Osmium | |
| Chlore | Rhodium | |
| Fluor | Iridium | |
| Iode Gazolites | Or | |
| Sélénium | Croicolytes | Platine |
| Tellure | | Palladium |
| Phosphore | | Cuivre |
| Arsenic | | Nickel |
| Antimoine | | Fer |
| Etain | | Cobalt |
| Zinc | | Urane |
| Cadmium | | Manganèse |
| Bismuth | | Cérium |
| Mercure | Leucolytes | Zirconium |
| Argent | | Aluminium |
| Plomb | | Beryllium |
| Soude | | Yttrium |
| Potasse | | Magnésium |
| Lithium | | Calcium |
| Barium | | Strontium |

Cette classification est basée sur deux caractères : 1°. la volatilité des corps par eux-mêmes, ou avec le chlore ou le fluor; ceux qui appartiennent à cette classe sont appelés *gazolytes*; 2°. la couleur des combinaisons oxidées : les incolores sont appelées *leucolytes*; les colorées, *croicolytes*. La classification de M. Ampère est très-intéressante, en ce qu'elle présente un parallèle des corps simples, envisagés sous un certain point de vue; mais elle n'est pas assez indépendante de toute spécialité dans la manière de voir, pour pouvoir être adoptée comme base d'une ordonnance scientifique de ces corps. Il ne faut pas d'ailleurs une grande connaissance de leurs caractères pour trouver que la jonction des extrémités de la série est tout-à-fait artifi-

cielle, en y voyant placés, à côté l'un de l'autre, parce qu'ils sont gazeux, trois des corps les plus différens : l'oxigène, l'azote et l'hydrogène. La preuve que ce système est artificiel, c'est qu'on peut en faire plusieurs de ce genre également intéressans, par les rapprochemens qu'ils présenteront entre les corps, mais où ils seront différemment rangés. Qu'on prenne, par exemple, pour bases, l'infusibilité et la saveur des oxides ou de leurs combinaisons. De même que dans le système qu'on vient de citer, on avait groupé les corps, d'après leur état gazeux, on peut, dans celui-ci, les grouper d'après leur moindre degré de fusibilité, et former ensuite la série de manière qu'on passe de la saveur acide à l'astringente, puis à la douce, à l'amère, à la salée, et enfin à l'alcaline; mais de pareilles méthodes ne s'élèvent pas à la hauteur scientifique, et se bornent à offrir des rapprochemens intéressans, au lieu d'établir une base convenable pour la classification des corps.

Pour établir un bon système minéralogique, il faut, ce me semble, trouver une méthode qui soit dégagée de points de vue particuliers, et conséquemment fondée sur des bases solides. Quoiqu'il soit certain que sans chercher positivement ce but, on y sera toujours conduit par la variation continuelle des manières de voir particulières, il n'en est pas moins désirable de l'atteindre promptement.

Voici encore un point sur lequel le système de M. Beudant diffère essentiellement de celui que nous venons d'exposer. L'élément le plus électro-négatif, celui qui domine parmi les par-

ties constituantes des pierres, l'oxygène, ne forme pas dans ce système une classe distincte. C'est une faute réelle contre le principe; mais on voit que les élémens positifs ont fait valoir leur propriété de caractériser souvent la combinaison, et que M. Beudant a voulu ranger auprès de chaque métal ses oxides; ce qui a rendu ce système encore plus artificiel.

NOTE

EXTRAITE d'un Mémoire sur un mode de traitement du cuivre argentifère, applicable à l'affinage des monnaies à bas titre;

PAR M. SERBAT,

Ancien préparateur de M. THENARD, essayeur particulier du Directeur de la Monnaie de Paris.

Ce nouveau procédé d'affinage est principalement fondé sur la propriété que possède le sulfate d'argent, de se réduire par le contact de la chaleur en acide sulfureux, en oxygène et en métal, tandis que le sulfate de cuivre, d'ailleurs beaucoup plus stable que le précédent, ne laisse pour résidu de la calcination que de l'oxide.

On peut l'employer avec avantage toutes les fois qu'on trouve dans le commerce une grande quantité de matières à bas titre.

Voici en quoi il consiste :

L'on commence par faire chauffer dans une moufle de fonte l'alliage que l'on veut affiner, et lorsqu'il est suffisamment chaud, on le divise en le frappant avec un ringard : la poudre qui en résulte est criblée à l'aide d'un bluteau dont le tissu est en fil métallique, afin de séparer les plus gros fragmens; elle est ensuite portée dans une autre moufle de fonte, placée dans un fourneau à réverbère et chauffée au rouge brun. Après y avoir étendu la matière en couches minces, on y projette 25 pour 100 de soufre, et l'on remue avec un ringard de manière à mettre successive-

ment en contact avec le soufre toutes les portions de métal. La combinaison s'effectue presque instantanément avec dégagement de calorique et de lumière, et lorsqu'elle est terminée, ce que l'on reconnaît aisément à ce que la masse cesse alors d'être incandescente, on retire les sulfures formés et on les projette dans des vases de bois remplis d'eau; les sulfures refroidis sont repris et divisés complètement à l'aide de forts pilons ou de meules, et tamisés sous l'eau. La poudre qui en résulte est portée dans la partie la moins échauffée d'une grande moufle de fonte placée dans un fourneau à réverbère; on l'agite pour renouveler les surfaces; on y projette par portions un mélange d'eau et d'acide nitrique, dans la proportion de 2 kil. d'acide pour 12 kil. d'eau, le tout pour 100 kil. d'alliage; de là, formation de sulfates, dégagement d'acides nitreux et sulfureux, que l'on dirige, au moyen de conduits, dans des chambres de plomb, où ils sont condensés par des injections souvent répétées de vapeurs d'eau, et convertis en acide sulfurique, qui est employé dans les opérations subséquentes.

La matière est successivement rapprochée du foyer et portée peu à peu jusqu'à la température rouge; on la maintient pendant environ quatre heures à cette température. Le sulfate d'argent se convertit en acide sulfureux, oxigène et métal, et le sulfate de cuivre en acide sulfureux, oxigène et oxide. L'argent métallique, l'oxide d'argent, quelque peu de sulfates et de sulfures non décomposés forment le résidu; on retire ces matières de la moufle; on les laisse refroidir en partie, et on les projette dans une chaudière de plomb contenant de l'acide sulfurique faible que

l'on a échauffé d'avance en y faisant arriver à l'état de vapeur l'eau destinée à l'étendre; dans cette opération, l'oxide de cuivre ainsi que les sulfates non décomposés se dissolvent, et l'argent métallique non attaqué par l'acide sulfurique faible se rassemble au fond du vase; il n'a plus besoin que d'être lavé, séché, fondu et coulé en lingots.

Les liqueurs, décantées à l'aide d'un siphon, sont évaporées dans des chaudières en plomb et mises à refroidir dans des cristallisoirs de même métal, où le sulfate de cuivre se dépose en cristaux plus ou moins réguliers.

Toutefois, en procédant à l'évaporation des liqueurs, il est essentiel de s'assurer si elles ne contiennent pas de l'argent en dissolution; que les réactifs en décèlent ou non, il est bon de mettre au fond des chaudières des plaques de cuivre sur lesquelles il se précipiterait.

Ce procédé, pour lequel j'ai pris un brevet en 1824, a été employé avec succès à la Monnaie de Paris et dans un autre établissement de cette ville, à une époque où les matières à bas titre étaient très-abondantes dans le commerce, et par son économie et sa rapidité il offre de grands avantages sur ceux qu'on avait jusqu'alors mis en usage.

On peut l'employer, en lui faisant subir quelques modifications, au traitement des mines de cuivre argentifère.

NOTE. Pour parvenir à séparer l'argent du cuivre, M. Serbat, après avoir sulfuré l'alliage, le grille, afin de le transformer en sulfate; puis il décompose complètement le sulfate, et il le régénère immédiatement après à l'aide de l'acide sulfurique. Il aurait pu obtenir l'argent

d'une manière beaucoup plus simple et plus économique, en le précipitant de sa dissolution sulfurique par le cuivre, comme cela se pratique habituellement ; mais son procédé ne peut pas même le conduire au but qu'il s'est proposé ; car l'argent est très-facilement oxidé par le sulfate de cuivre ou par le deutoxide de cuivre, et dès qu'il a été oxidé, il se combine si fortement avec le cuivre qu'il devient irréductible par la chaleur.

M. Serbat chauffe toutes ces matières dans des mouffles, sans doute afin de pouvoir recueillir les vapeurs sulfureuses et de les convertir, dans des chambres de plomb, en acide sulfurique ; mais, dans l'état des choses, l'acide sulfureux a si peu de valeur, qu'il n'est pas probable que son produit puisse compenser l'oxide combustible que nécessite l'emploi des mouffles.

Ce que le procédé de M. Serbat présente de particulier (la calcination des sulfates jusqu'à décomposition complète) n'est pas une innovation heureuse, et je doute qu'on puisse l'appliquer, même en la modifiant beaucoup, au traitement des minerais de cuivre argentifère.

P. B.

SUITE DU MÉMOIRE

SUR

LA GÉOGNOSIE DU DÉPARTEMENT DU NORD (1);

PAR M. POIRIER SAINT-BRICE, Ingénieur au Corps
royal des Mines.

TERRAINS DE TRANSITION (Suite).

§ 3. Formation de houille, schistes et grès.

Le terrain houiller se compose de trois roches bien distinctes, le schiste argileux, le grès et la houille, dont les couches alternent les unes avec les autres. Ce terrain constitue, dans le département du Nord, une seule formation, qui se trouve comprise entre les deux formations contemporaines de calcaire fétide et schiste argileux.

Les limites de cette formation sont donc indiquées naturellement par celles communes entre elle et les dernières. C'est, au midi, une ligne à peu-près droite, qui part de Montignies en Belgique, et passe par Estreux, Saint-Léger et Arleux. Au nord, c'est une seconde ligne commençant entre Blaton et la forêt de Condé, et qui, si elle était parallèle à la première, passerait vers Saint-Léonard-de-Raches, entre Saint-Amant et Orchies ; mais, de ce côté, le dépôt houiller paraît prendre de l'extension, et ses limites ne sont pas aussi bien déterminées ; elles

Composition
du terrain
houiller.

Limites de la
formation
qu'il consti-
tue.

(1) Voir la première partie, page 3 de ce volume.

sembleraient s'étendre vers Orchies, et plus loin, au nord de Douai, jusque dans les environs de Séclin : c'est ce qu'on a lieu de penser d'après les résultats d'un sondage entrepris à Wattignies, il y a une trentaine d'années, et qui a été repris et vérifié à la fin de 1822. Après avoir traversé les différentes couches du terrain horizontal, on a eu d'abord quelques indices assez caractérisés d'une espèce de *tourtia*, roche qui recouvre constamment la formation de houille; puis, pendant 2 à 3 mètres, on a trouvé des fragmens d'une roche argileuse non effervescente, qui paraissait appartenir à cette dernière formation; mais, au-dessous, il ne s'est plus présenté que des débris d'un calcaire gris bleuâtre tout-à-fait analogue au calcaire fétide. Il paraîtrait donc que l'on serait tombé en cet endroit sur la limite extrême de la formation de houille, reposant là, comme par-tout ailleurs vers le nord, sur le calcaire. Plus loin, vers Lille, on ne trouve plus que ce dernier, ainsi que l'a fait voir le sondage de Lambersart exécuté en 1821 et 1822, qui l'a atteint à 80 mètres environ de profondeur, après avoir traversé les argiles inférieures à la craie, et n'en est plus sorti pendant les 10 à 12 mètres que l'on a encore percés plus bas.

La formation de houille, schistes et grès, ne se montre à découvert en aucun point du département du Nord : par-tout elle est cachée sous les terrains moins anciens, dont l'épaisseur n'est que de 30 à 40 mètres vers le nord-est aux environs de Condé, et va toujours en augmentant à mesure que l'on s'avance au sud-ouest dans l'intérieur du département. A Anzin, près Valenciennes, cette épaisseur est déjà de 70 à 80 mè-

tres, et, à Aniche, elle s'accroît jusqu'à 120 mètres et plus.

Le schiste argileux de cette formation, quand il est pur, est toujours assez tendre pour se laisser rayer par l'ongle : sa couleur est grise, et devient plus foncée à mesure que ses couches se rapprochent de celles de la houille; il est généralement parsemé de beaucoup de mica blanc en petites paillettes.

Le grès est une roche arénacée, presque toujours à grains fins : sa couleur est d'un gris très-variable, quelquefois blanchâtre, et toujours plus ou moins foncé quand ses couches sont dans le voisinage de la houille. Il est d'ordinaire micacé, et prend souvent la contexture un peu schisteuse. Il est rare que le grès houiller soit entièrement quartzeux; le plus souvent, son ciment est argileux, et il donne alors une odeur prononcée par le contact de l'haleine : il y a des couches où l'argile est très-abondante; elles sont comme le passage du grès au schiste argileux qui les avoisine.

La houille de cette formation est celle schisteuse (*schiefer-kohle* des minéralogistes allemands) : elle est d'un noir généralement foncé, un peu éclatante : outre le sens des deux divisions qui proviennent de sa nature schisteuse ou feuilletée, et celles perpendiculaires, qui donnent lieu, comme l'indique M. Haüy, à des parallépipèdes rectangles, j'ai remarqué d'autres coupes assez nettes, diversement inclinées, qui fournissent accidentellement des prismes triangulaires, quadrangulaires et même hexagonaux; j'ai, entre autres, un assez gros fragment où cette dernière forme est très-prononcée. Selon que la

houille est plus ou moins bitumineuse, on lui donne les noms de *houille grasse* ou de *houille sèche*; sa qualité, sous ce rapport, varie généralement d'une couche à l'autre.

Présence de débris végétaux abondans au milieu de la formation de houille.

Le principal caractère qui distingue cette formation est la présence d'une infinité de débris végétaux que l'on rencontre impressionnés dans les différentes couches de schiste ou de grès, et dont l'abondance augmente à mesure que ces couches se rapprochent de celles de houille. Ils sont sur-tout très-multipliés et très-nets dans le schiste argileux, et c'est entre les feuillets de cette dernière roche que l'on trouve parfaitement conservées ces belles impressions végétales, dont quelques-unes ont de l'analogie avec nos roseaux, nos fougères, mais qui paraissent pour la plupart se rapporter à des végétaux inconnus dans nos climats.

Les restes d'animaux marins sont, à l'encontre des débris végétaux, excessivement rares dans les diverses formations de houille. On a même cru pendant long-temps qu'il n'en existait nulle part aucune trace; mais il paraît qu'on en a découvert depuis peu d'années quelques indices dans certaines mines de houille d'Angleterre, et même dans celles de Liège, qui font partie de la formation qui nous occupe. Du reste, malgré les nombreuses occasions que j'ai eues d'étudier cette dernière dans le département du Nord, je n'y ai jamais rencontré la moindre trace de débris coquilliers.

Substances accidentelles.

Le fer sulfuré est la substance accidentelle qui paraît la plus commune dans la formation de houille: il se rencontre fréquemment dans certaines couches en petites masses disséminées, ou bien en lames très-minces appliquées entre les

feuillets de houille. Sa présence nuit beaucoup à la qualité du combustible.

La chaux carbonatée lamelleuse se trouve également au milieu de la houille en filets et petits nids, où elle affecte quelquefois la forme lenticulaire. Dans le schiste argileux, elle forme des plaques peu épaisses, recouvertes de la forme dodécaèdre et de pyrite en petites boules rayonnées: les parties du schiste très-voisines deviennent alors légèrement effervescentes.

La baryte sulfatée lamelleuse, de couleur grise, formant des groupes de cristaux accolés, sous la forme primitive tabulaire, se trouve par nids disséminés dans le schiste argileux des mines d'Anzin. Elle forme quelquefois, au milieu de la même roche, des masses plus volumineuses, en affectant la même cristallisation; mais sa couleur est jaunâtre et elle a une demi-transparence; elle se trouve unie alors à la pyrite de fer cylindroïde et concrétionnée.

Enfin on rencontre, au milieu de certaines failles du terrain houiller d'Anzin, de la stéatite terreuse très-blanche, très-douce au toucher, qui tapisse les fentes et petites crevasses d'un grès un peu schisteux, traversé par des filets nombreux de quartz hyalin gras translucide.

La formation de houille du département du Nord renferme, comme toutes les autres, des couches subordonnées de fer carbonaté lithoïde, connu sous le nom de *minerai de fer des houillères*. Ce minerai est tantôt compacté et tantôt grenu, ayant à ce dernier état l'apparence oolitique; il forme au milieu du schiste argileux et même de la houille, des couches assez continues, principalement dans le schiste. Souvent ces cou-

Couches subordonnées de minerais de fer.

ches s'interrompent par intervalles, puis on les retrouve à une certaine distance; souvent aussi, sur-tout dans la houille, le minerai est en rognons isolés ou masses un peu aplaties, distinctes les unes des autres, et qui forment, du reste, une espèce de lit parallèle à la couche qui le renferme. D'après des essais en grand, exécutés en 1817 sur ces minerais, dans le haut-fourneau de Trélon, on a reconnu que leur richesse moyenne était d'environ 40 pour 100, et qu'ils sont susceptibles de donner des fers de bonne qualité: ils paraissent d'ailleurs abondamment répandus dans toute la formation de houille; mais on n'a fait jusqu'à présent aucune tentative pour en tirer parti.

Allure générale de la formation.

Les différentes couches de cette formation alternent les unes avec les autres, en restant toujours parallèles; celles de grès et de schiste argileux se représentent le plus fréquemment, mais sans aucun ordre régulier. Les couches de houille, en général peu épaisses, sont beaucoup plus rares et laissent souvent entre elles de grands intervalles qui sont remplis par celles des deux roches accompagnantes.

La direction générale de toute la formation est de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, c'est-à-dire, absolument la même que pour les deux formations de calcaire fétide qui l'environnent. L'inclinaison des couches est plus ou moins forte relativement à l'horizon, et se montre habituellement dirigée vers le midi; mais elle a lieu quelquefois tout-à-fait en sens contraire, par suite des accidens fréquens qui affectent la stratification, et des plis et replis que font souvent sur elles-mêmes les couches de tout le système.

Jé n'entreprendrai point ici la description des grandes exploitations de houille, qui font une partie si importante de la richesse du département du Nord. Elles sont connues depuis longtemps, et ont été l'objet de plusieurs Mémoires imprimés, ouvrages de géologues du premier mérite. Je vais terminer ce qui concerne cette formation par quelques considérations sur son ancienneté relative et sur les diverses recherches de houille qui ont eu lieu dans plusieurs points du département, pris hors des limites de la formation connue.

J'ai déjà dit que cette formation de houille est, pour ainsi dire, encaissée entre les deux formations contemporaines de calcaire fétide et schiste argileux. A sa limite vers le nord, point où l'on a exploité la couche de houille dite *veine de Bleton*, qui est la plus rapprochée de cette limite, on voit bien évidemment la superposition des deux formations et le passage presque insensible de l'une à l'autre. A partir des anciens puits d'extraction jusqu'à la première carrière de pierre bleue de Bleton, les schistes et les grès houillers sont, ainsi que le calcaire fétide, en couches parallèles, toutes inclinées vers le midi; à mesure que l'on s'éloigne vers le nord, les couches de grès sont plus communes; elles semblent lier une formation à l'autre. Bientôt ce grès change de nature; il perd sensiblement sa texture grenue, et prend l'aspect d'un quartz compacte; il est translucide sur les bords, d'un gris sale, à cassure inégale en grand et très-esquieuse en petit; c'est sans doute toujours un grès, une roche arénacée, mais dont le ciment n'est plus visible. Plus loin, il devient efferves-

Motifs qui déterminent à placer cette formation sur la limite extrême des terrains de transition.

cent, et l'on trouve ensuite une couche de calcaire gris siliceux, renfermant beaucoup d'encrinites.

Au midi, la jonction des deux formations ne se montre pas au jour; elle est recouverte par le terrain horizontal, et l'on ne peut sur aucun point reconnaître si le calcaire fétide repose sur le terrain houiller, en conservant alors la même inclinaison vers le midi, ou bien si cette inclinaison a réellement lieu en sens contraire. Au surplus, les variations que nous avons déjà remarqué exister dans le sens de l'inclinaison des couches du calcaire fétide, et se prolonger alors à de grandes distances dans sa formation, viennent ici à l'appui de cette dernière hypothèse. En effet, entre Avesnes et Maubeuge, sur toute une bande prise entre des lignes parallèles à la direction générale, cette inclinaison est dirigée vers le midi; j'ai fait observer qu'elle changeait de sens près d'Avesnes, et prenait alors la direction du nord, qu'elle conservait jusque dans le canton de Trélon. De l'autre côté de Maubeuge, il y a encore un changement analogue qui paraît s'opérer dans les carrières de Hon-Hergies près Bavay; car les bancs de marbre de cette commune, disposés d'abord horizontalement, deviennent ensuite inclinés de 60 à 70 degrés vers le nord; ce point se trouve assez rapproché de la limite sud des deux formations, pour qu'un nouveau changement d'inclinaison dans cet intervalle paraisse peu probable. Il est donc plus naturel de penser qu'il n'a pas lieu, et d'admettre alors que les deux formations contemporaines de calcaire fétide ont, à leurs limites avec celle de houille, les pentes de leurs couches réciproque-

ment en sens contraires: il s'ensuit que l'on doit regarder cette dernière comme formant un véritable dépôt au milieu du calcaire fétide, et lui étant par conséquent postérieure.

Parmi les causes qui ont produit les deux formations de calcaire et de houille, plusieurs leur sont communes et tendent à les rapprocher: c'est d'abord la présence abondante et presque continuelle du carbone dans l'une et l'autre; ensuite l'analogie remarquable qui existe si souvent entre les schistes et les grès de la houille, et les mêmes roches de la formation calcaire. Le seul point de séparation bien complète qui existe réellement entre elles, est la présence du principe bitumineux dans la formation de houille, et son exclusion absolue de celle du calcaire fétide. Le caractère tiré de l'absence des débris animaux dans la première formation n'est plus décisif, puisque depuis quelques années on en a découvert des indices sur plusieurs de ses points: il en est de même de celui fondé sur la présence de débris végétaux d'une certaine nature dans la même formation; ils ne paraissent pas lui être exclusivement réservés; car on a trouvé à Aulnois, comme il sera dit plus bas, des schistes argileux alternant avec le calcaire fétide, et qui présentent des empreintes assez semblables à celles du schiste houiller.

D'après ces diverses considérations, on ne peut, à la vérité, regarder les deux formations dont il s'agit comme contemporaines; mais aussi il me semble difficile de penser qu'il faille les rapporter à des époques très-éloignées. Tous ces motifs me déterminent, au contraire, à les rapprocher l'une de l'autre, en plaçant sur la limite extrême

des terrains de transition la formation de houille qui s'étend dans le département du Nord.

Recherches
diverses de
houille.

On a entrepris à différentes époques des recherches de houille sur plusieurs points du département situés hors des limites de la formation connue. Je vais rappeler ici celles de quelque importance, en commençant par les plus anciennes.

Au hameau de Coupelivoie, dépendant de la commune de Glageon, sur l'arrondissement d'Avesnes, on creusa, il y a environ cinquante ans, deux fosses carrées de six pieds de côté et à dix pieds seulement de distance l'une de l'autre; à trente pieds de profondeur, on rencontra le schiste argileux, et l'on s'enfonça de cent pieds dans cette roche; les travaux furent ensuite abandonnés. Ils ne présentaient aucune chance de succès, car on n'était nullement dans un schiste houiller, mais bien dans le schiste argileux micacé bleuâtre, qui fait partie de la formation de calcaire fétide; au milieu des anciens déblais, j'en ai trouvé plusieurs morceaux renfermant les coquilles fossiles de cette formation.

A Saint-Remy-Chaussée, entre Pont-sur-Sambre et Avesnes, on avait aussi commencé, il y a trente ou quarante ans, deux puits de recherche, qui n'ont pas été poussés très-profondément. Sur ce point, le schiste est encore d'un gris bleuâtre, presque toujours un peu effervescent et souvent même encrinétique; ces caractères l'éloignent entièrement du schiste houiller.

A Aulnois-lès-Berlaimont, près des bords de la Sambre, on entreprit, vers la même époque, deux puits de recherche, qui furent poussés jusqu'à 120 ou 130 pieds de profondeur. L'opinion

la plus répandue dans le pays est que l'on trouva réellement alors une mine de houille: on ne précise point les motifs qui, dans ce cas, ont pu faire abandonner son exploitation. Ces mêmes travaux sont ceux que l'on a repris depuis deux ans.

J'ai déjà décrit précédemment les calcaires et les schistes noirs d'Aulnois; j'ai fait remarquer la différence qui existe sous certains rapports entre ces schistes et ceux qui accompagnent la houille. Ils s'en rapprochent cependant par la présence fréquente de quelques impressions végétales assez analogues à celles que renferment les schistes houillers. Du reste, ils ne sont jamais bitumineux; quand on les met sur des charbons allumés, ils n'en donnent pas le moindre indice; leur carbone se brûle, et ils prennent une teinte blanchâtre ou rougeâtre. Ces schistes ont de l'analogie, par leur aspect extérieur, avec ceux alumineux; la grande quantité de fer sulfuré qui y est disséminée pourrait faire penser qu'ils en ont jusqu'à un certain point les propriétés; comme eux, ils renferment souvent entre leurs feuillets beaucoup de petites lames de chaux sulfatée limpide.

Les travaux de recherche d'Aulnois sont trop peu avancés pour qu'on puisse émettre une opinion positive sur la probabilité de leur succès. Les schistes déjà trouvés se rapprochent, comme je viens de le dire, de ceux de la houille par certaines impressions végétales qu'ils renferment. Si d'un autre côté on devait les regarder comme réellement alumineux, ce ne serait point encore une présomption défavorable; car on sait que ces sortes de schistes se montrent d'ordinaire

Recherches
actuelles
d'Aulnois-
lès-Berlai-
mont.

dans le voisinage de la houille, et qu'ils forment sur quelques points le passage de sa formation à celle du calcaire fétide.

Anthracite
trouvé au
milieu de la
formation de
calcaire fé-
tide et
schiste argi-
leux.

On a encore entrepris depuis peu des recherches pour la houille au midi d'Avesnes, dans les communes d'Etrœung et de Cartigny. Vers le mois d'août 1824, on creusait un puits sur le bord de la route d'Avesnes à Etrœung, à peu de distance du cours de la petite Helpe; on trouva, à 6^m de profondeur, dans un schiste argileux micacé bleuâtre, incliné de 50 à 55 degrés vers le nord-ouest, une substance noire assez brillante qui y formait une veine peu étendue, épaisse de 0^m,014 environ; puis 1^m,20 plus bas, il se présenta une seconde veine de la même substance sur une épaisseur à-peu-près double. Les ouvriers employés à ces travaux pensaient avoir rencontré pour le moins des indices certains du voisinage de la houille; mais cette substance, dont il m'a été remis quelques fragmens et que j'ai examinés avec soin, n'est autre chose que de l'*anthracite*; en la comparant avec la houille schisteuse, on voit qu'elle est moins noire et qu'elle a un éclat beaucoup moins brillant; sa couleur est plutôt d'un gris métallique: elle s'écrase plus difficilement, et laisse sur le papier une tache d'un gris noirâtre, moins marquée que celle de la houille. Elle se comporte au feu bien différemment; elle y rougit sans pétilllement, sans la moindre odeur et sans flamme; en la retirant ensuite, on retrouve au fragment ainsi chauffé sa même forme et son éclat ordinaire; ce dernier essai ne m'a plus laissé le moindre doute sur la nature de cette substance.

L'*anthracite* n'est, sous aucun rapport, un

indice favorable dans les recherches de houille; les gisemens de ces deux substances minérales sont très-différens. On n'avait trouvé d'abord la première que dans des terrains primitifs; mais on l'a depuis découverte dans ceux de transition, et même en dernier lieu dans le plus moderne, au milieu d'un calcaire fétide de l'ancien département de l'Ourthe, dont la formation paraît être une suite de celle du département du Nord. Ici le gisement est le même; car le schiste argileux dans lequel on a trouvé cet *anthracite* est recouvert par le calcaire fétide et alterne avec lui. Son existence au milieu d'une formation où le carbone se montre par-tout comme principe essentiel plus ou moins abondant, s'explique bien naturellement, puisque lui-même est presque entièrement composé de carbone et n'est d'ailleurs aucunement bitumineux, ce qui l'éloigne en même temps de la houille par le caractère le plus tranché.

Quelques autres travaux de recherches ont été entrepris également à différentes époques, au-delà des limites nord de la formation de houille, sur-tout dans les environs de Lille. Ils n'ont eu aucun succès, et présentent trop peu d'importance pour que je m'y arrête davantage. J'ai d'ailleurs déjà parlé des sondages de Lambersart et de Wattignies, qui, parmi ces travaux, sont les plus remarquables.

Terrains secondaires.

Les terrains secondaires du département du Nord sont en couches horizontales et recouvrent en partie les terrains plus anciens qui ont fait jusqu'à présent le sujet de ce Mémoire. Ils for-

Etendue oc-
cupée par les
terrains se-
condaires.

ment tout le centre du département. Leur limite vers le sud-est passe dans les environs de Bavay, puis elle traverse la forêt de Mormal, d'où elle sort entre Maroilles et Landrecie. En s'avancant delà vers le nord-ouest, on voit ces terrains composer généralement le sol des arrondissemens de Cambrai, Valenciennes, Douai et Lille, où ceux tertiaires et d'alluvion ne paraissent que par intervalles et avec peu d'épaisseur. Mais déjà dans l'arrondissement d'Hazebrouck, les terrains d'alluvion se rencontrent plus fréquemment, et quand on arrive dans les environs de Cassel, on les voit prendre une grande épaisseur et remplacer entièrement ceux secondaires, dont on ne trouve plus au-delà la moindre trace à la surface du sol.

Division de ces terrains en deux formations distinctes.

La roche qui domine dans ces terrains est la chaux carbonatée terreuse plus ou moins pure, connue sous le nom de *craie*, et l'on retrouve ici cette grande formation de craie qui s'étend dans l'Artois, dans la Picardie et au-delà. Elle ne repose pas immédiatement sur les terrains de transition, mais s'en trouve séparée par une formation de sables et d'argiles qui lui sont inférieurs.

§ 1. *Formation des sables et argiles inférieurs à la craie.*

Nature des roches qui composent cette formation.

1°. Poudingue calcaire ou *tourtia*.

Les roches principales de cette formation sont au nombre de deux, formant chacune une seule et unique couche sans aucune répétition ni alternance.

Celle inférieure est un calcaire grisâtre terreux renfermant une multitude de cailloux roulés, ronds ou anguleux et plus ou moins arrondis, dont la grosseur varie beaucoup : c'est un véri-

table poudingue à pâte calcaire et à noyaux de nature généralement siliceuse. Cette couche paraît manquer d'ordinaire quand la formation recouvre celle de calcaire fétide et de schiste argileux : sa présence est au contraire constante sur le terrain houiller, à tel point qu'on la regarde toujours comme un indice favorable de l'existence de ce dernier. Les mineurs donnent à ce poudingue calcaire le nom de *tourtia*, comme ils appellent aussi *morts-terrains* l'ensemble de tous les terrains horizontaux qui recouvrent la formation de houille.

Les noyaux du *tourtia* sont très-gros dans la partie inférieure de la couche, ils ont souvent jusqu'à un et même deux décimètres de plus grande épaisseur; mais ils diminuent progressivement à mesure que l'on s'élève dans la couche, et sont d'ordinaire à peine gros comme des têtes d'épingles à sa partie supérieure : une telle disposition est la preuve que ce poudingue s'est formé lentement au milieu des eaux, puisque ses noyaux se sont trouvés déposés suivant l'ordre de leur pesanteur.

La plupart des noyaux du *tourtia* sont formés d'un quartz compacte, à cassure assez unie, en partie conchoïde, qui est opaque, raie fortement le verre et donne au contact de l'haleine l'odeur un peu argileuse; sa couleur intérieure est d'un gris de fer très-noir, et celle de la surface est presque toujours d'un jaune foncé un peu verdâtre, qui pénètre environ d'un demi-millimètre dans l'intérieur. Ces divers caractères semblent devoir faire rapporter cette substance au *kiesel-schiefer* des Allemands. Plusieurs autres ont l'aspect d'un grès verdâtre à grains fins que l'on

Nature des noyaux du *tourtia*.

peut regarder comme une *grauwacke* ; quelques-uns sont de quartz hyalin roulé, qui est quelquefois en cristaux intacts et bien prononcés ; d'autres sont du fer carbonaté lithoïde compacte, entièrement semblable à celui du terrain houiller. On trouve aussi quelques noyaux de fer ocreux jaune et rouge, et même de fer hématite ; enfin, j'en ai rencontré un ou deux formés d'un calcaire grenu de couleur foncée, très-effervescent, et qui semblerait appartenir au calcaire fétide.

Ces variétés, que j'ai toutes observées, ne sont peut-être pas les seules, tant ces noyaux paraissent diversifiés dans leur nature. Outre ceux qui se trouvent à la partie supérieure du tourtia, on y voit aussi une multitude de très-petits grains d'un vert foncé, qui s'écrasent facilement sous l'ongle et prennent alors une teinte plus claire : c'est encore la chlorite ou plutôt le fer silicaté, que nous verrons se représenter également dans la formation supérieure, et qui donne ici au poudingue l'aspect d'un sable vert agglutiné.

Sables dépendant du tourtia.

L'épaisseur moyenne de la couche du tourtia est de 2 à 3 mètres ; elle varie du reste en raison des inégalités de surface ou ondulations du terrain incliné qu'elle recouvre. Il arrive quelquefois que ces ondulations forment des enfoncements de plusieurs mètres de profondeur et d'une assez grande étendue, qui souvent se trouvent remplis par un véritable sable quartzueux à grains mélangés, gros et petits. Ce sable devient très-difficile à traverser dans le percement des puits pour l'extraction de la houille, quand les eaux supérieures ont pu pénétrer jusqu'à lui comme cela arrive fréquemment, sur-tout dans la partie

sud-ouest des exploitations d'Anzin. Il fait suite à la couche de tourtia, dont il dépend ; il renferme des rognons plus ou moins aplatis de fer sulfuré, des masses sableuses agglutinées par ce dernier, et de plus beaucoup de bois fossile souvent pyritisé, dont les fragmens, de couleur noire, sont plus ou moins gros ; on en a rencontré quelquefois des troncs énormes, d'un mètre et plus de hauteur.

Le tourtia lui-même contient fréquemment des fragmens de ce bois fossile, qui ont été comme enveloppés dans sa masse ; on y trouve également de la même manière de la houille, et j'y ai même reconnu de l'antrace.

La couche de tourtia renferme une grande quantité de coquilles marines fossiles généralement bien conservées. Elles sont à quatre états différens.

Énumération des diverses coquilles fossiles du tourtia.

1°. Le têt des coquilles existe encore, et l'intérieur est rempli de calcaire lamelleux en partie cristallisé. J'ai trouvé à cet état de conservation une *bélemnite*, deux espèces de *peignes* et cinq à six espèces de *térébratules* : ce dernier fossile est celui que l'on rencontre le plus abondamment dans toutes les parties du tourtia, et son état est toujours le même.

2°. Le têt est détruit ; il ne reste que le moule intérieur de la coquille, formé du calcaire terreux blanc grisâtre, qui fait la pâte même du tourtia : ce sont des *échinites*, des *bucardes*, des *turbos*, *troques* et *cadrans*, des *nautilites* et *ammonites* : ces deux derniers genres, les ammonites sur-tout, ont de très-grandes dimensions ; j'en ai trouvé un fragment de spire, vertébré, dont la largeur est de 8 centimètres et la cour-

bure peu sensible sur une longueur à-peu-près double ; l'ammonite à laquelle il appartenait devait avoir au moins 0^m,3 à 0^m,4 de diamètre.

3°. Le têt existe encore ou il est détruit ; mais, dans l'un et l'autre cas, le têt et le moule sont toujours de même nature et formés d'un calcaire siliceux de couleur brun foncé, ressemblant assez à certains noyaux du tourtia, qui, comme ces derniers, raie le verre, mais s'en distingue par l'effervescence avec les acides. A ce troisième état de conservation, j'ai trouvé les genres *ampulline*, *cadran*, *ammonite* plus petite que les précédentes, *vénus*, *bucarde*, *arche*, deux espèces de *peignes* différens de ceux déjà cités, une grande espèce d'*huitre en crête de coq* ; enfin, une *encrinite* striée du centre à la circonférence.

4°. Le têt est conservé ; il est blanc mat comme la craie ; comme elle, il tache les doigts d'une poussière blanche très-fine, mais il ne fait aucune effervescence avec l'acide nitrique, et paraît être passé à l'état d'une silice extrêmement ténue ; le moule de la coquille est composé d'un sable siliceux blanchâtre ou bien de silex gris tapissé de petits cristaux de quartz hyalin.

Les coquilles conservées à cet état forment de petits nids tout-à-fait isolés au milieu du tourtia, qui paraissent ne s'y rencontrer que très-rarement ; elles sont entourées d'un sable siliceux blanchi de leurs débris, et qui n'est un peu calcaire que dans les parties attenantes à la roche : j'y ai reconnu des coquilles bivalves qui se rapportent au genre *mactre*, des *tarrières en oublis*, et de petites coquilles en spirales droites, qui ressemblent à des *vis* très-allongées.

Pour compléter ici l'énumération des débris

animaux qui se rencontrent dans la roche du tourtia, il faut citer les *glossopètres* ou *dents de squales*. J'en ai trouvé deux exemples : le premier est un fragment d'une dent droite et allongée en pointe ; le second est une petite dent entière, très-large, courte et un peu recourbée.

Tout ce qui précède fait voir combien la composition du tourtia est remarquable. J'ai voulu décrire ici avec quelques détails cette roche singulière, qui est encore très-peu connue.

La seconde roche principale de la formation inférieure à la craie est une argile calcaire d'un gris bleuâtre, faisant une légère effervescence avec l'acide nitrique ; les mineurs lui donnent le nom de *diève* : son épaisseur moyenne à Anzin est de 15 à 16 mètres ; elle est à Aniche près du double. Cette couche est, par sa nature et par sa grande puissance, entièrement imperméable ; elle retient toutes les eaux supérieures, et c'est au milieu d'elle que l'on établit ce beau travail appelé *picotage*, au moyen duquel on empêche ces eaux de pénétrer derrière le cuvelage des puits d'extraction et d'inonder le terrain houiller.

Le seul fossile que la diève paraisse contenir est une grande espèce d'*huitre commune* : elle renferme en outre beaucoup de fer sulfuré en masses cristallisées ou cristaux isolés, dont les formes sont souvent très-nettes. La partie inférieure de la couche change un peu de nature sur 2 mètres environ d'épaisseur ; l'argile est plus calcaire et sa couleur devient un peu rougeâtre : c'est ce que les mineurs appellent *diève rouge*.

Quelquefois entre la diève et le tourtia il existe un calcaire grisâtre formant une couche de peu d'épaisseur. Je pense que l'on aurait tort de

2°. Argile calcaire ou diève.

croire cette couche indépendante, et qu'il faut la regarder comme faisant partie de la tête du tourtia, dont elle ne diffère qu'en ce qu'elle contient infiniment peu de chlorite; elle en renferme constamment quelque trace, et en l'examinant à la loupe on y retrouve toujours des grains verts disséminés. J'ai d'ailleurs reconnu dans ce calcaire des fossiles analogues à ceux du tourtia, entre autres un petit *peigne* strié circulairement, qui se trouve dans la partie supérieure de ce dernier lorsqu'elle est chloritée et ne renferme encore que des galets ou noyaux très-petits.

§ 2. Formation de la craie.

La formation craieuse dont il s'agit est une dépendance de la grande formation de craie qui occupe une partie du nord et de l'ouest de la France; on peut dire qu'elle en forme une des extrémités. J'ai déjà indiqué, en parlant des terrains secondaires du département du Nord en général, l'étendue et les limites de cette formation. Les différentes couches calcaires qui la composent présentent les trois variétés de craie ordinaires; savoir, la *craie blanche*, la *craie tufau* ou craie grossière et celle *chloritée*, où se trouvent disséminés les grains verts du fer silicaté, improprement appelé *chlorite*.

Disposition relative des différentes espèces de craie de cette formation.

L'ordre dans lequel je viens de nommer ces trois espèces de craie est, en commençant par la moins ancienne, celui de leur superposition dans beaucoup de localités; mais dans le département du Nord cet ordre n'est plus le même, comme on va le voir. La craie blanche est encore celle qui recouvre les autres, et que l'on rencontre la première; les mineurs lui donnent le nom de

marle ou *marme*; ses premières assises sont souvent grises ou jaunâtres, sableuses ou argileuses, selon le terrain qui les recouvre; mais elle devient bientôt très-blanche et très-pure: son épaisseur totale varie de 6 à 15 mètres et au-delà.

Les deux couches qui suivent, nommées *gris* et *vert*, épaisses ensemble de 3 à 6 mètres, n'en forment réellement qu'une seule, qui appartient évidemment à la craie dite *chloritée*; la distinction qu'en font les mineurs provient de ce que le silicate de fer, étant beaucoup plus abondant à la partie inférieure de la couche, lui donne en effet une teinte verte presque uniforme que n'a pas la partie supérieure.

La couche suivante appelée *Bonne-Pierre*, de 2 à 3 mètres d'épaisseur, est encore une craie de même espèce, mais renfermant beaucoup moins de grains verts que les deux autres. Après celle-ci vient une craie grossière, de couleur grisâtre, entièrement semblable à la craie tufau, et qui ne contient point de fer silicaté: elle forme une couche épaisse d'ordinaire de 10 à 12 mètres, dans laquelle se trouvent disséminés assez inégalement des rognons tuberculeux de silex pyromaque gris noirâtre, dont la couleur devient souvent moins foncée près de leur superficie: ces silex, que les mineurs appellent *cornus*, donnent leur nom à la couche qui les renferme. On voit donc qu'ici la craie chloritée se montre immédiatement après la blanche, et que c'est seulement au-dessous d'elle que paraît la craie tufau, qui la précède au contraire dans beaucoup d'autres localités.

Couches argileuses qui terminent cette formation.

La formation de la craie se termine inférieurement par une suite de couches plus ou moins argileuses, qui sont d'ordinaire au nombre de six. Celle supérieure, appelée *premier bleu*, d'après sa couleur bleuâtre, est argileuse et calcaire; la suivante, nommée *forte toise*, se rapproche de la nature de la craie tufau; elle est grise et à grain grossier comme cette dernière; les quatre autres couches sont alternativement de la même nature que celles-ci, c'est-à-dire que l'argile ou le calcaire y dominant tour-à-tour; on les nomme *deuxième et troisième bleus, premier et deuxième petits bancs*.

L'ensemble de ces couches présente une épaisseur qui varie généralement de 15 à 20 mètres: on voit qu'elles forment en quelque sorte le passage de la formation de la craie à celle de l'argile qui lui est inférieure; mais elles appartiennent évidemment à la première par la nature de leurs fossiles, qui sont les mêmes que ceux ordinaires de la craie; elles renferment, de plus, beaucoup de pyrites globuleuses et quelques-unes cristallisées.

Nombreuses carrières de pierres blanches dans cette formation.

Différentes couches de la formation de craie fournissent du moellon pour la bâtisse et même d'assez bonnes pierres de taille; on les appelle *pierres blanches*, à cause de leur couleur, et par opposition avec les pierres bleues que l'on tire du calcaire fétide. La marne ou craie blanche est très-fendillée sur-tout dans sa partie supérieure; on l'emploie alors pour l'amendement des terres; plus bas, elle fournit du moellon, qui donne la chaux ordinaire pour le mortier; on en fait aussi une poudre que l'on délaye pour blanchir les maisons: cette couche s'exploite souvent à ciel

ouvert d'après les localités. La *bonne pierre* prend son nom de sa qualité; elle n'est point fendillée et se durcit sensiblement à l'air: au sortir de la carrière, elle est très-tendre et se taille facilement; on en tire des blocs considérables, qui sont susceptibles de toutes les formes et ornemens de l'architecture; elle s'exploite presque toujours par puits et galeries horizontales. La *forte-toise* est d'une qualité inférieure; on l'extrait d'ailleurs très-rarement, à cause de la trop grande profondeur où elle se trouve.

Il y a de nombreuses carrières de pierres blanches dans les arrondissemens de Cambrai, Douai et Valenciennes; on en a ouvert également plusieurs dans l'arrondissement de Lille, mais déjà la profondeur y est beaucoup plus grande.

TERRAINS TERTIAIRES.

Formation des sables et grès sans coquilles.

La formation des sables et grès sans coquilles est la seule appartenant à la classe des terrains tertiaires qui existe dans le département du Nord; elle s'y représente d'une manière uniforme sur des points différens. On la remarque recouvrant tantôt le calcaire fétide et le schiste argileux, et tantôt la craie. Elle se montre sur ces deux formations en grands dépôts entièrement isolés et indépendans les uns des autres, mais dont les parties composantes sont les mêmes et ont toujours une disposition analogue.

Détails sur la nature et l'étendue de cette formation.

Ces dépôts constituent quelquefois des collines assez élevées, ou bien ils remplissent de grandes excavations formées au milieu du terrain plus ancien qu'ils recouvrent. Les sables quartzeux

qu'ils renferment sont d'ordinaire très-purs et d'un très-beau blanc, ou quelquefois colorés par des oxides de fer. Le grès, presque toujours fort dur, est entièrement quartzeux et à grains très-fins; il se présente parfois au milieu du sable en couches horizontales assez continues; mais le plus souvent ces couches sont formées de gros blocs de grès séparés les uns des autres, peu éloignés et disposés toujours horizontalement.

On ne trouve jamais dans cette formation la moindre trace de débris animaux, et c'est ce caractère tiré de l'absence absolue de toute espèce de coquilles fossiles qui la distingue. Ses dépôts isolés se rencontrent fréquemment sur les arrondissemens de Cambrai, Douai et Valenciennes, où l'on exploite dans beaucoup de carrières les grès qu'ils fournissent. Il en existe également plusieurs dans l'arrondissement d'Avesnes, qui, par conséquent, s'y trouvent recouvrir la formation de calcaire fétide et schiste argileux, comme les autres sont superposés à celle du calcaire craieux. Les grès se travaillent assez facilement en les piquant au marteau: les plus durs s'emploient pour le pavage et les autres pour diverses constructions; les sables qui les accompagnent sont excellens pour les verreries. Tel est celui d'un dépôt semblable que j'ai eu lieu d'observer au milieu du calcaire fétide, et qui est situé sur la commune de Trélon, à 100 mètres environ des limites de celles de Glageon, entre le Train de mine jaune du midi et celui intermédiaire.

Description
d'un dépôt

Au-dessous d'une couche peu épaisse de terre végétale sablonneuse, on en trouve une de sable

jaune de 1^m,60 d'épaisseur, dans la partie supérieure de laquelle existe une bande horizontale et assez continue de silex pyromaques. Après le sable jaune vient une couche, épaisse au moins de 2^m,60, formée de blocs contigus d'un grès dur, blanc et grisâtre, qui sont disposés horizontalement et reposent sur le sable blanc. La carrière s'exploite depuis environ quinze ans; le grès sert pour le pavage et le sable inférieur s'emploie pour l'usage des verreries de Trélon, Fourmies, Sars. L'excavation formée circulairement paraît avoir à-peu-près 120 mètres de largeur; sa profondeur est de 6 mètres au moins au-dessous de la couche de grès, toujours dans un sable blanc très-pur. Dans le grès et le sable qui l'entoure, on remarque souvent des infiltrations ferrugineuses assez abondantes qui les colorent plus ou moins fortement, et y forment même de petites masses souvent creuses de fer oxidé.

TERRAINS D'ALLUVION.

Le département du Nord présente sur toute sa superficie différens terrains d'alluvion ou de transport, qui tous se rapportent aux plus récents, rangés sous la dénomination d'*alluvions modernes des plaines*. Pour en donner une idée, j'en formerai trois divisions établies d'après la disposition qui leur est propre et la nature des terrains plus anciens qu'ils recouvrent.

1°. *Terrains d'alluvion recouvrant par intervalles la formation de calcaire fétide et schiste argileux*. Cette division comprend la plus grande partie de l'arrondissement d'Avesnes. Le terrain d'alluvion n'y est point continu; il manque dans

de sables et
grès repo-
sant sur le
calcaire fé-
tide.

les parties élevées et sur le penchant des coteaux ; cependant quand les plaines hautes ont quelque étendue, on l'y retrouve encore par intervalles. Il se compose en général, au-dessous de la terre végétale, d'une couche d'argile de couleur jaune, grise ou noire, dont l'épaisseur varie d'ordinaire de 2 à 4 mètres, et dans laquelle on rencontre des cailloux roulés de silex pyromaque ou d'autre nature. Souvent cette argile devient très-siliceuse ou même est remplacée entièrement par un sable à assez gros grains, qui rend plus difficile le percement des puits. Sur plusieurs points de l'arrondissement d'Avesnes, le dépôt argileux augmente de profondeur ; il donne la meilleure argile de tout le département, avec laquelle on fabrique une poterie très-fine et une bonne faïencerie, principalement dans le canton de Maubeuge. La commune de Ferrière-la-Petite est la seule qui fournisse une argile propre à la fabrication de la faïence grise, dite *grès anglais*.

Tout ce terrain d'alluvion renferme plus ou moins abondamment le minerai de fer oxidé appelé *fer limoneux* : il est carié, caverneux, d'une couleur jaunâtre, tirant sur le brun quand il conserve un peu de consistance et d'éclat. Cette sorte de minerai est généralement assez pauvre et ne peut guère être employée que comme fondant lorsque les substances terreuses qu'il renferme sont d'une nature convenable.

2°. *Terrain d'alluvion recouvrant par intervalles la formation de craie*. Cette seconde division s'étend sur le sol des arrondissemens de Cambrai, Valenciennes, Douai et Lille, et sur une partie de celui d'Hazebrouck.

Le terrain d'alluvion, comme dans la précédente, n'y est pas continu, mais il y est déjà plus abondant : il a aussi une épaisseur plus grande, qui va souvent jusqu'à 12 et 15 mètres ; il lui ressemble du reste pour sa composition : ce sont des couches d'argile ; puis, au-dessous, du sable plus ou moins pur, auquel succèdent encore quelquefois de nouvelles couches d'argile en partie sablonneuse ; sur quelques points, il n'existe aucun dépôt argileux, et l'on ne trouve que des couches de sable assez fin, dont le grain devient plus gros dans la profondeur. Ce terrain de transport est presque toujours recouvert par un mètre, et même souvent plus, d'une terre végétale, dont l'épaisseur et l'heureuse composition rendent si fertile le sol de cette importante partie du département.

Les argiles et sables de ce terrain alimentent de tous côtés de nombreuses fabriques de poterie de terre, tuiles et carreaux. Il est aussi éminemment propre à la fabrication des briques, dont on fait un si grand usage dans les constructions du pays, et qui suppléent à la pierre à bâtir, que l'on ne trouve que sur quelques-uns de ses points. C'est la couche supérieure d'argile, mêlée avec de la terre végétale, que l'on emploie pour faire les briques ; l'argile pure serait trop susceptible de se crevasser.

Ce terrain d'alluvion renferme, comme le précédent, du minerai de fer limoneux : c'est surtout dans les bois qu'on le trouve plus abondamment.

Enfin, il y a dans cette partie du département de fréquens dépôts de tourbes de l'espèce dite *des marais*, que l'on exploite dans beaucoup de

communes pour le chauffage des habitans. Ces tourbières occupent les plaines basses et les fonds des vallées où coulent les différens cours d'eau : ainsi, dans l'arrondissement de Lille, on les trouve le long du canal de la Bassée; dans ceux de Cambrai, Douai et Valenciennes, elles existent dans le voisinage du canal de Douai à Lille, et le long des rivières de la Cense, de la Scarpe et de l'Éscout. La plupart de ces dépôts tourbeux sont recouverts de grandes flaques d'eau, au fond desquelles on va chercher la tourbe jusqu'à 5 et 6 mètres de profondeur.

3°. *Terrain d'alluvion continu recouvrant la formation de craie.* Ce dernier terrain commence, comme je l'ai déjà dit, dans l'arrondissement d'Hazebrouck aux environs de Cassel, où il prend une très-grande épaisseur et occupe au-delà toute la surface du sol, sans aucune interruption, jusqu'à la mer. La formation de la craie doit se prolonger au-dessous, mais elle ne se manifeste plus en aucun point de la superficie.

Le terrain d'alluvion dont il s'agit se compose en majeure partie d'un sable quartzéux, dont les couches horizontales sont de diverses couleurs et renferment assez fréquemment des cailloux roulés. Ce sable est d'ordinaire un peu mélangé d'argile à sa surface, ce qui le rend susceptible de quelque culture, sur-tout à force d'engrais. Il fait aussi parfois place à des dépôts argileux, qui ont, ainsi que le sable, une grande profondeur, et alimentent dans l'arrondissement de Dunkerque quelques briqueteries et fabriques de poterie de terre.

Il existe sur quelques points, au milieu des couches de sable, un grès ferrugineux de cou-

leur brune, qui présente une sorte de stratification horizontale. Au Mont Cassel, on trouve; outre ce grès, une autre roche arénacée à gros grains, un beau poudingue dont le grès ferrugineux, micacé, est la pâte, et les noyaux sont des cailloux siliceux roulés, ou jaunes ou blanchâtres, parmi lesquels il en est plusieurs, formés de quartz hyalin gras, translucide.

L'arrondissement de Dunkerque présente dans toute son étendue une plaine très-basse, que les eaux inondent facilement, et où par conséquent il s'est formé beaucoup de dépôts tourbeux; mais la difficulté de donner écoulement aux eaux a toujours été cause que l'on s'est opposé à l'extraction de la tourbe bien plutôt que de la favoriser, excepté sur les points bien rares, qui se trouvaient assez élevés pour qu'il fût possible d'assécher ensuite les lieux.

Tout ce terrain d'alluvion est bordé à la limite maritime du département par une suite de petites collines appelées *dunes*, qui ne sont autre chose que des masses de sable pur que la mer a petit à petit amoncelées sur ses bords.

Sur l'affinage du fer au fourneau à réverbère, essayé en Suède.

(Extrait des *Archives métallurgiques*, t. 7, p. 381.)

M. le directeur Afuhr a fait à Skebo, en 1822, différens essais pour reconnaître si le procédé anglais, c'est-à-dire, l'affinage au fourneau à réverbère pouvait être introduit dans les forges de la Suède avec avantage, et il en a publié les résultats. On a observé d'abord que ce mode de fabrication donnait lieu à une grande économie de bois; mais que le fer perdait une partie notable des qualités qui font donner au fer de Suède la préférence sur tous ceux préparés dans les autres pays : c'est particulièrement la ténacité qui est diminuée à un point extraordinaire, et il existe, en outre, un manque de compacité qui se montre aussi bien dans la totalité des barres, que dans certaines de leurs parties : ce dernier défaut ne se remarque pas d'abord, parce que le fer fabriqué dans le fourneau à réverbère, paraît à l'extérieur aussi compacte que tout autre; mais cette apparence est trompeuse; tous les fers faits par le procédé anglais n'étant pas forgés, mais, comme on sait, préparés et étirés en barres au moyen de cylindres, les parties moins compactes sont comprimées de tous côtés et par cela même cachées. Si l'on prend une barre quelconque de fer fabriquée à l'anglaise, et qui paraisse bien compacte tant à l'extérieur que dans sa cassure; si on la chauffe et l'étire sous un marteau de forge ordinaire, on apercevra bientôt les endroits qui sont poreux et qui occasionnent la rupture des

pièces; ces endroits présentent dans la cassure un aspect entièrement noir, et c'est par là principalement que le fer se montre d'une manière désavantageuse : il n'y a pas de doute qu'on ne doive chercher la cause de ces apparences dans la présence des scories, que le procédé d'affinage ne sépare pas entièrement et qui sont ensuite comprimées et étendues avec le fer, d'où résulte que la cassure des barres, présentant, à la vérité, beaucoup de nerf, conserve cependant une couleur gris cendré et perd le blanc et l'éclat métallique qui lui sont propres. On peut, il est vrai, corriger ces défauts en reforgeant et resoudant ce fer; mais cela entraîne toujours une perte notable de temps et de charbon, ainsi qu'un déchet considérable.

On a fait dans le *puddling-furnace* de Skebo des expériences dans le but de reconnaître quelle influence exercent sur le fer en barres les diverses espèces de scories, et comment elles agissent pour opérer la conversion de la fonte en fer malléable. On a composé la sole d'un fourneau à réverbère, qui était capable de produire une forte chaleur, de trois couches ou bandes de matières différentes, suivant la largeur de cette sole : une première portion était formée de scories ordinaires, produites dans l'opération même de l'affinage anglais; la seconde partie était formée avec des scories provenant de l'affinage ancien dans un foyer; enfin, la troisième n'était composée que de battitures recueillies du laminage de la tôle. Lorsque ces matières furent devenues liquides (à l'exception des battitures, qui ne furent que ramollies et amenées à un état pâteux), on mit dans le fourneau

et sur chaque portion de sole une égale quantité de fonte pesée avec soin ; on continua le feu pendant une heure et on laissa ensuite refroidir lentement le fourneau pendant la nuit ; on sortit le fer dans le jour suivant. La fonte affinée, en contact avec les battitures, était convertie en acier ; celle traitée par les scories de l'affinage ancien donna un fer malléable, compacte et possédant la dureté ordinaire ; enfin, celle traitée par les scories du *puddling-furnace*, était changée en une masse poreuse, qui se comportait bien comme du fer malléable, mais qui avait une couleur gris sombre et une cohésion si faible, que l'on pouvait le comprimer très-facilement avec un couteau. On se proposait aussi, dans ces mêmes recherches, de reconnaître si la fonte en s'affinant augmentait en poids par le fer réduit des scories ; mais on ne put décider cette question, parce que la séparation des scories d'avec le métal n'était point complète. En comparant ensemble le poids de la fonte avec celui du fer forgé et des scories, on trouva une perte, qu'on ne peut guère expliquer que par la volatilisation d'une partie du fer pendant l'opération (1).

On a également essayé, à Skebo, d'affiner de la fonte anglaise obtenue avec le coke, dans des foyers ordinaires, à l'aide du charbon de bois ; le résultat a montré que le fer obtenu était d'aussi bonne qualité que celui qui provient de la fonte

(1) Cette explication n'est point admissible, parce qu'aucun phénomène n'a prouvé que le fer fût volatil : il est plus simple et plus vraisemblable de supposer que la proportion d'oxide de fer contenue dans les scories a pris des proportions diverses d'oxigène. A. G.

ordinaire, et beaucoup meilleur, pour toutes sortes d'usages, que celui préparé dans le fourneau à réverbère avec la même fonte.

Il résulte des analyses faites au laboratoire de l'Institut des Élèves, que :

1°. Les battitures qui tombent des laminoirs sont de l'oxidule pur et non pas de l'oxide et de l'oxidule combinés. On l'obtient pur et cristallin, en plaçant des morceaux ou barres épaisses de fer auprès d'un foyer, ou bien vers le pont d'un fourneau à chauffer le fer pour le laminage.

2°. Les scories du *puddling-furnace* sont un silicate d'oxidule de fer, puisque l'oxigène se trouve en même quantité dans la silice et dans l'oxidule. Ordinairement il est combiné avec un bisilicate d'alumine, de chaux, de magnésie et de protoxide de manganèse. Cette sorte de scorie présente communément une apparence cristalline.

3°. Les scories formées dans l'affinage au charbon de bois présentent un silicate d'oxidule de fer, mais avec excès de cette base ; cet excès d'oxidule, sur-tout dans les scories dites *schlacke gaare*, s'élève peut-être à un tiers. Les affineurs regardent les scories formées dans le *puddling-furnace* comme un vrai *rohschlacke* (1) ;

(1) Les scories désignées en allemand par l'expression de *gaare schlacke*, sont celles qui se forment dans le cas où l'affinage de la fonte s'opère rapidement, c'est-à-dire, dans les circonstances où il y a oxidation du fer ; ces scories sont surchargées d'oxide ou forment un sous-silicate d'oxide de fer. Les scories qui sont produites dans le cas où l'affinage de la fonte s'opère lentement, par exemple, au commencement de l'opération, ou dans toute autre circonstance où il ne se forme pas beaucoup d'oxide de

4°. Les scories provenant de la préparation de l'acier de forge (à Olshytta) sont une combinaison d'oxidule avec un silicate d'oxidule : le fer contient presque trois fois autant d'oxigène que la silice.

Si l'on réduit en poussière fine les scories dites *rohschlacke*, la couleur de cette poussière est le gris cendré, qui devient d'autant plus foncé que cette scorie est plus rapprochée de l'état de *schlacke gaare*, de sorte que ces dernières donnent une poussière entièrement noire.

fer, sont bien plus terreuses ; c'est un silicate ou bisilicate d'oxide de fer, combinaison désignée par l'expression de *rohschlacke* (scories crues), et dans quelques ouvrages de métallurgie par celle de *scories métalliques*, scories douces. Les ouvriers distinguent ces deux scories même dans le creuset, et ils font couler la dernière lorsqu'ils veulent accélérer l'affinage, tandis qu'ils brassent le fer avec l'autre espèce de scorie pour arriver au même but.

A. G.

Sur un quartz gélatineux ;

PAR M. J. GUILLEMIN.

Ce minéral est d'une couleur blanche assez pure, qui, dans quelques variétés, passe au blanc sale et au blanc jaunâtre ; il a l'éclat résineux ou demi-résineux, et passe au terne ; il se présente en masses irrégulières ; sa cassure est tantôt conchoïde, tantôt subconchoïde et droite ; il est à peine translucide sur les bords : terne, il est opaque ; il raie à peine le verre, il est rayé par l'acier ; il est aisément frangible ; il happe à la langue et est susceptible d'absorber une grande quantité d'eau : sa pesanteur spécifique varie suivant la quantité de liquide qu'il contient.

Caractères
extérieurs.

Cette pierre, plongée dans de l'eau distillée, laisse peu après dégager des bulles gazeuses, qui s'élèvent à la suite les unes des autres et très-rapprochées entre elles ; on entend un sifflement et de temps en temps des craquemens : une fissure se forme alors, et donne naissance à une nouvelle colonne de bulles. Au bout de douze heures, il s'en dégage encore ; après dix-huit heures, l'absorption paraît complète. Si on se sert d'eau bouillante, le dégagement est bien plus rapide, et par son aide on fait encore sortir des bulles d'un fragment plongé dans l'eau froide depuis plusieurs heures, et qui paraît saturé.

Un fragment d'environ 5 grammes, contenant déjà 11,11 pour 100 d'eau, d'après un essai fait au moment même, en a encore absorbé 14,36, en tout 25,47 pour 100 à la température de 6 degrés

Tome XIII, 5^e livr.

centigr. : 100 de cette substance saturée d'eau en contiennent donc 20,30.

Un autre fragment de 10 grammes environ, desséché avant d'être immergé, a absorbé 24,51 pour 100 d'eau à 0 degré, ou environ un quart de son poids, comme dans l'expérience précédente.

Ces échantillons, abandonnés à eux-mêmes deux ou trois jours, étaient revenus au point de départ, c'est-à-dire, à ne contenir que 11 à 12 pour 100 d'eau.

La densité d'un morceau saturé d'eau a été de

1,80 à 6 degrés et demi ;

1,812 à 6 degrés ;

1,797 à 13 degrés.

Celle d'un morceau contenant 0,111 d'eau :

1,67 à 2 degrés ;

Celle d'un morceau desséché :

1,53 à 5 degrés.

Dans ces deux dernières expériences, on a empêché l'absorption de l'eau et le dégagement des gaz en enduisant la surface des fragmens d'une légère couche d'huile d'olive.

Enfin, la densité de ce corps, lorsqu'il est pesé sec hors de l'eau et sous l'eau après une imbibition de dix-huit heures, a été trouvée de 2,215 à 13 degrés centigrades.

Caractères
chimiques.

Exposé à la chaleur de la lampe dans un petit matras, ce minéral donne de l'eau ; chauffé lentement dans un creuset de platine, il abandonne toute son eau sans perdre son éclat résineux ; il devient un peu plus translucide avec une teinte de couleur jaune opaline ; brusquement chauffé, il décrépité, se fendille, blanchit, et devient opaque par l'interposition de l'air dans les glaçures qui se forment.

Il est infusible au chalumeau ; les éclats les plus minces, fortement chauffés, deviennent transparents et prennent l'éclat vitreux et la dureté du quartz hyalin.

Il se comporte, comme de la silice pure, avec tous les agens chimiques.

La potasse caustique en dissolution concentrée l'attaque très-facilement à la chaleur de l'ébullition ; il est dissous presque instantanément ; l'acide muriatique le précipite en larges flocons blancs gélatineux, lorsque la liqueur est peu étendue ; et, au contraire, si on y ajoute une quantité d'eau suffisante, on n'obtient pas immédiatement de précipité, et par l'évaporation on a une gelée transparente.

L'eau n'est pas combinée dans cette matière siliceuse ; j'avais cru d'abord le contraire, trompé par la difficulté de chasser les dernières portions de ce liquide, qu'on éprouve en n'employant que la chaleur de l'ébullition de l'eau ; mais j'ai reconnu que, par une dessiccation prolongée, les proportions d'eau diminuaient toujours et que celle-ci finissait par être entièrement chassée.

Ce minéral, analysé à la manière des pierres, a donné les résultats suivans :

| | | |
|-------------|-------|--------|
| Silice..... | 97,70 | } 100. |
| Alumine.. | 2,30 | |

Il ne contient pas de chaux ; les oxides de fer et de manganèse n'y ont pas non plus été découverts.

J'y ai en vain cherché la présence des alcalis au moyen du carbonate de plomb.

Cette substance siliceuse diffère des quartz et des silex par beaucoup de caractères, et sur-tout par la densité, qui, dans ces minéraux, est d'en-

Analyse.

Observations.

viron 2,65; mais elle a beaucoup de ressemblance avec le *quartz concrétionné thermogène* (Haüy) : c'est de part et d'autre le même éclat, la même dureté, la même cassure; la densité est peu différente. Klaproth a trouvé celle du quartz thermogène = 1,807 : ces deux minéraux paraissent être une gelée de silice à peine consolidée; ils sont solubles également dans la potasse; ils ont tous deux la propriété de retenir de l'eau et de pouvoir en absorber une nouvelle dose.

La différence qui existe entre ces deux substances est leur manière d'être dans la nature.

Le quartz thermogène est presque toujours en stalactites ou concrétions dans le voisinage des sources chaudes, particulièrement de celles du Geysir en Islande; une sous-espèce se trouve dans l'île d'Ischia, sur un granit décomposé, et on la considère comme un produit volcanique.

Voici en opposition le gisement du quartz gélatineux, que je fais connaître.

Gisement.

Il se trouve dans la commune de Tortezaïs (département de l'Allier); il y est très-abondamment répandu; tantôt il sert de ciment à des grès, tantôt il se trouve au milieu de ces grès en amas souvent considérables. Sur la route de Noyant à Cosne, entre Bussière et Tortezaïs, on voit un de ces amas qui coupe le chemin sur une longueur de plus de 30 mètres, et qu'on retrouve de chaque côté dans les champs, en morceaux détachés, sur une grande étendue.

Il est fissuré en divers sens sans apparence de régularité.

Les surfaces exposées à l'air sont toujours plus ou moins altérées; elles passent au quartz nectique.

Je n'ai pu le rencontrer sous forme de concrétion : si cette silice a été déposée par des sources chaudes, elles ont dû être très-abondantes et très-nombreuses; il serait étonnant qu'il n'en restât pas d'autres vestiges; toutes celles que j'ai pu visiter ne sont ni salines, ni chaudes, ni incrustantes. La source d'eau thermale la plus voisine est celle de Bourbon-l'Archambault; elle n'est pas connue par des dépôts siliceux.

Les grès qui renferment ce quartz gélatineux ont dû être déposés en même temps que lui, car ils sont intimement mélangés : la partie gélatineuse contient toujours des grains de quartz arrondis, et il est rare que les grès soient dépourvus de cette gelée qui leur sert de ciment, quand elle n'est plus qu'en petite quantité; il y a un passage de l'une aux autres par le changement des proportions des grains arrondis et de la portion dissoute.

La variété de grès la plus abondante en silice gélatineuse est formée de grains de quartz hyalin et blanc laiteux, arrondis et d'un petit volume; on y reconnaît aussi quelques grains d'opale; on n'y voit ni feldspath ni kaolin.

(Quand la silice y est à l'état nectique, il est difficile de prononcer s'il y a ou non du kaolin; ces deux matières blanches et friables se confondent à l'œil.)

Une autre variété de grès, la plus voisine, est encore formée de grains de quartz hyalin en grande partie; on y aperçoit quelques paillettes de mica et des taches d'oxides rouges de fer.

On voit augmenter et s'accumuler les taches rouges; elles sont formées d'une pâte siliceuse colorée par du tritoxide de fer. La couleur rouge

finit par dominer et la masse est de cette couleur ; on y voit cependant une foule de petits grains de quartz et des taches gélatineuses. Cette variété est employée dans la construction des creusets de hauts-fourneaux ; elle est très-réfractaire ; à un feu violent, elle devient blanc grisâtre ; l'oxide de fer y est donc en petite quantité.

J'ai encore recueilli une autre espèce de grès très-remarquable : la masse est violette ; elle est formée de grains de quartz transparents dans une enveloppe violette à poussière rouge et de quelques autres grains d'un rouge vif, tendres, lamelleux, fondant au chalumeau en un globule vitreux, noir et attirable ; on rencontre dans ce grès, du fer oxidé rouge compacte, exploitable ; il a été travaillé sur les lieux mêmes ; on y trouve abondamment des laitiers lourds et semblables aux scories de forges.

Tous ces grès sont supportés par des poudingues composés de blocs de quartz, de granit et de schistes micacés ; ces poudingues reposent immédiatement sur le terrain primitif. Au-dessus des grès rouges, on trouve des couches de grès et de schistes bitumineux à empreintes de fougères et de roseaux, renfermant des couches de houille grasse et de minerai de fer, qui, dans les affleuremens, est à l'état d'hydrate caverneux.

Ils ont la même direction et inclinent dans le même sens que les grès houillers qu'ils supportent.

On ne trouve dans tous ces terrains aucune roche d'origine volcanique.

C'est donc dans un terrain intermédiaire, qu'on pourrait rapporter au grès rouge ancien, ou dans les assises inférieures d'une formation houil-

lère, que se trouve cette silice gélatineuse. Cette position est bien différente de celle du quartz thermogène des îles d'Islande et d'Ischia (1).

Je joins ici le résultat de quelques expériences faites pour comparer plusieurs substances quartzzeuses, sous le rapport de leur solubilité dans la potasse caustique.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Perte par calcination.... | 0,13 | 0,12 | 0,04 | 0,100 | 0,136 | 0,00 | 0,055 |
| Parties non dissoutes.... | 0,02 | 0,07 | 0,25 | 0,555 | 0,929 | 1,00 | 0,170 |
| Parties dissoutes..... | 0,85 | 0,81 | 0,71 | 0,345 | » | 0,00 | 0,775 |
| TOTAL..... | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,000 | 1,065 | 1,00 | 1,000 |
| Temps d'ébullition..... | 0 ^h 5' | 2 ^h | 2 ^h | 3 ^h | 3 ^h | 3 ^h | 3 ^h |

1. Quartz gélatineux dont l'analyse précède.
2. Quartz gélatineux, variété moins blanche ; le résidu était jaunâtre.
3. Silice néctique du même endroit ; le résidu était floconneux.
4. Ménilite blonde des marnes blanches de Saint-Ouen près Paris.

(1) M. Hérault, dans un *Mémoire sur les principales roches du Calvados*, fait mention d'un grès quartzzeux coquiller (variété de grès rouge ancien des Anglais), dont la description convient à celui de Tortezaïs, à l'exception des coquilles et des filets brunâtres du règne végétal qu'on ne trouve point dans ce dernier ; M. Hérault a trouvé dans ce grès quartzzeux une *matière calcédonieuse* que je serais désireux de comparer avec le quartz gélatineux de Tortezaïs. Est-ce la même substance ? Ce serait un nouveau rapprochement entre ces deux terrains, qui paroissent être de même âge.

5. Quartz résinite, tendre, jaunâtre, des sables supérieurs de Longjumeau, formation parisienne.

6. Quartz hyalin, agathe; sables non effervescens de Nemours et de Fontainebleau, et, par suite, tous les quartz agrégés et non susceptibles d'absorber et de contenir de l'eau.

7. Silex demi-résineux du calcaire de Mont-Luçon; il est jaune brunâtre et étincelle au briquet.

Voici de quelle manière ces essais ont été faits.

Une portion du minéral réduit en poudre était divisée en deux parties; on calcinait l'une fortement pour connaître le poids des matières volatiles, et l'autre était traitée par une dissolution de potasse à l'alcool, à la chaleur de l'ébullition, pendant un temps déterminé; on filtrait alors, et le résidu, lavé à grande eau et calciné, était pesé. Les deux nombres ainsi obtenus, retranchés du total, donnaient la quantité de matière dissoute.

On voit par l'essai n^o. 5 que ce calcul n'est pas exact: dans cette expérience, il n'y a pas eu dissolution; au contraire, il y a eu gain manifesté. Il est à présumer que ce gain existe aussi dans les autres essais et que la grande quantité de matière dissoute empêche de le voir. Il peut se former une combinaison insoluble de silice, de potasse et d'alumine ou autres bases, dont ces silex contiennent assez souvent une dose notable.

J'ai voulu avoir à-peu-près la mesure de ces effets, et pour cela j'ai entrepris l'expérience suivante, en opérant sur le silex de Mont-Luçon qui me paraissait favorable pour cet objet.

Ce minéral a été pulvérisé dans un mortier de fonte et broyé en poudre fine dans un mortier d'agate; la matière ainsi porphyrisée a été lavée

avec de l'acide muriatique à chaud, pour enlever les particules de fer détachées du mortier et les portions de carbonate calcaire adhérentes; on a décanté et lavé à grande eau, puis comprimé la poudre entre des doubles de papier-joseph.

Cinq grammes de cette substance ainsi préparée ont été traités par 15 grammes de potasse caustique. Après quatre heures d'ébullition, non compris quelques heures pendant lesquelles la liqueur ne bouillait pas, on a filtré et lavé à grande eau; le résidu pesait, sec, 0,365.

La dissolution, traitée par l'acide muriatique et évaporée, a donné un dépôt abondant de silice; il pesait, lavé et calciné, 48,60.

L'ammoniaque, versée dans la liqueur et les eaux de lavage suffisamment rapprochées, a précipité de l'alumine colorée par de l'oxide de fer; elle pesait après calcination 08,045.

Dans la dissolution restante on a versé du carbonate d'ammoniaque et on a fait bouillir; il s'est précipité une poudre blanche pesant 08,005 après dessiccation parfaite. Cette poudre, traitée par une goutte d'acide nitrique, s'est presque entièrement dissoute en faisant effervescence; il restait une trace de silice inappréciable; l'oxalate d'ammoniaque l'a précipitée de nouveau et instantanément. Ce précipité, calciné au chalumeau et mis sur la langue, avait la saveur de la chaux. Je ne sache cependant pas que la chaux soit soluble dans la potasse: dans une expérience antérieure, j'avais déjà obtenu un pareil résultat. L'eau que j'employais était distillée: contenait-elle des sels de chaux? Il ne m'en reste plus pour m'en assurer.

On s'était assuré que la poudre employée dans cette expérience perdait 08,10 par calcination,

résultat d'un essai fait au moment même des pesées. En récapitulant, on a

| | | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------|--------|
| Résidu. | 08,365 | } 5,113. | |
| Perte par calcination. | 0, 100 | | |
| Parties dissoutes. { | Silice. | | 4, 600 |
| | Alumine et fer. | | 0, 045 |
| | Chaux. | 0, 003 | |

Il y a gain de 08,113. 08,30 de résidu, traités par un acide, ont laissé une portion insoluble pesant 08,19.

L'ammoniaque a précipité de la dissolution 08,015 alumine et fer;

Le carbonate d'ammoniaque, 0,025 de carbonate de chaux.

Par l'évaporation à siccité et une calcination dans un creuset couvert, après avoir ajouté un peu d'acide sulfurique, on a obtenu 08,075 de sulfate de potasse, ou potasse 08,040.

Ces 08,300 contenaient 0,035 d'eau; on ne les avait pas calcinés pour qu'ils fussent bien attaqués par l'acide hydrochlorique. Il y a perte de 08,006; peut-être ne faut-il pas retrancher l'acide carbonique de la chaux; cependant il n'y a pas eu d'effervescence pendant la dissolution.

Considéré sec, le résidu contient :

| | | |
|-----------------------------|-------|----------|
| Parties insolubles. | 0,262 | } 0,365. |
| Alumine et fer. | 0,021 | |
| Chaux. | 0,019 | |
| Potasse. | 0,055 | |
| Perte | 0,080 | |

La perte provient en partie du sel de potasse qui a été entraîné par les sels ammoniacaux. Le gain était donc dû à de la potasse devenue insoluble par sa combinaison avec la silice, l'alumine, le fer, etc., la chaux. Je n'ai pas pu voir les proportions de ces composés, le résidu n'étant pas, comme je l'espérais, aussi grand que dans l'essai n^o. 7, et je suis persuadé que, par une ébullition prolongée, la quantité dissoute du n^o. 4 eût été plus grande.

ESSAI

Du minerai de plomb argentifère de Bobenthal, régence de Spire (Bavière).

PAR M. FOURNET.

LA roche qui renferme le gîte métallique de Bobenthal est un grès blanc. Ce gîte fournit principalement de la galène et du plomb carbonaté; mais on y trouve aussi du plomb phosphaté et du silicate de zinc. Le plomb carbonaté et la galène sont tellement mêlés ensemble, qu'il est impossible de les séparer l'un de l'autre par le triage: ils se trouvent en plaques minces répandues çà et là dans les fentes du grès.

Les essais suivans ont eu pour objet de rechercher s'il serait avantageux d'employer l'acide acétique pour traiter ce minerai, comme M. Berthier a proposé de le faire pour le minerai de Chéronies.

1^o. Dix grammes de minerai ont été attaqués par l'acide acétique; la liqueur filtrée a été évaporée à sec; le résidu a été fondu avec du flux, et l'on a coupellé les 68,70 de plomb qui sont résultés de l'opération: il est resté un grain d'argent impondérable.

Cinq grammes de plomb carbonaté blanc en cristaux et très-pur ont été traités par l'acide acétique: le résidu terreux a été scorifié, etc., et n'a pas donné d'argent; l'acétate évaporé à sec, etc., n'en a donné qu'une trace.

2^o. Pour se procurer de la galène pure, on a concassé du minerai trié; on l'a fait bouillir avec de l'acide acétique et on a lavé à grande eau

pour rejeter toutes les parties qui restaient en suspension ; puis, on a broyé et lavé de nouveau, et en profitant de la propriété qu'a la galène très-divisée de nager sur l'eau, on a pu en recueillir une quantité assez grande pour en faire l'essai. On l'a fondu avec du minium et on a coupellé le culot ; on a trouvé qu'elle contenait 0,0005 d'argent.

3°. Dix grammes de plomb carbonaté blanc et noir mêlés, mais exempts de galène réduite au flux noir, ont donné 5g,62 de plomb et ce plomb a laissé, par la coupellation, un demi-milligramme d'argent = 0,00045 pour 1 de minerai.

Ces expériences prouvent évidemment que le plomb carbonaté noir est la partie du minerai la plus riche en argent, et que ce métal s'y trouve dans un état tel qu'il ne peut pas se dissoudre dans l'acide acétique.

4°. Pour déterminer la richesse du plomb carbonaté noir, on a choisi des morceaux de minerai qui ne contenaient qu'un mélange de cette substance et de galène, et on les a traités par l'acide acétique : 20 grammes ont laissé un résidu pesant 8g,46. Ce résidu devait contenir l'argent de la galène et tout l'argent du plomb carbonaté. On l'a fondu avec du minium et on a coupellé le culot : on a obtenu 0g,01325 d'argent ou 0,000667 pour 1 de minerai : or, si les 8g,46 de résidu eussent été de la galène pure, ils auraient produit 0g,00423 d'argent (expérience 3). La différence $0g,01325 - 0g,00423 = 0g,00902$ est donc l'argent correspondant au carbonate de plomb ; mais la proportion du carbonate de plomb est de $20g - 8g,46 = 11g,54$: cette quan-

tité renferme donc 0g,00902 d'argent : d'où il suit qu'une partie en contient 0,00078.

D'après des essais particuliers faits sur une assez grande masse de minerai, j'ai trouvé que la proportion relative du plomb carbonaté noir et de la galène est d'environ 7 à 1.

Il résulte de ces expériences qu'il ne convient pas de traiter en grand le minerai de Bobenthal par l'acide acétique.

NOTE

Sur l'article précédent ;

PAR M. P. BERTHIER.

LA conclusion que M. Fournet tire du résultat de ses essais ne me paraît pas satisfaisante. Il peut y avoir avantage à traiter un minerai de plomb carbonaté argentifère par l'acide acétique dans deux cas : 1°. lorsque la plus grande partie de l'argent se dissout dans l'acide, parce qu'on évite par ce moyen les frais de coupellation, etc. ; 2°. lorsqu'au contraire l'acide ne dissout pas du tout d'argent, parce qu'alors ce métal se trouvant concentré dans le résidu, l'œuvre est enrichi et coûte moins à affiner.

En fondant le minerai de Bobenthal sans traitement préalable par voie humide, on obtient un plomb tellement pauvre, qu'il ne mérite pas d'être coupellé, et tout l'argent est perdu ; mais si l'on enlevait d'abord le carbonate de plomb par l'acide acétique, le plomb d'œuvre que le résidu produirait à la fonte serait fort riche et pourrait par conséquent être affiné avec un très-grand bénéfice : effectivement, le plomb carbonaté

noir et la galène se trouvent, d'après M. Fournet, dans le rapport de 7 à 1, il est facile de voir qu'après le traitement du minerai par l'acide acétique, le plomb d'œuvre contiendrait jusqu'à 9 ou 10 onces de fin au quintal poids de marc. Ce procédé pourrait être réellement très-avantageux à suivre s'il était possible de séparer du minerai, par le triage, la plus grande partie du plomb carbonaté blanc et du plomb phosphaté qu'il contient; mais j'ignore si cela est praticable, et il est possible que la proportion du plomb carbonaté blanc soit tellement considérable, que les frais de dissolution par l'acide acétique fassent perdre tout le bénéfice que donnerait l'extraction de l'argent.

ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA SUITE DU PREMIER
TRIMESTRE DE 1826.

ORDONNANCE du 11 janvier 1826, portant concession des mines de fer spathique de Saint-Pierre-de-Mézage et de Saint-Barthélemy-de-Sechilienne (Isère). Mines de fer de S.-Pierre-de-Mézage et de S.-Barthélemy-de-Sechilienne.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.;

ART. I^{er}. Il est fait concession à la Société anonyme dite des fonderies de Vizille, instituée par ordonnance royale le 16 septembre 1815, des mines de fer spathique existant sur le territoire des communes de Saint-Pierre-de-Mézage et de St.-Barthélemy-de-Sechilienne, département de l'Isère.

ART. II. Cette concession, renfermant une étendue superficielle de huit kilomètres carrés soixante-dix-huit hectomètres, est et demeure limitée conformément au plan joint à la présente ordonnance, comme il suit; savoir :

Au nord, par la rive gauche du torrent de la Romanche;

A l'est, par le ruisseau de Saint-Barthélemy, depuis son embouchure dans la Romanche jusqu'au village de Saint-Barthélemy;

Au sud, par une ligne droite, partant du clocher de Saint-Barthélemy, passant dans l'angle nord du Lac-Mort en aboutissant au pont du ruisseau de Lafrey, sur la route royale de Grenoble à Gap;

A l'ouest, par une ligne droite, partant du pont de Mézage, passant par le clocher de Saint-Pierre-de-Mézage, et aboutissant à ladite route royale, et de ce point jusqu'au pont du Torrent de la Romanche.

ART. III. La société anonyme des fonderies de Vizille se conformera aux clauses et conditions du cahier des charges souscrit par son fondé de pouvoirs, le 21 octobre 1825. Ce cahier de charges demeurera annexé à la présente ordonnance, qu'isera affichée et publiée aux frais de la société concessionnaire dans les communes sur lesquelles s'étend la concession.

Usine à fer
de Chémières.

ORDONNANCE du 11 janvier 1826, portant que le sieur Auvert est autorisé à établir, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, sur le cours de la Chiers, au moulin de Chémières, commune du même nom (Moselle), un feu d'affinerie, avec un gros marteau.

Lavoirs à
bras de Glageon.

ORDONNANCE du 11 janvier 1826, portant autorisation à la dame Leroy, veuve du sieur Hufly, de conserver et maintenir en activité deux lavoirs à bras, pour le lavage du minerai de fer, existant sur le ruisseau dit le Rieux-d'en-Bas, commune de Glageon (Nord), et situés, l'un, près le chemin de Glageon à Fourmies, et l'autre, à cinq cents mètres environ en aval du premier.

USINES A FER

DE

LA FRANCE.

NOTE

ENVOYÉE PAR M. LE CONSEILLER D'ÉTAT, DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES, AVEC LE MÉMOIRE SUIVANT :

Le Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, ayant reconnu la nécessité de rassembler, sur les mines et minières de fer et sur les usines à fer du Royaume, des documens exacts et précis, les a demandés, en Janvier 1825, à MM. les Ingénieurs des Mines. Il a adressé aussi à MM. les Inspecteurs divisionnaires un grand nombre de questions sur l'étendue et sur les progrès de la fabrication du fer et de la fonte. Tous se sont occupés de ce travail avec un soin particulier.

M. Héron de Villefosse a remis un Rapport complet sur l'État actuel des Usines à fer de la France, Tome XIII, 6^e livr.

considérées au commencement de l'année 1826.
*La connaissance des renseignemens et des réflexions
 que renferme ce Rapport ne peut qu'être très-utile
 au public, et le Directeur général a décidé qu'il
 serait inséré dans les Annales des Mines.*

MÉMOIRE
 SUR L'ÉTAT ACTUEL
 DES USINES A FER
 DE LA FRANCE,

CONSIDÉRÉES AU COMMENCEMENT DE L'ANNÉE 1826,

AVEC UN SUPPLÉMENT

RELATIF A LA FIN DE CETTE MÊME ANNÉE.

PAR A. M. HÉRON DE VILLEFOSSE,

Conseiller d'État, Inspecteur divisionnaire au Corps
 royal des Mines, Membre de l'Académie royale des
 Sciences, etc.

INTRODUCTION.

QUEL effet a produit la loi des Douanes, du 27
 Juillet 1822, sur l'état des Usines à fer de la
 France, principalement en ce qui concerne l'a-
 mélioration des produits et la baisse des prix,
 que l'on désirait dans l'intérêt des consomma-
 teurs?

La préparation de la fonte douce a-t-elle, ou
 non, fait des progrès en France, et la fonte fran-
 çaise reste-t-elle, ou non, inférieure en qualité
 à la fonte d'Angleterre?

Telles étaient, en substance, les deux questions
 que Monsieur le Directeur général des Ponts et
 Chaussées et des Mines m'avait adressées, par
 une lettre en date du 9 Mars 1825.

A cette époque, je me bornai à répondre, dès le 12 du même mois :

1°. *Sur la première question*, qu'il me paraissait constant que l'industrie des usines à fer avait fait, en France, d'heureux progrès, et que ces progrès étaient dus, en grande partie, à la protection qui leur avait été accordée par la loi des douanes de 1822; mais que, si le prix des fers de fabrication française n'éprouvait pas encore la baisse désirée, cela paraissait provenir de ce que le minerai de fer, le charbon de bois et la houille se maintenaient à des prix élevés, tant à cause de la cherté de la main-d'œuvre, que principalement à cause des distances à parcourir, et de la cherté des communications, ce qui devait faire désirer de plus en plus la prompte exécution des canaux projetés.

2°. *Quant à la seconde question*, je répondis que la France pouvait produire d'excellente fonte-douce qui ne le céderait en rien à la fonte d'Angleterre; mais que c'était seulement dans certaines localités, et que par-tout ailleurs la cherté du minerai, de la main-d'œuvre, de la fonte brute et du combustible s'opposait, quant à présent, à ce que les usines françaises fussent en état de rivaliser avec les usines d'Angleterre, relativement au prix de la fonte-douce de qualité supérieure.

Je terminais cette réponse provisoire en annonçant à Monsieur le Directeur général, que je ferais des recherches ultérieures, pour essayer de résoudre les deux graves questions qu'il m'avait adressées, et que j'aurais l'honneur de lui présenter le résultat de mes efforts.

Il fallait effectivement recueillir et comparer un

grand nombre de faits, pour être en état de chercher, avec quelque espérance de succès, la solution des deux questions posées. D'un autre côté, c'était précisément à cette époque, qu'il s'opérait, dans un grand nombre d'usines françaises, des changemens qui faisaient varier, pour ainsi dire de jour en jour, les données déjà recueillies. Il fut donc indispensable d'attendre que les forges françaises eussent pris une certaine assiette, avant de constater leur état; car il se présentait une première question dont la solution devait précéder celle des deux questions posées par Monsieur le Directeur général: cette question préalable était celle de savoir quelle était actuellement, en France, la production totale de la fonte et du fer, obtenus soit par le moyen du charbon de bois, soit par le moyen de la houille.

Monsieur le Directeur général m'ayant invité à examiner cette dernière question, par une lettre en date du 25 Décembre 1825, je crois pouvoir maintenant y répondre, à l'aide des renseignemens que j'avais recueillis pour la solution des deux premières. Ainsi, je commencerai par essayer de résoudre la question la plus récente; ce sera la solution de celle-ci, qui pourra me conduire utilement à l'examen des deux premières questions. Si l'on suivait une autre marche, on s'exposerait à tomber dans de graves erreurs; car, en ce qui concerne la production de la fonte et du fer par le moyen de la houille, il arrive souvent, au milieu de cette révolution qu'éprouvent aujourd'hui les forges françaises, que l'on admet, comme des produits effectifs et présents, ce qui n'est encore que des produits à es-

pérer. Il en résulte des exagérations de chiffres et des résultats erronés, qui se trouvent démentis par des faits constatés. Commençons donc par établir avec certitude les faits qui doivent servir de base à nos calculs.

Première question : De la production totale de la fonte et du fer en France.

1^{re} question. Il importe d'abord de savoir quelle est la quantité totale de fonte de fer, que produit la France, pour une année, par exemple pour l'année 1824, que l'on pourra regarder comme équivalant à l'année 1825. Si l'on ajoute à ce total de fonte, obtenue des hauts-fourneaux de la France, une quantité connue de fonte brute qui a été importée en 1824, en déduisant la fonte brute qui a été exportée, et si l'on y ajoute encore, par un calcul suffisamment approximatif, une certaine quantité de vieille fonte française, comme ayant été employée dans les usines de la France en 1824, on connaîtra, pour cette même année, ou pour 1825, toute la quantité de fonte brute de fer, qui dans les usines du Royaume a pu servir à procurer, soit la fonte moulée, soit le fer affiné au charbon de bois, soit le fer affiné à la houille.

Entrons dans quelques explications à cet égard :

Nombre de hauts-fourneaux.

Dans la 1^{re} Inspection des mines, 15 départemens présentent, en somme, 48 hauts-fourneaux en activité, dont le produit total en fonte de fer, tant brute que moulée, est de 161.450 quintaux métriques, par année.

Voici le résumé des faits que présentent les cinq Inspections :

| Inspections. | Départem ^{ts} . | H ^{ts} .-fourn ^s . | Quint ^s . mét. de fonte. |
|-------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|
| 1 ^{re} . | 15 | 48 | 161.450 |
| 2 ^e . | 5 | 64 | 338.554 |
| 3 ^e . | 12 | 191 | 924.400 |
| 4 ^e . | 5 | 21 | 112.750 |
| 5 ^e . | 8 | 55 | 77.248 |
| TOTAL... | 45 | 379 | 1.614.402 |

(Voyez le Tableau ci-après, n^o. 1, page 346.)

Ainsi, dans quarante-cinq des quatre-vingt-six départemens de la France, il existe trois cent soixante-dix-neuf hauts-fourneaux en activité pour la production de la fonte de fer, et leur produit total, par année, est d'un million six cent quatre-vingt mille quatre cent deux quintaux métriques de fonte de fer, tant brute que moulée, sans compter 8 autres hauts-fourneaux qui, dans le département de l'Isère, procurent presque uniquement de la fonte d'acier, et sans compter plusieurs départemens méridionaux dans lesquels il existe des forges catalanes que nous considérerons plus tard, et séparément.

Outre cela, dans les 45 dép^{ts}. sus-mentionnés, auxquels il faut joindre l'*Ardèche*, il existe 40 hauts-fourneaux hors d'activité; en y joignant la *Marne*, l'*Ain*, le *Tarn* et l'*Aveyron*, l'on compte, en France, 60 hauts-fourneaux, soit en construction, ou déjà construits, soit en projet, pour la production de la fonte de fer.

Les hauts-fourneaux hors d'activité sont :

| | |
|--|----|
| Dans la 1 ^{re} Inspection, au nombre de | 8 |
| 2 ^e . | 9 |
| 3 ^e . | 16 |
| 4 ^e . | 6 |
| 5 ^e . | 1 |
| TOTAL... | 40 |

Produit en fonte.

Les hauts-fourneaux en construction, ou en projet, seront indiqués plus tard, dans un État supplémentaire qui fera suite au Tableau général des hauts-fourneaux en activité; ce Tableau général présentera les principaux détails et le résumé des faits qui viennent d'être sommairement énoncés; mais avant de passer outre, il convient d'indiquer ici, d'où proviennent les renseignemens réunis dans notre Tableau général.

En ce qui concerne la première Inspection dont je suis actuellement chargé, les renseignemens sont puisés dans les États qui m'ont été adressés, en 1825, par MM. les Ingénieurs des mines de cette Inspection, et dans le Rapport que M. de Bonnard, Inspecteur divisionnaire, a présenté sur la tournée qu'il y a faite, en 1822.

Relativement à la seconde Inspection, j'ai pris pour guide les États qui ont été adressés à Monsieur le Directeur général, en 1825, par MM. les Ingénieurs des mines stationnés dans les départemens dont elle se compose, en y joignant les renseignemens qui m'ont été fournis par M. l'Inspecteur divisionnaire Baillet, chargé de cette Inspection.

Pour la troisième Inspection, que je visitai dans ma tournée de 1822, et dont je restai chargé jusqu'en 1824, j'ai suivi le Rapport que j'adressai à Monsieur le Directeur général, dans cette dernière année. Ainsi, les nombres énoncés dans le Tableau suivant sont d'accord avec les États dressés par MM. les Ingénieurs des mines de cette Inspection, États que j'ai remis à M. l'Inspecteur divisionnaire Brochant, qui en est aujourd'hui chargé. Je dois seulement faire observer que, d'après les améliorations récentes qu'ont reçues quelques hauts-fourneaux dans les

départemens de la Moselle, de la Nièvre et du Cher, j'ai dû ajouter aux quantités énoncées dans mon Rapport de l'année 1824 les nombres suivans, savoir :

Dans le département de la Moselle, pour les quatre hauts-fourneaux de Hayange et de Moyeuve, surcroît de produit. 15.000 q^x. mét. de fonte.

Dans le département du Cher, pour trois hauts-fourneaux appartenant à la Compagnie de Fourchambault ----- 12.000

Dans le département de la Nièvre, pour deux hauts-fourneaux appartenant à la même Compagnie ----- 8.000

TOTAL. 35.000 q^x. mét.

C'est ainsi que la quantité totale de fonte de fer, qui est indiquée par mon Rapport de 1824, se trouve augmentée de 35.000 quintaux métriques, dans le Tableau suivant.

Relativement à la quatrième Inspection, j'ai pris pour guide les renseignemens qui m'ont été fournis par M. l'Inspecteur divisionnaire Beaunier, actuellement chargé de cette Inspection, et ceux que j'avais moi-même recueillis dans les départemens du Doubs et du Jura, lorsqu'ils étaient compris dans ma division.

Enfin, quant à la cinquième Inspection, les renseignemens m'ont été fournis par M. l'Ingénieur des mines Allou, qui a long-temps résidé dans plusieurs des départemens qu'elle comprend, et par M. l'Inspecteur divisionnaire Cordier, qui en est actuellement chargé.

D'après le soin avec lequel ont été recueillis et comparés les faits puisés dans les sources qui viennent d'être indiquées, j'ose regarder le Tableau suivant comme digne de confiance.

ff-

| u | OBSERVATION | | |
|---|-------------|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

N^o. I. TABLEAU INDICATIF DE LA QUANTITÉ DE FONTE DE FER, tant brute que moulée, qui a été produite dans les Usines à Fer de la France en 1825.

| INSPECTIONS divisionnaires. | DÉPARTEMENTS. | HAUTS-FOURNEAUX en activité, soit au Charbon de bois, soit à la Houille. | TOTAL de produit annuel en fonte de fer. | HAUTS-FOURNEAUX hors d'activité. | DÉPARTEMENTS où il n'existe pas de Hauts-Fourneaux. | OBSERVATIONS. | INSPECTIONS divisionnaires. | DÉPARTEMENTS. | HAUTS-FOURNEAUX en activité, soit au Charbon de bois, soit à la Houille. | TOTAL de produit annuel en fonte de fer. | HAUTS-FOURNEAUX hors d'activité. | DÉPARTEMENTS où il n'existe pas de Hauts-Fourneaux. | OBSERVATION. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--|---|--|--|---|---------------|--------------------------------|------------------|---|--|--|---|---|---------------------------|--|--------|---|------------------|--------------|---|---|---------------|---|------------------|---------------------------|------------------|----------------|---------|---|--|--|--|--|--|---------------|--------------|---------|---|
| | | | | | | | | | | | | | | quint ^l . mét. | quint ^l . mét. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 ^{re} . | Eure-et-Loir..... | 1 au charbon de bois..... | 6.500 | » | Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Loiret, Creuse, Vendée, Finistère. | | 4 ^e . | Loire..... | 2 à la houille, { au Janon... 20.000 à Chavanay, 15.000 } | 35.000 | » | Puy-de-Dôme, Cantal, Haute-Loire, Ain, Rhône, Hautes-Alpes, Basses-Alpes, Var, Bouches-du-Rhône, Vaucluse, Corse. | Dans le département de l'Isère, il existe de plus 8 h ^l s. fourneaux allant au charbon de bois, et procurant presque uniquement de la fonte d'acier. Leur produit total par année est de 13.500 quint. mét. de fonte d'acier, desquels, moyennant une importation de fonte de Savoie, il résulte 10.000 quint. mét. d'acier. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Loir-et-Cher..... | 1 idem..... | 3.500 | » | | | | | | | | | | Isère..... | 1 à la houille, à Vienne. (Voyez l'observation ci-contre.) | 15.000 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Indre-et-Loire... | 1 idem..... | 3.000 | » | | | | | | | | | | | | | | TOTAUX.... 21 | 112.750 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Deux-Sèvres.... | 1 idem..... | 2.000 | » | | | | | | | | | | | | | | 5 ^e . | Ardèche..... | » | » | I | Gard, Lozère, Hérault, Aude, Pyrénées-Orientales, Ariège, Haute-Garonne, Tarn, Gers, Hautes-Pyrénées, Charente-Inférieure, Aveyron. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vienne..... | 3 idem..... | 4.000 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Tarn-et-Garonne. | 1 au charbon de bois..... | 1.500 | » | | | | | | | | | | | |
| | Indre..... | 12 idem..... | 40.500 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Basses-Pyrénées. | 1 idem..... | 275 | » | | | | | | | | | | | |
| | Haute-Vienne... | 5 idem..... | 7.500 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Landes..... | 4 idem..... | 19.333 | » | | | | | | | | | | | |
| | Corrèze..... | 1 idem..... | 1.000 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Lot-et-Garonne.. | 4 idem..... | 3.300 | » | | | | | | | | | | | |
| | Maine-et-Loire.. | 1 idem..... | 5.000 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Gironde..... | 3 idem..... | 16.650 | » | | | | | | | | | | | |
| | Mayenne..... | 5 idem..... | 23.000 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Charente..... | 6 idem..... | 4.200 | » | | | | | | | | | | | |
| Sarthe..... | 5 idem..... | 21.300 | » | Dordogne..... | 35 idem..... | 30.0490 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Loire-Inférieure. | 3 idem..... | 15.100 | 1 | Lot..... | 1 idem..... | 1.500 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Morbihan..... | 1 idem..... | 3.500 | » | TOTAUX.... 55 | 77.248 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Côtes-du-Nord.. | 3 idem..... | 12.750 | » | 2 ^e . | Manche, Calvados, Seine-Inférieure, Oise, Aisne, Somme, Pas-de-Calais, Marne. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ille-et-Vilaine.. | 5 idem..... | 12.800 | 1 | | | | | | | | | Orne..... | 12 idem..... | 35.540 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAUX.... 48 | | 161.450 | 8 | | | | | | | | | Eure..... | 8 idem..... | 51.400 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 ^e . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Nord..... | 2 idem..... | 8.714 | » | Meuse..... | 21 idem..... | 124.700 | » | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Meuse..... | 21 idem..... | 124.700 | » | Ardennes..... | 21 idem..... | 118.200 | » | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAUX.... 64 | | 338.554 | 9 | TOTAUX.... 64 | | 338.554 | 9 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Moselle..... | 14 idem..... | 108.000 | » | 3 ^e . | Moselle, Aube. | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Bas-Rhin..... | 4 idem..... | 15.800 | » | | | | | | | | | | Moselle..... | 14 idem..... | 108.000 | » |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Vosges..... | 5 idem..... | 16.000 | » | | | | | | | | | | Bas-Rhin..... | 4 idem..... | 15.800 | » |
| | | | | Haut-Rhin..... | 5 idem..... | 30.000 | » | Vosges..... | 5 idem..... | 16.000 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Haute-Saône..... | 30 idem..... | 180.000 | 5 | Haut-Rhin..... | 5 idem..... | 30.000 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Haute-Marne.... | 52 idem..... | 219.450 | » | Haute-Saône..... | 30 idem..... | 180.000 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yonne..... | 2 idem..... | 8.000 | » | Haute-Marne.... | 52 idem..... | 219.450 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Côte-d'Or..... | 33 idem..... | 156.250 | 2 | Yonne..... | 2 idem..... | 8.000 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nièvre..... | 20 idem..... | 70.800 | » | Côte-d'Or..... | 33 idem..... | 156.250 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cher..... | 14 idem..... | 94.500 | 1 | Nièvre..... | 20 idem..... | 70.800 | » | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Allier..... | 4 idem..... | 12.500 | 2 | Cher..... | 14 idem..... | 94.500 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Saône-et-Loire.. | 7 idem..... | 10.100 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 à la houille, au Creusot, allant faiblement en 1825..... | 3.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAUX.... 191 | | 924.400 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sur les 6 hauts-fourneaux hors d'activité dans le département de Saône-et-Loire, il y en a 4 au Creusot, pouvant aller à la houille. On se propose de les remettre en grande activité en 1826.

RESUMÉ.

Il existe dans la 1^{re}. Inspection 48 hauts-fourneaux, produisant 161.450 quintaux métriques de fonte de fer, par année.

| | | |
|--------------------|-----|------------|
| — 2 ^e — | 64 | 338.554 |
| — 3 ^e — | 191 | 924.400 |
| — 4 ^e — | 21 | 112.750 |
| — 5 ^e — | 55 | 77.248 |
| TOTAUX..... | 379 | 1.614.402. |

Le nombre des feux d'affinerie, dans lesquels on emploie exclusivement le charbon de bois, est à-peu-près tel qu'il suit :

| | | |
|---------------------------|-------------|-----|
| Dans la 1 ^{re} . | Inspection, | 145 |
| — 2 ^e . | — | 190 |
| — 3 ^e . | — | 569 |
| — 4 ^e . | — | 60 |
| — 5 ^e . | — | 161 |

Ce qui fait, pour toute la France, . . . 1125 feux d'affinerie, employant le charbon de bois.

Le Tableau qui précède fait voir qu'il y a en activité, dans toute la France, 375 hauts-fourneaux allant au charbon de bois, qui produisent en fonte de fer 1.561.402 q^x. mét., et 4 hauts-fourneaux allant à la houille carbonisée, dite *Coke*, qui produisent 53.000 q^x. mét.; en total, comme ci-dessus, 379 hauts-fourneaux produisant 1.614.402 q^x. mét. (*Voyez page 545.*)

Remarquons, d'après les nombres sus-énoncés, que, pour tout l'ensemble de la France, le produit moyen d'un haut-fourneau allant au charbon de bois est de 4.163 quintaux métriques de fonte par année, et le produit moyen d'un haut-fourneau allant à la houille carbonisée est annuellement de 13.250 quintaux métriques. Ces produits moyens sont très-susceptibles d'une grande augmentation, ainsi que nous l'indiquerons plus tard; déjà, ils s'accroissent de jour en jour dans plusieurs départemens.

La quantité totale de fonte de fer, que produit la France, ne suffit pas, à beaucoup près, aux besoins actuels des nombreux ateliers dans lesquels on emploie la fonte, soit pour exécuter des objets en fonte moulée, soit pour fabriquer du fer, tant au charbon de bois qu'à la houille. Cela provient de ce qu'à la faveur de la paix dont jouit le Royaume depuis dix ans, les besoins de la consommation en fonte et en fer ont éprouvé un accroissement très-considérable: d'un côté,

l'agriculture est plus active ; de l'autre, l'industrie manufacturière multiplie ses établissemens, tandis que de nombreux édifices s'élèvent non-seulement à Paris, à Lyon et dans toutes les villes, mais encore dans les campagnes. Partout, le fer, soit à l'état de fonte, soit à l'état de métal pur, est plus abondamment employé, qu'il ne l'était il y a quelques années. Pour s'en convaincre, il suffit d'embrasser d'un coup-d'œil toutes ces constructions dans lesquelles la fonte et le fer sont journellement substitués au bois, tous ces ateliers d'éclairage par le gaz, d'où se répandent au loin des conduites souterraines en fonte de fer, les nouveaux moyens de roulage à larges bandes en fer, les bateaux construits entièrement avec ce métal, les chemins en fonte de fer, les grands établissemens où l'Administration de la Marine fait fabriquer des câbles et des caisses à eau, en fer, tandis que l'Administration de la Guerre fait confectionner des lits avec ce métal. De cette consommation toujours croissante, il est résulté que depuis six ans on a formé, en France, un grand nombre d'établissements destinés à la fabrication du fer, ainsi que nous le verrons plus tard. De là, nouveau besoin de fonte de fer, et par conséquent prix élevé de cette matière. Afin de la répandre plus abondamment dans le commerce qui chaque jour la demande avec plus d'empressement, on a cherché, sur plusieurs points de la France, à augmenter et le produit et le nombre des hauts-fourneaux en activité. L'État supplémentaire qui va suivre fera connaître quelles sont aujourd'hui les entreprises de ce genre ; on y distinguera les hauts-fourneaux en construction, ou déjà construits, et les hauts-fourneaux en projet.

LES ENTREPRISES DE
de charbon de bois. (Voyez de l'année 1826, p. 449.)

| LEUX D'OU L'ON SE PROPOSE DE TIRER | Le charbon de bois. | OBSERVATIONS. |
|------------------------------------|----------------------|--|
| la houille. | | actère italique ont été ajoutées en Décembre 1826. |
| ..... | Forêts des environs. | Mise en 1824, est déjà en activité (voy. Tab. de Pont-Kallecq se propose d'établir plusieurs. (Voy. ses Statuts approuvés, Bull. |
| ..... | Idem..... | I. |
| ..... | Idem..... | Mai 1825. (Voyez Bulletin des Lois.) |
| ..... | Idem..... | I. |
| ..... | Idem..... | I. |
| ..... | Idem..... | Idem, et déjà en feu ; autorisé en 1825. |
| onchamp (Haute-..... | ..... | M |
| ..... | Idem..... | M être mis en feu. |
| ..... | Idem..... | M. |
| Loire, et Saône-et-..... | ..... | I. |
| ..... | Idem..... | Mai 1826. |
| ..... | Idem..... | M. |
| ..... | Idem..... | Mai 1826. |
| ..... | Idem..... | I. |
| ..... | Idem..... | M |
|, ou Commentry. | ..... | M autorisation pour le mettre en feu. |
| ..... | Idem..... | I. |
| ..... | ..... | M. |
| ..... | ..... | M Wilson se propose de remettre en activité assistent au Creusot depuis long-temps. |
| et Rive-de-Gier | ..... | M |

| INSPECTIONS divisionnaires. | DÉPARTEMENTS. | LIEU de l'établissement. | Noms des entrepreneurs, ou pro- priétaires. | HAUTS-FOURNEAUX | | LIEUX D'OU L'ON SE PROPOSE DE TIRER LES MATIÈRES, SAVOIR : | | | OBSERVATIONS. Les notes en caractère italique ont été ajoutées en Décembre 1826. | |
|--------------------------------|-----------------|---|---|---|----------------------------|--|--|--|---|---------------------|
| | | | | En construction, ou déjà construits. | En projet. | La houille. | Le char- bon de bois. | Les minerais de fer. | | |
| 1 | Morbihan | Pont-Kallecq près Hennebon | M ^{rs} Malestroit de Bruc et C ^o | | 1 au charbon de bois | | Forêts des environs. | Mines ou minières des environs | 1 haut-fourneau, autorisé en 1824, est déjà en activité (voy. Tab. N ^o . 1); la même C ^o de Pont-Kallecq se propose d'établir plusieurs autres hauts-fourneaux. (Voy. ses Statuts approuvés, Bull. des Lois de 1826.) | |
| | | <i>Ibidem</i> | Villemain, Henry et C ^o | | 1 au charbon de bois | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | | |
| 2 | Marne | Lombroy, com ^e . de Trois-Fontaines | Roussel | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | Minières des environs | Haut-fourneau autorisé en 1825. (Voyez Bulletin des Lois.) | |
| | | Guignicourt | Bertrand Geoffroy | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | |
| | | St.-Bâle, com ^e . de Vrignes-aux-Bois | Gendarme | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | — autorisé en 1824. | |
| 3 | Haute-Saône | Breurey-lès-Sorans | De Talaru et de Sorans | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | — nouvellement construit, et déjà en feu; autorisé en 1825. | |
| | | Gray | Martiu de Gray | | 1 à la houille carbonisée. | Loire, et Ronchamp (Haute-Saône) | | Mines et minières de la Haute-Saône. | | |
| | | Noiron près Gray | Balahu de Noiron | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | Minières des environs | — autorisé en 1824; va être mis en feu. | |
| | | Pesmes | Veuve Dormier | | 1 au charbon de bois | | <i>Idem</i> | Minières de Pesmes et des environs | Demande formée en 1825. | |
| | | <i>Ibidem</i> | Duchon | | 1 à la houille carbonisée. | H ^{te} .-Saône, Loire, et Saône-et-Loire | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> |
| 3 | Côte-d'Or | Saint-Loup-lès-Gray | De Klinglin | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | Minières des environs | Haut-fourneau autorisé en 1826. | |
| | | Servance | Lapanouze et Pourtalès | | 2 <i>idem</i> | Ronchamp | | Mines et minières du lieu | Demande formée en 1826. | |
| | | Argilly | Alfred d'Archiac | | 1 au charbon de bois | | <i>Idem</i> | Minières des environs | Haut-fourneau autorisé en 1826. | |
| | | Brazey | Philippon | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | |
| 3 | Nièvre | Bourg-Neuf près la Charité | Ricqbour | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | Minières de la Nièvre | — achevé. | |
| | | Torteron | C ^o . Boigues | | 1 à la houille carbonisée. | Saint-Étienne, ou Commentry | | Minières du Cher | — achevé; on attend l'autorisation pour le mettre en feu. | |
| 3 | Cher | Ivoy-le-Pré | Gallot | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | — autorisé en 1826. | |
| | | Allier | Châtillon | Riant et Compagnie | | 3 à la houille carbonisée. | Fins (Allier) | Houillères de Fins, et des environs | Demande formée en 1826. | |
| 3 | Saône-et-Loire | Creusot, près Mont-Cenis | Manby et Wilson | | 4 <i>idem</i> | Creusot | Minières des environs, d'Autrey (Haute-Saône) et minerais étrangers | La Comp ^e . Manby et Wilson se propose de remettre en activité ces 4 h ^{is} .-fourn ^x . qui existent au Creusot depuis long-temps. | | |
| | | Saint-Julien-en-Jarret | Ardailon, Bessy et C ^o | | 2 <i>idem</i> | Saint-Étienne et Rive-de-Gier | Min ^{tes} . de la H ^{te} -Saône, et de Saône-et-Loire; mines de Villebois (Ain) | Hauts-fourneaux autorisés en 1826. | | |
| | | Janon ou Terre-Noire, commune de St.-Jean-de-Bonne-Font | C ^o . des Mines de fer de St.-Étienne | | 1 <i>idem</i> | Saint-Étienne | Houillères de la Loire, mines de l'Ain; m ^{tes} . de la Loire, de la Haute-Saône et de Saône-et-Loire | Cette Compagnie a été autorisée, en 1821, pour trois hauts-fourneaux dont un va déjà au Coke; un second est construit, et l'on se propose de le mettre bientôt en feu. | | |
| 4 | Loire | Chavanay | C ^o . de l'Ain et de la Loire, ci-dev ^t . Crozier-Lamerlée | | 1 <i>idem</i> | Grand' Croix près Rive-de-Gier | Mines de l'Isère, de l'Ain; min ^{tes} . de la H ^{te} .-Saône et de Saône-et-Loire | 2 hauts-fourneaux sont autorisés. (Bulletin des Lois de 1826.) 1 est en activité. (Voyez Tableau N ^o . 1.) | | |
| | | Givors | C ^o . de l'Ain et de la Loire | | 2 <i>idem</i> | Rive-de-Gier | <i>Idem</i> | Société anonyme en demande d'autorisation. | | |
| | | Rive-de-Gier | C ^o . Fleur de Lys, Donzel-Neyrand et Fournas | | 3 <i>idem</i> | <i>Idem</i> | Houillères de la Loire; mines de l'Ain, et m ^{tes} . de la Haute-Saône | Hauts-fourneaux autorisés en 1821. | | |
| | | Lorette près St.-Genis-Terre-Noire | Neyrand frères | | 2 <i>idem</i> | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | Il existe à Lorette une forge à l'anglaise, autorisée en 1823. | |
| 4 | Doubs | Côte-Thiollière près Terre-Noire | C ^o . de la Loire et de l'Isère, ci-dev ^t . Blumenstein et Frère-Jean | | 3 <i>idem</i> | Saint-Étienne | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | Hauts-fourneaux autorisés en 1821. | |
| | | Torpes près Besançon | Charles Saint | | 1 au charbon de bois | | <i>Idem</i> | Minières des environs | Haut-fourneau autorisé en 1825, et presque achevé. | |
| 4 | Ain | Villebois | C ^o . de l'Ain | | 1 à la houille carbonisée. | Loire et Haute-Saône | Mines de l'Ain et minières de la Haute-Saône | Société anonyme en demande d'autorisation. Les mines de fer de Villebois (Ain) ont été divisées en 5 concessions, en 1826. | | |
| | | Isère | Vizille | Blumentin et de Miremont | | 2 <i>idem</i> | Anthracite du lieu (houille sèche) | Mines de Vizille et de la Romanche (Isère) | Hauts-fourneaux autorisés en 1825. | |
| 4 | Ardèche | La Voulte | C ^o . de la Loire et de l'Isère | | 4 <i>idem</i> | Saint-Étienne et Rive-de-Gier | Mines de la Voulte, min ^{tes} . d'Autrey, et mines de Villebois | Société anonyme; statuts approuvés en 1822. | | |
| | | Tarn | Saut-du-Sabot près Arthès | Garrigou et Compagnie | | 1 <i>idem</i> | Carmaux près Alby, etc. | Mines et minières du Tarn | Demande formée en 1826. | |
| 5 | Tarn-et-Garonne | Caussanus, commune de Bruniquel | Lapeyrière | | 2 au charbon de bois | | <i>Idem</i> | Minières des environs | Hauts-fourneaux autorisés en 1825. | |
| | | Basses-Pyrénées | Lieu dit fonderie de Baigorry | Ricqbour | | 1 <i>idem</i> | | Mines des Pyrénées | <i>Idem</i> | |
| | | Lot-et-Garonne | Lien dit Neuffons, c ^o . de Castel-Jaloux | Barsalou et Compag ^e | | 1 au charbon de bois | | <i>Idem</i> | Minières des environs | — autorisé en 1826. |
| | | Gironde | Illon, commune d'Uzeste | De Groc | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | — autorisé en 1825. |
| | | Dordogne | Beysac près Sarlat | De Beaumont | | 1 <i>idem</i> | | <i>Idem</i> | <i>Idem</i> | — autorisé en 1826. |
| 5 | Aveyron | Aubin | C ^o . des houillères et fonderies de l'Aveyron | | 2 à la houille carbonisée. | Aubin, Firmy, Cransac, etc. (Aveyron) | Mines de Pruines, Veuzac, Lughan, etc. (Aveyron) | Cette Comp ^e ., d'après ses Statuts approuvés en 1826, se propose de construire d'abord 2 hauts-fourneaux et successivement 6 autres. | | |

Dans cet État supplémentaire, remarquons d'abord les hauts-fourneaux qui sont actuellement en construction, ou déjà construits; ils sont au nombre de 28, savoir :

Hauts-fourneaux devant aller à la houille carbonisée.. 15
 ————— devant aller au charbon de bois..... 13

On peut estimer que chacun des hauts-fourneaux devant aller à la houille carbonisée produira bientôt 13.250 quintaux métriques de fonte de fer par année, d'après le produit moyen, sus-énoncé, de ceux qui existent déjà. Il est donc permis de compter prochainement sur un surcroît de fonte de fer, dont le total sera de 198.750 quintaux mét. pour les hauts-fourneaux allant à la houille. On pourrait même admettre que chaque haut-fourneau allant à la houille produira, terme moyen, 24.000 quintaux métriques par année; mais bornons-nous à l'évaluation précédente.

Quant aux treize nouveaux hauts-fourneaux devant aller au charbon de bois, leur produit total, annuel, à raison de 4.163 quintaux métriques par haut-fourneau, pourra être au moins de 54.119 quintaux métriques.

Ainsi, l'on peut espérer que bientôt le produit en fonte de fer, des usines françaises, sera augmenté d'un total de 252.869 quintaux métriques.

Si les hauts-fourneaux en projet sont exécutés, on aura encore,

Par 25 hauts-fourneaux à la houille carbonisée,
 un surcroît de fonte, de 331.250 q. mét.
 Par 7 hauts-fourneaux au charb. de bois 29.141

TOTAL (à reporter). 360.391 q. mét.

Ce total (*voyez d'autre part*), ci.. 360.391 q. mét.
 étant ajouté au précédent sur-
 croît de fonte, qui est de. 252.869

formera un surcroît général de 613.260 q^r. mét.

D'autres causes encore promettent une augmentation prochaine de la quantité de fonte de fer sus-énoncée. Dans le département de la Haute-Saône, près Gray, MM. Fallatieu se proposent d'employer la houille carbonisée, dite *Coke*, dans les deux hauts-fourneaux de Beaujeu et de Montureux près Vreux. Dans le département du Cher, au fourneau de la Guerche, la Compagnie Boigues est parvenue à remplacer les $\frac{3}{7}$ du charbon de bois que consommait ce haut-fourneau, par une égale quantité de *Coke* provenant de la houille de Saint-Étienne, et cela sans altérer la qualité de la fonte. Cette même Compagnie, propriétaire des forges de Fourchambault, situées entre Pougues et Nevers, va étendre le même procédé à huit autres hauts-fourneaux qu'elle possède pour le service de ce grand établissement d'affinage du fer à la houille. Plusieurs propriétaires ou fermiers de hauts-fourneaux annoncent l'intention d'imiter ce procédé, sur divers points où la houille abonde; par exemple, M. Tourangin, fermier des forges de Bigny-sur-Cher, dans le Berry, se propose d'employer le *Coke*, en multipliant les tuyères dans le haut-fourneau de cet établissement, quand le canal de Berry sera terminé. En Franche-Comté, plusieurs maîtres de forge, et notamment M. Isaac Blum, au fourneau de Baigne dans la Haute-Saône, s'occupent en ce moment de rem-

placer les anciennes machines soufflantes, par des machines à vapeur; ils ont le projet d'augmenter la hauteur et la capacité des hauts-fourneaux, ainsi que d'autres maîtres de forge l'ont déjà fait avec succès; cela doit encore accroître les produits en fonte de fer.

En général, dans les usines à fer de la France, on fait depuis quelques années un meilleur emploi du charbon de bois pour la production de la fonte et du fer; on augmente la hauteur des fourneaux; on dispose mieux les machines soufflantes; en un mot, l'industrie métallurgique a reçu des améliorations incontestables. Tout porte donc à espérer que bientôt, et sans compter encore les établissements qui ne sont qu'en projet, nous verrons la quantité de fonte de fer, que la France produit annuellement, s'accroître d'environ 250.000 quintaux métriques.

De cette nouvelle quantité de fonte de fer, il pourra résulter, par l'affinage de la fonte, à la houille, environ 185.000 quintaux métriques de fer, à raison de 1.300 à 1.350 de fonte pour 1.000 de fer; mais bornons-nous à considérer ce qui résulte effectivement du produit annuel en fonte de fer, tel que nous l'avons établi ci-dessus, d'après des renseignements authentiques.

On se rappelle que le total de la fonte brute, produite annuellement en France, est de 1.614.402 quintaux métriques.

A ce total, il faut ajouter la fonte brute qui a été importée en France, en déduisant la fonte brute qui a été exportée du Royaume. Sur ce point, nous consultons le *Tableau des Douanes de France*, imprimé pour 1824. On y voit que, pendant l'année 1824, il a été importé en France:

Fonte
importée,
ou
exportée.

En fonte brute, du prix moyen de 10 francs le quintal métrique. 72.294 q^r. mét. 44 k.

En fonte épurée, du prix moyen de 20 fr. le q^{al}. mét. 1.509 95

TOTAL d'importation de fonte. 73.804 q^r. mét. 39 k.

Il a été exporté de France :

En fonte brute, du prix moyen de 20 fr. le quintal métrique. . . 4.095, 10

En fonte épurée, *idem*. 3, 34

TOTAL d'exportation de fonte. . 4.098, 44, ci. 4.098 q^r. mét. 44

La différence est de. 69.706 »

Si l'on ajoute ce nombre au total de fonte française, ci-dessus énoncé, ci. . . . 1.614.402 »

on trouve la somme de. . . 1.684.108 »

Il convient encore d'y ajouter une certaine quantité de vieille fonte, qui est employée, comme un capital circulant, soit dans les forges, soit dans les fonderies, quantité que l'on peut évaluer à 50.000 »

TOTAL. 1.734.108 q^r. mét. »

Telle est la quantité de fonte, sur laquelle s'est exercée l'industrie française en 1824, ou en 1825, tant pour obtenir la fonte moulée, que pour fabriquer le fer forgé. Voyons maintenant quelle portion de ce total de fonte on peut considérer comme ayant été employée à l'état de fonte moulée.

Fonte employée en France.

D'après les États détaillés qui existent à la Direction générale des Mines, on peut admettre les faits suivans :

Produit en fonte moulée.

Dans la 1^{re}. Inspection, sur le total de fonte, qui

| | q ^r . mét. | q ^r . mét. | |
|------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| est de | 161.450, on a fabriqué | 16.470 | } de fonte moulée. |
| Dans la 2 ^e . sur | 338.554 | 70.938 | |
| — 3 ^e . — | 924.400 | 56.077 | |
| — 4 ^e . — | 112.750 | 14.148 | |
| — 5 ^e . — | 77.248 | 15.465 | |

TOTAL, sur 1.614.402 ————— 173.098

Ainsi, sur le total de fonte française, qui est de 1.614.402 q^r. mét., on a fabriqué 173.098 q^r. m. de fonte moulée, dans les établissemens même où sont placés les hauts-fourneaux qui ont produit le total de fonte brute; c'est environ la dixième partie de la fonte sortie des hauts-fourneaux.

Mais il existe, en France, un grand nombre de fonderies non pourvues de hauts-fourneaux; telles sont les fonderies royales de la Marine à Nevers, à Toulon, à Rochefort, à Brest, et à Indret dans la Loire-Inférieure; telles sont encore les fonderies, beaucoup plus nombreuses, qui appartiennent à des particuliers. Tous ces établissemens de fonderie tirent de la fonte des hauts-fourneaux sus-mentionnés de la France.

Fonderies pour la seconde fusion.

On peut les regarder, sous ce rapport, comme des annexes des hauts-fourneaux français qui leur procurent la matière première. Il convient donc d'ajouter à la quantité de fonte moulée, qui est obtenue auprès des hauts-fourneaux, celle qui est fabriquée avec leurs produits, mais en d'autres lieux, c'est-à-dire dans ces fonderies distinctes qui viennent d'être indiquées sommairement. A cet égard, les faits suivans peuvent servir de guide pour une évaluation approximative, de la quantité de fonte de fer qui est employée annuellement dans ces mêmes fonderies distinctes, qu'on peut aussi appeler ateliers de seconde fusion.

Voici d'abord où sont situées les principales fonderies distinctes, et quels sont les propriétaires de ces établissemens dont la plupart ont été formés depuis quelques années :

FONDERIES :

PROPRIÉTAIRES :

| | |
|--------------------------|---|
| A Charenton près Paris, | MM. Manby et Wilson. |
| Dans Paris même, — | Perier, à Chaillot. |
| ----- | Thiebaut, rue de Paradis, |
| ----- | faub. St.-Denis. |
| ----- | De Larbre, rue des Bourgui- |
| ----- | gnons, f. b. St.-Marceau. |
| ----- | Eaton et Farey, rue de |
| ----- | l'Oursine. |
| ----- | Mentzer, rue St. - Victor, |
| ----- | n ^o . 44. |
| ----- | Aitken et Steel, à la Gare. |
| ----- | Collier, rue Richer. |
| ----- | Durup de Baleine, rue de |
| ----- | Popincourt. |
| ----- | Ratcliff, rue St.-Ambroise. |
| ----- | Faucon et Béchu (<i>ibidem</i>). |
| ----- | Latron, rue des Morts, fau- |
| ----- | bourg du Temple. |
| ----- | Mousset, rue de Lappe, fau- |
| ----- | bourg St.-Antoine. |
| ----- | Boisseny, rue de Charonne. |
| ----- | Dumas, <i>ibid.</i> |
| ----- | Fontaine, rue des Quatre- |
| ----- | Fils. |
| A Essone, ----- | Feray. |
| — Nantes, ----- | 3 fonderies : 1 ^o . Mesnil ; 2 ^o . |
| ----- | Moulins ; 3 ^o . Tessier. |
| — Rouen, ----- | 10 fonderies : 1 ^o . Lamasure ; |
| ----- | 2 ^o . Baker, anglais, etc. |
| — Saint-Remi-sur-Avre, | Waddington frères. |
| (Eure-et-Loir). ----- | Grandpré. |
| — Amiens (Somme). ----- | Cavilier. |
| <i>Ibidem</i> . ----- | Scipion Mourgue. |
| — Rouval près Doulens. | Cazalis et Cordier. |
| — Saint-Quentin (Aisne). | Un Anglais. |
| — Douai, ----- | Halett et Tournel. |
| — Arras, ----- | 7 fonderies : 1 ^o . F. Cruq ; 2 ^o . |
| — Lille, ----- | Williams-Taylor, etc. |

FONDERIES :

PROPRIÉTAIRES :

| | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| A Cernay (Haut-Rhin). — | MM. Risler frères et Dixon. |
| — Fourchambault (Nièvre). | Martin et Compagnie. |
| — Saint-Étienne (Loire). | Sagnard, Meneu et Comp ^e . |
| — Lyon , ————— | Bourry et plusieurs autres. |
| — Vienne (Isère). ——— | Frère-Jean. |

Sans parler de quelques autres établissemens du même genre, on voit qu'il existe, en France, au moins cinquante fonderies distinctes, non pourvues de hauts-fourneaux et appartenant à des particuliers.

Parmi ces établissemens, celui de Charenton, l'un des plus considérables, emploie seul 15.000 quintaux métriques de fonte, annuellement; Chaillot n'en consomme pas moins; plusieurs autres approchent de cette quantité; la fonderie de Fourchambault et celle d'Arras en emploient, chacune, 5 à 6 mille quintaux métriques; d'autres, parmi les moindres, en consomment 1.000 quintaux métriques par année. Ainsi, l'on peut estimer que ces cinquante fonderies distinctes emploient annuellement 100.000 quintaux métriques de fonte de fer.

Quant aux fonderies distinctes qui appartiennent au Gouvernement, les principales sont situées à Nevers, à Toulon, à Rochefort et à Brest. Lorsque la fonderie royale de Nevers travaillait encore pour les particuliers, elle tirait annuellement du département du Cher 20.000 quintaux métriques de fonte brute; mais, depuis l'année 1822, cet établissement ne travaillant plus que pour le service de la Marine, sa consommation annuelle en fonte ne s'élève pas au-dessus de 3 à 4 mille quintaux métriques. On peut admettre

qu'aujourd'hui, pour toutes les fonderies distinctes qui appartiennent au Gouvernement, cette consommation n'excède pas 10.000 quintaux métriques par année.

D'après les données qui précèdent, on est porté à penser qu'au total de fonte moulée qui provient directement des hauts-fourneaux, par le moyen des ateliers de moulerie établis dans leur voisinage, ci. 173.098 q^r. mét., il convient d'ajouter, pour les fonderies non pourvues de hauts-fourneaux, les quantités ci-après, savoir :

| | | | |
|--|-------------------------------|---|---------|
| Pour les fonderies des particuliers. | 100.000 q ^r . mét. | } | 110.000 |
| Pour les fonderies royales. | 10.000 | | |
| TOTAL. | 283.098 q ^r . mét. | | |

Tel est le nombre qui paraît représenter, avec une exactitude suffisante, la quantité de fonte moulée que l'on fabrique annuellement en France, soit auprès des hauts-fourneaux, soit dans les fonderies distinctes, c'est-à-dire non pourvues de hauts-fourneaux.

Soustrayons ce nombre, du total sus-énoncé de fonte brute, tant indigène qu'importée et vieille fonte, total qui est de. 1.734.108 q^r. mét.;
ci, à soustraire. 283.098

RESTE. 1.451.010 q^r. mét.

Ce reste est la quantité de fonte brute, que l'on emploie annuellement, en France, pour fabri-

quer du fer, soit au charbon de bois, soit à la houille. Si cette quantité de fonte était entièrement convertie en fer affiné au charbon de bois, il en pourrait résulter 967.340 quintaux métriques de fer ainsi fabriqué, d'après cette donnée générale, que pour obtenir 1.000 de fer forgé au charbon de bois, il faut employer 1.500 de fonte. Remarquons, à ce sujet, que souvent on n'emploie réellement que 1.400 de fonte pour 1.000 de fer au charbon de bois. Cependant, ce sera de la donnée générale (de 1.500 de fonte pour 1.000 de fer) que nous ferons usage dans les calculs suivans, parce que, d'une part cette donnée est adoptée dans les forges françaises, et d'autre part ces forges emploient, pour leur propre consommation, une certaine quantité de fonte, que l'on peut estimer comme portant le déchet de cette matière au taux général de 1.500 de fonte pour 1.000 de fer fabriqué.

Si nous connaissons exactement, soit la quantité de fer fabriqué à la houille, soit la quantité de fer fabriqué au charbon de bois, il nous sera facile de trouver, par le moyen de celle des deux quantités qui sera connue, celle qui ne le sera pas. Or, dans le Rapport que je fis, en 1819, au Jury central de l'Exposition des produits de l'industrie, j'estimai, d'après des recherches faites avec le plus grand soin, qu'à cette époque, la quantité de fer forgé en grosses barres, au moyen de la fonte et du charbon de bois, s'élevait à 640.000 quintaux métriques (1). (*Voyez Rapport*

(1) Dans ce nombre n'est pas compris le produit des forges catalanes, qui fut estimé, en 1819, à 150.000 quin-

sur les Produits métallurgiques de l'industrie française. *Ann. des Mines*, 1820.) Alors, il n'existait pas encore, dans le Royaume, de fabrication du fer forgé à la houille. D'un autre côté, l'on sait que, depuis cette époque, la quantité de fabrication du fer forgé au charbon de bois a diminué dans les usines qui l'ont remplacée, en tout ou en partie, par la fabrication du fer à la houille, et l'on peut estimer que cette diminution de produit en fer forgé au charbon de bois est d'environ 50.000 quintaux métriques par année, ainsi que nous le verrons plus tard. On est donc porté à présumer, d'après tout ce qui précède, que dans l'état actuel des choses la fabrication du fer à la houille doit approcher de 420.000 quintaux métriques par année (car, $640.000 - 50.000 = 590.000$, et $967.340 - 590.000 = 377.340$ quintaux métriques de fer forgé au charbon de bois). (*Voyez page précédente.*)

Mais, on sait que, dans l'affinage du fer à la houille, le déchet de la fonte est moindre que dans l'affinage au charbon de bois : au lieu d'employer 1.500 de fonte pour obtenir 1.000 de fer, on n'emploie que 1.350, d'où il suit que les 377.340 quintaux métriques de fer forgé au charbon de bois, qui sont mentionnés ci-dessus, représentent réellement 419.266 quintaux métriques de fer forgé à la houille (d'après cette proportion, 1350 : 1500 :: 377.340 : 419.266).

taux métriques par année, mais qui, d'après des renseignemens ultérieurs, ne doit pas être porté au-delà de 93.470 quintaux métriques. Nous en faisons abstraction pour le moment, parce que nous y reviendrons plus tard.

Maintenant, sans prendre pour base de notre calcul le nombre 640.000 quintaux métriques, posé en l'année 1819, comme indiquant la quantité de fer fabriqué au charbon de bois, cherchons directement, d'après des renseignemens recueillis en 1825 et 1826, quel est aujourd'hui le total de fabrication du fer à la houille. Le Tableau ci-contre présentera, pour l'ensemble de la France, les détails qui se rapportent à chacun des établissemens de ce genre.

D'après le tableau qui précède, on est fondé à penser que, dans l'année 1825, la quantité totale de fer fabriqué à la houille a été, pour toute la France, de 442.000 quintaux métriques.

Cela posé, du total de fonte brute sus-énoncé, qui est de 1.451.010 qx. mét., il faut soustraire ,

| | |
|--|------------------|
| Pour fabrication de 442.000 qx. mét. de fer à la houille, à raison de 1.350 de fonte pour 1.000 de fer, ci | 596.700 qx. mét. |
|--|------------------|

Il reste en fonte de fer 854.310 qx. mét.

Ce reste est employé pour la fabrication du fer au charbon de bois. Il en résulte 569.540 qx. mét. de ce métal, à raison de 1.500 de fonte pour 1.000 de fer.

Ainsi, du total de fonte sus-énoncé (1.451.010 qx. mét.) on obtient :

| | |
|--|------------------|
| En fer fabriqué à la houille | 442.000 qx. mét. |
| En fer fabriqué au charbon de bois | 569.540 |

TOTAL de fer obtenu 1.011.540 qx. mét.

Il paraît constant, d'après ce qu'on vient de voir, que depuis l'année 1819 la production de fer s'est accrue, en France, d'environ 400.000 quintaux métriques, à cause de la fabrication du fer par le moyen de la houille; mais ce serait une erreur, que d'attribuer tout cet accroissement de produit à l'emploi de la houille; il est dû pour moitié à l'emploi du charbon de bois, qui a été nécessaire pour obtenir la fonte convertie en fer par la houille. De là, le renchérissement des bois et par suite le renchérissement de la fonte et du fer. Sur ce point, il est à propos de présenter quelques éclaircissemens :

Produit en
fer forgé.

Pour fabriquer une certaine quantité a de fer affiné à la houille, on emploie une quantité de fonte obtenue par le moyen du charbon de bois, laquelle est à-peu-près $= a + \frac{a}{3}$ (le tout en poids).

Cette quantité de fonte, à raison d'une partie et demie de charbon pour une partie de fonte obtenue, a exigé l'emploi d'une quantité de quintaux de charbon de bois, qui est précisément le double de la quantité de quintaux de fer fabriquée. Un calcul facile va le faire voir :

En effet, $a + \frac{a}{3} =$ quantité de fonte nécessaire pour fabriquer a de fer forgé à la houille, et

$a + \frac{a}{3} \times 1 + \frac{1}{2} = 2a =$ la quantité de charbon de bois, nécessaire pour obtenir la quantité de fonte de laquelle résulte la quantité a de fer forgé à la houille.

Or, pour obtenir cette même quantité a de fer forgé au charbon de bois, il aurait fallu la quantité $4a$ de charbon de bois, à raison d'une partie et demie en poids, de ce charbon, pour une partie de fonte obtenue du minerai dans le haut-fourneau, et à raison d'une partie trois quarts de charbon, pour une partie de fer obtenue de la fonte qui éprouve un déchet d'un tiers de son poids dans les affineries au bois, de telle sorte que 1.500 de fonte donnent 1.000 de fer forgé au charbon de bois.

Ainsi, en employant la quantité $2a$ de charbon de bois, qui a été consommée dans les hauts-fourneaux, pour procurer la quantité a de fer forgé à la houille, on aurait obtenu, par l'ancien procédé, faisant tout au charbon de bois,

une quantité de fer forgé, qui aurait été la moitié de $a = \frac{1}{2}a$.

Par conséquent, dans la quantité de fer forgé à la houille, quantité qui, pour toute la France, est annuellement de 442.000 quintaux métriques, il n'y en a que la moitié qui soit due immédiatement à l'emploi de la houille. En d'autres termes, avec la quantité de charbon de bois, qui a été consommée dans les hauts-fourneaux de la France, pour procurer la fonte nécessaire à la fabrication des 442.000 quintaux métriques ci-dessus, de fer fabriqué à la houille, on aurait pu, sans employer ce dernier combustible, fabriquer, exclusivement au charbon de bois, 221.000 quintaux métriques de fer.

On voit donc que jusqu'à présent la fabrication du fer à la houille, fabrication qui n'a diminué celle du fer au bois, que d'environ 50.000 quintaux métriques, a augmenté la consommation du charbon de bois, pour la production de la fonte, dans une proportion beaucoup plus forte, qu'elle n'a diminué la consommation du même combustible pour la fabrication du fer par ce moyen. De là, toutes les conséquences mentionnées ci-dessus, c'est-à-dire, renchérissement du bois, renchérissement de la fonte et du fer.

Au total de fer forgé, que nous avons trouvé ci-dessus (1.011.540 quintaux métriques), il ne s'agit plus que d'ajouter le produit, peu considérable, des forges catalanes dans lesquelles on obtient le fer directement du minerai par le moyen du charbon de bois. Ces petits établissements sont presque tous situés dans les départements méridionaux dont se compose la cinquième Inspection, ainsi que le fait voir le Tableau suivant:

N^o. 4. Tableau indicatif des forges catalanes et de leur produit annuel, d'après les faits constatés en l'année 1818, dont on peut regarder le produit comme équivalant à celui de l'année 1824, sauf les observations ci-après.

| DÉPARTEMENTS : | Feux d'affinerie, dits feux catalans. | Produit annuel en quintaux métriques de fer. | OBSERVATIONS. |
|------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Gard..... | 1 | » | Établissement qui n'existe plus. Depuis 1818, il a été construit dans ces 3 départem ^{ts} . 12 forges catalanes dont on peut estimer le produit total à 10.500 qx. mét., d'après le produit moyen d'une telle forge, lequel est de 875 qx. mét. par année, dans l'ensemble de ces 3 départemens. |
| Aude..... | 16 | 15.440 | |
| Pyrénées-Orientales... | 18 | 13.645 | Établissement qui était hors d'activité en 1818. |
| Ariège..... | 45 | 40.000 | |
| Haute-Garonne..... | 1 | 1.300 | Établissement qui n'existe plus. |
| Tarn..... | 1 | » | |
| Basses-Pyrénées..... | 4 | 2.250 | TOTAL..... 96 73.770 |
| Lot-et-Garonne..... | 6 | 925 | |
| Lot..... | 3 | 210 | |
| Aveyron..... | 1 | » | A ce total, il faut ajouter: 1 ^o . Pour 12 nouvelles forges catalanes, situées dans les départ ^{ts} . de l'Aude, des Pyrénées-Orientales et de l'Ariège (voyez l'observation ci-dessus), ci..... |
| TOTAL..... | 96 | 73.770 | |
| | 13 | 10.500 | 2 ^o . Pour 12 petites forges analogues, dites forges bergamasques, qui existent dans le départ. de l'Isère, chacune d'elles ne faisant pas plus de 100 qx. mét. par an, ci..... |
| | 12 | 1.200 | |
| | 10 | 8.000 | 3 ^o . Pour 10 forges catalanes qui existent en Corse, à raison de 800 qx. mét. par forge, ce qui est le terme moyen de produit annuel, calculé d'après toutes les forges catalanes de la France, ci..... |
| TOTAL..... | 130 | 93.470 | |

En résumant tout ce qui précède, nous pouvons admettre qu'en 1824, ou en 1825, la fabrication du fer, en France, a été telle qu'il suit :

Fer obtenu de la fonte, au charbon de bois..... 569.540 qx. mét.
Fer obtenu de la fonte, à la houille. 442.000
Fer provenant des forges catalanes, au charbon de bois. 93.470

TOTAL..... 1.105.010 qx. mét.

Pour achever de faire apprécier l'importance de la fabrication du fer en France, jetons un coup-d'œil rapide sur le nombre d'ouvriers, auquel l'industrie des usines à fer procure le travail et le salaire, tant dans l'enceinte même de ces usines, que dans les mines et minières, dans les forêts, sur les routes et sur les fleuves, rivières ou canaux.

Les États qui existent à l'Administration des Mines font voir que l'on peut estimer ce nombre ainsi qu'il suit, pour les hauts-fourneaux et les forges proprement dites, d'où provient le fer en grosses barres, sans compter les nombreux ateliers d'industrie manufacturière dans lesquels on élabore ultérieurement la fonte et le fer, pour obtenir, soit des ouvrages en fonte moulée, soit du fer martiné, de la tôle, du fer-blanc, du fil de fer, de l'acier et des outils.

Produit total de fer forgé.

Nombre d'ouvriers employé.

Dans l'ensemble des 5 Inspections, on compte 69.617 ouvriers employés pour les mines, minières, hauts-fourneaux et usines à fer, tant dans ces ateliers même, que dans les forêts, sur les routes et sur les fleuves, rivières ou canaux, savoir :

| | | |
|---|--------|-----------|
| Dans la 1 ^{re} . Inspection. . . . | 12.627 | ouvriers. |
| 2 ^e . ————— | 11.520 | |
| 3 ^e . ————— | 30.520 | |
| 4 ^e . ————— | 3.780 | |
| 5 ^e , y compris les ouvriers des forges catalanes, — | 11.170 | |
| TOTAL | | 69.617 |

D'après ces faits, qui nous paraissent dignes de foi, et qui répondent à la question que nous avons regardée comme préalable, passons à l'examen des deux autres questions posées par Monsieur le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines. Les faits ayant été présentés d'avance et séparément, il deviendra plus facile de traiter les questions ultérieures.

2^e. question. *Seconde question : De l'effet qu'a produit la loi des Douanes de 1822, sur l'état des forges de la France.*

Il faut ici partir d'un premier fait, déjà établi dans ce qui précède : c'est que la consommation de la fonte et du fer s'est considérablement accrue en France. Telle était déjà la tendance générale de l'industrie française, lorsque la loi sur les douanes, du 27 Juillet 1822, établit les droits d'entrée suivans :

par qal. mét. Droits d'entrée sur les fontes et fers.

| | | | |
|--|--|--|--|
| Fonte | brute en gueuse, de 4 q ^x . mét. au moins | } par mer, et depuis la mer jusqu'à Solre-le-Château exclusivement | 9 f. |
| | | | |
| Fer en barres | Idem. | } par les autres frontières de terre | 6 |
| | | | |
| } plates ou carrées, de grandes dimensions | 25 | | |
| | | } plates, carrées ou rondes, de dimensions moyennes | 36 |
| } plates, carrées ou rondes, de petites dimensions | 50 | | |
| | | } (Voyez, pour les dimensions, ladite loi de 1822, Bulletin n ^o . 544.) | Fer en barres importé par mer et justifié provenir de forges étrangères où il se traite exclusivement au charbon de bois et au marteau, tel que fer de Suède et de Russie, comme dans le tarif du 21 Décembre 1814, savoir : |
| } pour les fers de grandes dimensions, dits fers de deux manipulations | 15 | | |
| | | } pour les fers de moyennes dimensions, dits fers de trois manipulations | 25 |
| } pour les fers de petites dimensions, dits fers de quatre manipulations | 40 | | |
| | | } (Voyez ladite loi de 1814, Bulletin n ^o . 66.) | |

Par un premier effet de la loi de 1822, la quantité d'importation des fers en barres fut considérablement diminuée; mais l'importation de la fonte n'éprouva qu'un faible changement; c'est ce que fera voir le Tableau suivant; il présente le résumé des États officiels que l'Administration générale des Douanes a fait imprimer pour les années 1820 à 1824 inclusivement.

N^o. 5. Tableau concernant l'importation et l'exportation de la fonte, du fer, de l'acier, et de la houille, pour les années 1820 à 1824 inclusivement, avec annotation de la valeur du quintal taux d'évaluation moyenne adopté par l'Administration des

| MATIÈRES. | IMPORTATION. | | | | | VALEUR en Francs, du Quintal métrique. | |
|--|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--------|
| | QUANTITÉS EN QUINTAUX MÉTRIQUES. | | | | | | |
| | Année 1820. | 1821. | 1822. | 1823. | 1824. | Année 1824. | |
| FONTE.. | tant brute qu'épurée. | 54.496 | 76.712 | 82.622 | 78.278 | 73.804 | fr. 10 |
| | moulée..... | " | " | 466 | 456 | " | " |
| FER... | en barres plates, carrées, ou rondes. | 88.911 | 138.437 | 50.692 | 45.216 | 58.134 | 10 20 |
| | Tôle et fer-blanc..... | 4.459 | 3.428 | 2.494 | 1.565 | 3.243 | 147 |
| | Fil de fer..... | " | 4 | 2 | 1 | 5 | 238 |
| | Ouvrages en fer..... | 546 | 591 | " | 67 | 237 | 99 |
| ACIER.. | forgé de toute sorte. | 5.911 | 5.572 | 5.308 | 6.036 | 7.081 | 160 |
| | fondu..... | 755 | 1120 | 855 | 742 | 865 | 199 |
| | filé..... | 17 | 25 | 13 | 19 | 34 | 343 |
| | ouvert..... | " | " | " | " | " | " |
| HOUILLE, tant par terre que par mer..... | | 2.809.197 | 3.205.946 | 3.372.503 | 3.263.932 | 4.615.665 | 1 |

fonte, du fer, de l'acier, et de la houille, pour les années 1820 à 1824, suivant le Douanes royales de France, le tout d'après les États officiels.

| MATIÈRES. | EXPORTATION. | | | | | VALEUR en Francs, du Quintal métrique. | |
|--|---------------------------------------|---------|---------|--------|--------|--|--------|
| | QUANTITÉS EN QUINTAUX MÉTRIQUES. | | | | | | |
| | Année 1820. | 1821. | 1822. | 1823. | 1824. | Année 1824. | |
| FONTE.. | tant brute qu'épurée. | 4.721 | 4.045 | 6.298 | 3.463 | 4.098 | fr. 20 |
| | moulée..... | 11.235 | 12.752 | 8.594 | 10.661 | 11.986 | 55 |
| FER.... | en barres plates, carrées, ou rondes. | 7.657 | 6.702 | 7.297 | 6.158 | 6.294 | 50 |
| | Tôle et fer-blanc.... | 190 | 366 | 258 | 191 | 114 | 146 |
| | Fil de fer..... | 1.905 | 1.719 | 2.449 | 2.170 | 3.085 | 299 |
| | Ouvrages en fer..... | 10.449 | 12.671 | 3.816 | 9.596 | 10.583 | 124 |
| ACIER.. | forgé de toute sorte. | 152 | 158 | 130 | 19 | 87 | 239 |
| | fondu..... | 9 | 1 | 4 | " | " | " |
| | filé..... | 28 | " | 6 | " | " | " |
| | ouvert..... | 51 | 43 | 218 | 81 | 108 | 371 |
| HOUILLE, tant par terre que par mer..... | | 264.555 | 739.354 | 63.862 | 48.312 | 63.691 | 1 98 |

L'importation de fonte, tant brute qu'épurée, qui était, en 1821, de 76.712 q^m. fut, — en 1822, de 82.622 en 1823, de 78.278 en 1824, de 73.804

Mais l'importation du fer en barres, qui avait été, en 1821, de 138.437 q^m. ne fut plus, en 1822, que de 50.692 en 1823, de 45.216 en 1824, de 58.134

Ainsi, dans la comparaison de ces nombres, se montre un premier effet de la loi sur les douanes de 1822.

Effets de la
loi des
douanes de
1822.

A cette époque, quelques entrepreneurs industriels avaient déjà tenté, en France, l'introduction des procédés anglais, tant pour la fusion du minerai de fer à la houille carbonisée, dite *Coke*, que principalement pour l'affinage du fer à la houille dans des fourneaux de reverbère, et pour l'étirage au laminoir. Dès que parut la loi de 1822, le nombre de ces entreprises s'accrut considérablement; c'est ce que fait voir le Tableau déjà présenté, concernant les forges françaises allant à la houille, par l'indication de l'année dans laquelle chacun de ces établissemens fut, ou fondé comme *atelier nouveau*, ou amené à son état actuel au moyen de la transformation ou *conversion* d'un *ancien atelier* de forge (voy. *le Tabl. n^o 3, page 360*). La multiplication de ces ateliers, dont le nombre s'élève aujourd'hui à 31 établissemens en activité, fut donc un second effet de la loi sur les douanes de 1822. Il en résulta que de grands capitaux, dont on évalue la somme à 30 millions de francs au moins, furent versés

par un grand nombre de particuliers dans la fabrication du fer affiné à l'aide des nouveaux procédés, troisième effet, très-remarquable, de la loi sur les douanes de 1822.

C'est par l'effet de cette loi qu'une révolution, qui était à peine commencée en France, dans le travail du fer, s'est décidément accomplie; mais, dans presque toutes ces nouvelles entreprises, le désir d'opérer un changement subit, l'impatience de manifester de grands résultats, dirigèrent les entrepreneurs, qui pour la plupart étaient des Français. Un seul haut-fourneau s'éleva d'abord pour la production de la fonte à la houille. C'est dans la formation de ces derniers établissemens que consiste, en France, la principale difficulté de l'introduction des procédés anglais; car, pour alimenter un tel haut-fourneau, qui doit devenir pour les forges une source abondante de matière première, il s'agit d'obtenir et de transporter au loin des masses énormes de houille, de minerai, de *Castine* ou fondant, ce que permet rarement, en France, dans les contrées propres à ce genre d'industrie, l'état actuel de l'exploitation des mines ou minières, et des moyens de communication, soit par terre, soit par eau. Il faut donc, à cet égard, outre de grands capitaux, des localités très-favorables et beaucoup de longanimité. Cette industrie génératrice ne saurait s'improviser, au lieu qu'un atelier d'industrie manufacturière, tel qu'une forge à l'anglaise, peut s'établir promptement et presque par-tout, moyennant des capitaux suffisans, et fournir bientôt des produits. Aussi, presque par-tout ce fut le fer que l'on voulut produire. On résolvait ainsi la partie la moins difficile du pro-

blème; on commençait, pour ainsi dire, par la fin; quel fut le résultat? On obtint à la vérité, en peu d'années, un accroissement très-considérable de la production en fer; mais la fonte de fer manqua bientôt. Il fallut en augmenter la production dans les hauts-fourneaux allant au charbon de bois. De là, un accroissement très-considérable du prix des bois et des minerais; de là, le prix auquel s'est élevée la fonte de fer en France, et par suite le prix du fer fabriqué au charbon de bois. Quelques détails vont faire juger de cette augmentation.

Dans le département de la Haute-Saône,

Le prix de la fonte brute pour fer était :

En 1824, de 20 fr. le q^{al}. mét.

En 1825, de 24 à 24 fr. 50 c.

Il est, en Janvier 1826, de . . 28 à 30 fr.

Tel est, en général, le prix actuel des fontes de fer de première qualité, dites fontes de Franche-Comté, ou de Berry. Les fontes pour fer, de Bourgogne et de Champagne, étant de qualité inférieure, coûtent de 21 à 23 francs le quintal métrique.

Dans le département de la Haute-Saône,

Le prix du fer en grosses barres, de première qualité, fabriqué au charbon de bois, était, en 1824, de 55 fr. le q^{al}. m.

Il est en Janvier 1826,

pour les fers de bonne qualité, de 70

Et pour les fers de la meilleure qualité, de 76

Dans ce même département, les prix se sont élevés, en 1826, ainsi qu'il suit :

Pour le fer martiné, à 84 fr. le q^{al}. m.

Pour le fer en verges de filerie, à 90.

Dans les autres parties de la France, le prix des fers fabriqués au charbon de bois variait, en 1824, entre 42 et 62 fr. le q^{al}. mét., suivant les qualités de ces fers et les lieux de production. Ce prix a éprouvé un accroissement proportionné à celui qui vient d'être indiqué. En Janvier 1826, il varie entre 60 et 70 fr., dans les usines à fer de la Lorraine, de l'Alsace et des Ardennes. Outre les causes sus-énoncées, la sécheresse extraordinaire de l'année 1825, en suspendant l'activité de plusieurs forges, a dû contribuer aussi au renchérissement des fers.

Pendant que ces changements s'opéraient, la consommation du fer s'accroissait, encore plus rapidement que la production de ce métal. On recherchait les fers à la houille, quoiqu'en général, sous le rapport de la force ou de la qualité de métal pur, ils passent pour être inférieurs aux fers fabriqués au charbon de bois; mais on les recherchait, parce que leur qualité étant suffisamment bonne pour la plupart des destinations du fer, leur exécution, opérée par les machines, offre plus de précision, et parce que leur prix est moindre. Il en est résulté que les producteurs de fer à la houille, se voyant obligés de payer plus cher et ce combustible et la fonte dont il leur fallait d'énormes quantités, ont élevé le prix de leur marchandise.

Ainsi, par exemple, le fer à la houille, en 1824, s'était vendu 45 fr. dans les forges du département de la Moselle, tandis que le fer au charbon de bois s'y vendait 52 fr. A cette même époque, le fer à la houille, du département de la Nièvre, se vendait de 50 à 54 fr., tandis que le fer au charbon de bois s'y vendait 56 fr.; mais en Jan-

vier 1826, nous voyons, par les tarifs publiés, que le prix des fers en grosses barres, fabriqués à la houille, est, dans les forges de Charenton (Seine), de 56 fr. le quintal métrique, et dans les forges de Fourchambault (Nièvre), de 60 francs.

Ces augmentations du prix des fers fabriqués, soit à la houille, soit au charbon de bois, nous semblent indiquer que la concurrence n'est pas encore aussi grande parmi les fabricans ou vendeurs, que l'est devenue la demande de fer parmi les consommateurs ou acheteurs. Si d'un côté, il est vrai de dire que, sans la loi de 1822, les nouveaux établissemens n'auraient pas pu s'élever, de l'autre, il faut avouer que, sous l'égide des droits d'entrée qu'établit cette loi, les fabricans de fer ont élevé le prix de ce métal, autant que les besoins des consommateurs les encourageaient à le tenter. Se voyant garantis de la concurrence étrangère, jusqu'à un certain point, par les dispositions de la loi de 1822, ces fabricans semblent s'être approchés de plus en plus des dernières limites qu'ait posées cette loi, protectrice de l'industrie des forges.

Un autre effet de la révolution qui s'est opérée dans le travail du fer nous semble digne de remarque : c'est l'accroissement qu'a éprouvé, depuis quelques années, l'importation de la houille, tant par mer que par terre. Le Tableau qui précède (n^o. 5, p. 368) nous fait voir que l'importation de ce combustible était,

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| En 1821, de | 3.205.946 q ^r . mét. |
| En 1824, elle fut de | 4.615.665 |
| Elle s'est donc accrue de | 1.209.719 q ^r . mét. |

Ainsi, dans l'espace de trois années, l'importation de la houille s'est accrue, en France, à-peu-près de moitié, en sus de ce qu'elle était en 1821.

Quant à l'exportation de la houille, elle n'a été, en 1824, que d'environ 64.000 quintaux métriques, et par conséquent elle est restée à-peu-près telle qu'elle était en 1822. (*Voyez le Tableau n^o. 5, page 368.*)

Cependant, l'extraction de ce combustible a plutôt augmenté que diminué dans les mines de la France; elle s'y élève annuellement à 14 millions de quintaux métriques. L'accroissement d'importation de houille étrangère, qui eut lieu de l'année 1821 à l'année 1824, paraît avoir été causé, en grande partie, par l'introduction du traitement du fer à la houille. En effet, on sait que, pour obtenir, à partir de la fonte déjà produite, 10 quintaux métriques de fer forgé à la houille, on consomme, tout compris (*finage, puddlage, laminage et machine à vapeur*), on consomme, disons-nous, de 30 à 32 hectolitres de houille, pesant chacun 75 kilogrammes, c'est-à-dire environ 24 quintaux métriques de houille. Il en résulte que, pour obtenir les 442.000 quintaux métriques sus-mentionnés, de fer forgé à la houille, on doit consommer environ 1.060.800 quintaux métriques de ce combustible. Ce nombre est plus des deux tiers (ou à-peu-près les cinq septièmes) de la différence déjà indiquée entre les importations de houille qui sont constatées, pour l'année 1824 et pour 1821. Il convient de remarquer que, dans les États des Douanes, la valeur moyenne du quintal métrique de houille importée est estimée 1 fr. 59 c., tandis qu'en France, le prix du quintal métrique de ce combustible varie depuis

50 centimes jusqu'à 5 francs, suivant les circonstances locales qui sont très-diverses. Cette diversité des circonstances locales, et par conséquent du prix de la houille, provient, en France, de la difficulté des communications. C'est un des principaux obstacles qui s'opposent au développement de l'industrie des mines et usines, et notamment à l'érection, très-désirable, des hauts-fourneaux propres à la fusion du minerai de fer par le moyen de la houille carbonisée, dite *Coke*.

Un effet incontestable de la loi sur les douanes de 1822 consiste, non-seulement en ce qu'elle a rendu possible de multiplier, en France, les forges allant à la houille, mais encore et sur-tout en ce que cette loi a préservé les anciennes forges, allant au charbon de bois, de la ruine dont elles auraient été menacées par une introduction trop facile des fers étrangers; car, dans les pays étrangers, le fer, à raison de circonstances plus favorables, est produit à meilleur marché qu'il ne peut l'être en France.

Prix des fers
français.

Ceci a besoin d'être développé par des exemples: les documens que nous allons présenter, concernant le prix des fers de Champagne et le prix des fers étrangers, sont un extrait des registres de M. Riant jeune, négociant en fer, successeur de MM. Moreau, Thomas, Desnoeux et Cie., rue St.-Antoine, n°. 177, à Paris. Je suis redevable de cette communication à la complaisance de ce négociant éclairé. Il ne sera pas inutile de placer ici le Tableau qui va suivre, concernant le commerce des fers de Champagne (Haute-Marne), que l'on regarde en général, ainsi que les fers de Bourgogne, comme inférieurs aux fers de la Franche-Comté et du Berry.

N°. 6. Tableau concernant le commerce des Fers de Champagne.

| ÉPOQUES DES VENTES. | PRIX DES FERS de Champagne ven- dus dans les forges. | | | | PRIX DES FERS de Champagne ven- dus à Paris. | | | | OBSERVATIONS. |
|------------------------|--|------------------------------|---|-----|--|--------|-----------------|---|---------------|
| | Livrés à Joinville. | Livrés à Saint-Dizier. | Livrés à 6 mois de terme, soit 3 pour 100 d'escompte. | | Roche. | Vosges | Demi- Roche. | Les 1000 kilog. à 6 mois de terme. | |
| 1816. Juillet. . . . | 460 | 450 | 450 | 540 | 520 | 500 | 500 | Les frais de transport, des forges à Paris, varient très-souvent; mais le prix moyen, pour les fers dits <i>Roche</i> , est de 40 fr. les 1040 k., et pour les fers dits <i>Vosges</i> et <i>Demi-Roche</i> , de 30 fr.; les premiers viennent de Joinville, les autres de St.-Dizier, par eau. Ces frais sont à ajouter aux prix fixés ci-contre. On estime que le transport des fers, pour 10 lieues de France, est, terme moyen, de 1 fr. 50 cent. pour 100 kil., par terre. | |
| » Décembre. . . . | 500 | 490 | 490 | 560 | 550 | 540 | 540 | | |
| 1821. Juillet. . . . | 430 | 420 | 400 | 500 | 480 | 460 | 460 | | |
| » Décembre. . . . | 440 | 430 | 420 | 520 | 500 | 480 | 480 | | |
| 1822. Juillet. . . . | 490 | 475 | 475 | 550 | 530 | 520 | 520 | | |
| » Décembre. . . . | 480 | 470 | 470 | 560 | 550 | 540 | 540 | | |
| 1824. Juillet. . . . | 450 | 430 | 430 | 530 | 490 | 480 | 480 | | |
| » Décembre. . . . | 450 | 430 | 430 | 515 | 500 | 475 | 475 | | |
| 1825. Juillet. . . . | 530 | 520 | 520 | 650 | 630 | 610 | 610 | | |
| » Décembre. . . . | 600 | 580 | 580 | 650 | 620 | 600 | 600 | | |

Fers de
Champagne
et autres.

Nous avons déjà vu que récemment, en Janvier 1826, le fer de la Haute-Saône, en grosses barres et de première qualité, s'était vendu, dans ce département, jusqu'à 76 fr. le q^{al}. mét., et que le fer des mêmes dimensions, mais de moindre qualité, s'y était vendu 70 fr. Tel est le prix actuel des fers les plus estimés de la Franche-Comté, que l'on regarde, avec ceux du Berry, comme les meilleurs de la France. Les fers de Champagne, quoique bons, sont moins estimés pour la qualité; ils se vendent par conséquent moins cher que ceux de la Franche-Comté et du Berry. Or, en Décembre 1825, les fers de Champagne, dont on distingue trois qualités, ont été vendus par les maîtres de forge, dans le département de la Haute-Marne, à Joinville et à Saint-Dizier, pour les prix ci-après, savoir :

| | |
|--|--------------------------------------|
| Fers de la première qualité, dite <i>Roche</i> , rendus à Joinville. | 57 fr. 69 c. le q ^{al} . m. |
| — de la seconde qualité, dite <i>Vosges</i> , rendus à Saint-Dizier | 55 76 |
| — de la troisième qualité, dite <i>Demi-Roche</i> , rendus à St-Dizier | 55 76 |

Le transport par eau, de ces mêmes fers, coûte, prix moyen :

Pour les fers dits *Roche*,
de Joinville à Paris, 40 fr. les 1040 kil.,
ce qui fait, par quintal métrique, 3 fr. 94 c.
Pour les fers dits *Vosges* et *Demi-Roche*,
de Saint-Dizier à Paris, 30 fr. les 1040 kil.,
ce qui fait, par quintal métrique, 2 fr. 88 c.

Ainsi, les fers de la Haute-Marne, rendus à Paris, coûtent aux marchands :

| | |
|--|--------------------------------------|
| 1 ^{re} . qualité (<i>Roche</i>) | 61 fr. 63 c. le q ^{al} . m. |
| 2 ^e . qualité (<i>Vosges</i>) | 58 64 |
| 3 ^e . qualité (<i>Demi-Roche</i>) | 58 64 |

Ces mêmes fers, à la même époque, ont été vendus à Paris, aux consommateurs, y compris le bénéfice du marchand :

| | |
|--|--------------------------------|
| 1 ^{re} . qualité (<i>Roche</i>) | 65 fr. le q ^{al} . m. |
| 2 ^e . qualité (<i>Vosges</i>) | 62 |
| 3 ^e . qualité (<i>Demi-Roche</i>) | 60 |

Voici quels furent, vers la fin de l'année 1825, les prix des fers de Bourgogne, de Berry et de Périgord :

| | |
|---|--------------------------------------|
| Les fers de Bourgogne, en grosses barres, coûtent dans les forges. | 59 fr. 20 c. le q ^{al} . m. |
| Frais de transport depuis les forges jusqu'à Arcis-sur-Aube, par terre. | 1 80 |
| — depuis Arcis-sur-Aube, par eau, jusqu'à Paris. | 2 75 |

Prix total du q^{al}. mét. rendu à Paris. 63 fr. 75 centimes.

Les fers de Berry, en grosses barres, coûtaient dans les forges 64 fr. 50 c. le q^{al}. mét.

En général, il ne vient pas à Paris de fers du Berry qui soient en grosses barres; ceux qui sont le plus en usage pour la consommation de Paris sont des fers de *fenderie*, fers de trois manipulations; à la fin de 1825, ces derniers coûtaient, dans les forges de *Clavières* et de *Sauvage*, 69 fr. 50 c. le q^{al}. mét., et pour frais de transport jusqu'à Paris 6 fr. 50 c., en total 76 fr., d'où l'on voit que :

Les fers de Berry, en grosses barres, s'ils venaient à Paris, y coûteraient, sans le bénéfice du marchand, environ 71 fr. le q^{al}. mét.

A la même époque les fers de Périgord, département de la Dordogne, coûtaient dans les forges 56 fr. le q^{al}. mét. Ces fers ne viennent pas à Paris.

Nous devons ces renseignements à l'obligeance de MM. Labbé et Bègue aîné, négocians en fer, rue Basse Saint-Denis, n^o. 20, à Paris.

Prix des fers étrangers.

Si l'on veut comparer sommairement avec ces prix ceux des fers de la Belgique et de l'Allemagne, de l'Angleterre, de la Suède et de la Russie, on voit qu'au commencement de l'année 1826, les prix des fers étrangers, considérés hors de France, dans le pays même d'où ils proviennent, sont tels qu'il suit :

Fers de la Belgique, en grosses barres, de 1^{re}. qualité, pour la fabrication des armes, hors de France, dans les forges. . . 45 fr. » c. le q^{al}. m.

— de 2^e. qualité, pour la clouterie, *ibidem*. 37

Fers d'Allemagne, *ibid.*, dans les forges voisines du Rhin. . 38

Fers de Suède, à Stockholm. 32 60

Fers de Russie, à St.-Pétersbourg. 32 76

Fers d'Angleterre, dans le port de Cardiff, en face de Bristol. 24 75

Comment serait-il possible, à côté de ces prix, que la concurrence fût soutenue par les produits français, dont voici les prix actuels pour toute la France :

Fers en grosses barres, de Champagne, fabriqués au charbon de bois, rendus les uns à Joinville, les autres à St.-Dizier. . 55 à 58 fr. le q^{al}. m.

Fers de la Moselle et autres, dits fers de Lor-

raine, d'Alsace, des Ardennes, au charbon de bois, sur le lieu de production. 60 à 70 fr. le q^{al}. m.

- Fers de la Haute-Saône, dits fers de Franche-Comté, *idem*. . 70 à 76
- Fers de Bourgogne, *idem*.. . 59 fr. 20 c.
- Fers de Berry, *idem*. 64 50
- Fers de Périgord, *idem*. . . 56 "
- Fers de Bretagne, *idem*. . . 54 "
- Fers à la houille, de Charenton près Paris, dans les forges. 56
- de la Moselle, *idem*. . 50
- de la Nièvre, *idem*. . 60!

C'est par les frais de transport et principalement par les droits d'entrée, que les forges françaises sont défendues contre l'invasion des fers étrangers, ainsi que nous allons le voir au moyen de quelques exemples :

Le 11 Mars 1825, d'après le prix courant qui se publie à Londres, sous le titre de *Prince's Price Current*, le prix des fers en Angleterre était tel qu'il suit, la tonne étant de 1015 kilog., 84 et la livre sterling étant alors au cours de 25 fr. 10 c. :

Prix des fers en Angleterre.

Fers de Russie marqués C.C.N.D. dits *vieux soble*, en barres de 30 kilog., 27 livres sterling la tonne, en entrepôt à Londres, ce qui fait, par q^{al}. mét. . . . 66 fr. 71 c.

Fers de Russie marqués P. S. I. dits *nouveau soble*, 23 liv. sterl. la tonne (*idem*), ce qui fait, par q^{al}. mét. 56 83

Fers de Suède, 17 liv. sterl. la tonne (*idem*), ce qui fait, par q^{al}. mét. 42 "

Fers d'Angleterre en barres, 15 liv. sterl. 10 shillings la tonne, rendue à Londres, ce qui fait, par q^{al}. mét. 37 06

Fers d'Angleterre en barres, dans le port de Cardiff, 14 liv. sterl. la tonne, ce qui fait, par q^{al}. mét. 34 59

Voici quel est aujourd'hui l'état des choses, à l'égard de ces fers étrangers :

Fers
de Russie.

Exemple concernant les fers de Russie.

Sur la fin de l'année 1825, les fers de Russie, nommés *fers de Sibérie*, ou *vieux soble*, portant la marque C. C. N. D., valaient à Saint-Petersbourg, terme moyen, 5 *Roubles* le *Poud* ou poids de 40 livres russes, au change de 107 centimes de France par *Rouble*.

Le *Poud* est évalué dans le commerce à 16 kilog., 33.

Cela posé, le *Poud* vaut 5 fr. 35 c.; ainsi :

Le quintal métrique de ce fer coûte à St.-Petersbourg, prix d'achat. 32 fr. 76 c.

Le fret, de Saint-Petersbourg au Havre. 4 50 par q^{al}. mét.

Assurance, terme moyen, 3 pour 100 du prix d'achat » 98

Commission d'achat, droit de sortie, de quarantaine, droit de Sund, et autres frais, de port au navire, de pesage, etc., 4 pour 100 du prix d'achat 1 31

Droit d'entrée en France, y compris le double décime pour franc, ces fers venant habituellement par navires étrangers. 18 35

TOTAL 57 90

A quoi il faut ajouter, pour frais de transport, du Havre à Paris . . 2 »

d'où l'on voit que les fers de Russie, rendus à Paris, coûtent par q^{al}. mét. 59 fr. 90 c.

C'est 5 fr. 10 c. de moins que ne se vendent, dans cette même capitale, les fers de la Haute-Marne, de 1^{re}. qualité, et même 10 c. de moins que ne s'y vendent ceux de la moindre qualité, que l'on nomme *Demi-Roche*.

L'exportation de fer, dans le port de Saint-Petersbourg, s'est élevée, en l'année 1825, à la quantité de 957.367 *Pouds*, chacun de 16^{kil.} 33, c'est-à-dire à 156.338 quintaux métriques.

De cette quantité, il a été dirigé sur la France 45.703 *Pouds*, équivalant à 7.463 quintaux métriques.

L'année précédente, en 1824, il n'avait été exporté du port de Saint-Petersbourg, à la destination de France, que 29.589 *Pouds*, équivalant à 4.851 quintaux métriques.

Je tiens ces renseignements de M. Rodet, courtier de commerce, qui est l'auteur d'un ouvrage estimé, sur *le Commerce extérieur et l'Entrepôt de Paris* (Paris, 1825).

Exemple concernant les fers de Suède.

Fers
de Suède.

Le prix des fers de Suède varie de 15 à 22 *Rixthaler*, ou Écus, le *Schippund*, ou poids de 133 kilog., 879.

Le prix actuel est de 20 *Rixthaler* le *Schippund*.

Dans ce moment, le change est fixé à 22 *Schellings* de Suède pour 1 fr.; le *Schelling* est la 48^{me}. partie du *Rixthaler*.

Ces renseignements m'ont été communiqués par M. Riant jeune, déjà cité page 376.

(Voyez et comparez *le Traité des arbitrages*, par Tschaggeny. Paris, 1817, page 46.)

Ainsi, le *Schippund* de 133,879 vaut à Stockholm 45 f. 65 c. et demi.

| | |
|---|--------------|
| Le gal. mét. de 100 kilog. vaut donc à très-peu près | 32 fr. 60 c. |
| Le fret, de Stockholm au Havre, coûte.. | 4 50 |
| Assurance, terme moyen, 3 pour 100.. | » 97 |
| Commission d'achat, droit de Sund et autres frais, 4 pour 100. | 1 30 |
| Droit de sortie de l'entrepôt de Stockholm. | 1 » |
| Droit d'entrée en France, y compris le double décime, ces fers venant habituellement par navires étrangers. | 18 35 |
| <hr/> | |
| PRIX total du quintal métrique rendu au Havre. | 58 fr. 72 c. |
| A ce prix il faut ajouter, pour frais de transport, du Havre à Paris. | 2 » |
| <hr/> | |
| TOTAL. | 60 fr. 72 c. |

C'est 4 fr. 28 c. de moins que ne se vend, dans cette même capitale, le quintal métrique de fer de la Haute-Marne, de la 1^{re}. qualité, puisque nous avons vu ci-dessus que ce fer, dit *Roche*, se vend à Paris 65 fr. le quintal métrique.

Exemple concernant les fers d'Angleterre.

Fers d'Angleterre.

En Angleterre, depuis quelques mois, le prix des fers a éprouvé des variations considérables et brusques (Janvier 1826). Ce prix a flotté incertain entre 7 et 16 *livres sterling* par *tonne* du poids de 1015,84. Dans le mois d'Octobre 1825, le prix s'était abaissé subitement, à Birmingham, de 14 *livres* à 10 *livres sterling*, et l'on s'attendait encore à une baisse ultérieure de 2 *livres sterling*, ce qui occasionna une violente commotion dans les manufactures

où l'on emploie ce métal (*voyez le Journal de l'Étoile, du 1^{er}. Novembre 1825*). Mais en ce moment (Janvier 1826), le prix des fers remonte en Angleterre. Le cours paraît vouloir s'en établir de 11 à 11 *liv. sterl.*, 10 *shillings* la *tonne*. Cependant, les fers anglais, en grosses barres, ne valent à Cardiff que 10 *liv. sterl.* la *tonne*.

La *livre sterling* vaut au cours actuel du change 25 fr. 15 c.; ainsi :

| | |
|---|---------------|
| La <i>tonne</i> à 10 <i>liv. sterl.</i> coûte à Cardiff. | 251 fr. 50 c. |
| ce qui porte le prix du gal. mét. à 24 fr. 75 c. | |
| Fret de la <i>tonne</i> , prix moyen, de Cardiff au Havre. | 35 » |
| Assurance à 1 3/4 pour 100. | 4 40 |
| Commission d'achat, d'expédition et autres frais, à 2 pour 100. | 5 3 |
| Droit d'entrée par navires français, à raison de 27 fr. 50 cent. par gal. mét., y compris le décime pour franc; ci pour la <i>tonne</i> | 279 35 |
| (Par navires étrangers, il y a un second décime en sus. <i>Voyez le Supplément à ce Mémoire</i> , page 449.) | |

TOTAL par *tonne* de 1015,84. 575 fr. 28 c.

Il en résulte que le quintal métrique de fer anglais, rendu au Havre, y coûte. . . 56 fr. 63 c.

A quoi il faut ajouter, pour transport, du Havre à Paris. 2

TOTAL. 58 fr. 63 c.

Ainsi, le quintal métrique de fer anglais, qui est en général fabriqué à la houille, coûte à Paris 2 fr. 63 cent. de plus que le fer affiné à la houille dans l'usine de Charenton près Paris, et 1 fr. 27 c. de moins que le fer affiné à la houille dans l'usine de Fourchambault; ce dernier se distingue par une fabrication très-soignée,

et comme il provient de fonte au charbon de bois, il est généralement préféré, en France, aux fers anglais, qui ne sont fabriqués qu'avec de la fonte obtenue par le moyen de la houille.

Des faits qui viennent d'être exposés, on peut conclure ce qui suit :

1°. Les droits d'entrée, qui sont établis sur les fers étrangers par la loi de 1822, ont permis et favorisé le développement de l'industrie dans les forges françaises.

2°. Le maintien de ces droits paraît nécessaire pour la conservation des nombreuses forges qui existent en France, soit au charbon de bois, soit à la houille.

3°. Ces droits d'entrée ne sont pas excessifs, puisqu'ils ne font, ainsi qu'on vient de le voir, que rétablir l'équilibre entre les forges étrangères et les forges françaises.

Mais, dira-t-on, les nombreux consommateurs de fer, l'agriculture et l'industrie manufacturière se plaignent du renchérissement continu de ce métal! N'est-ce pas la cupidité des maîtres de forge français qu'il faut en accuser? Les mêmes fers de Champagne (1^{re} qualité, dite *Roche*), qui, en Juillet 1821, coûtaient à Joinville, 43 fr. } les
 en Juillet 1822, coûtèrent. 49 } 104
 en Juillet 1825. 53 } kilog.
 ils coûtent aujourd'hui. 60 }

Les mêmes fers de Franche-Comté et d'Alsace, 1^{re} qualité, qui en Juillet 1822 coûtaient 55 fr. le q^{al} mét., coûtent aujourd'hui de 70 à 76 francs! Quel sera donc, disent les consommateurs, le terme de ce renchérissement ruineux?

Pour apprécier ces plaintes, essayons, par un exemple, d'établir le prix auquel on peut ad-

mettre, d'après un terme moyen, que revient, dans une forge de la Haute-Saône, la production d'un quintal métrique de fer fabriqué au charbon de bois et au marteau.

Exemple indicatif du prix de fabrication d'un quintal métrique de fer en grosses barres, de première qualité, obtenu de la fonte, dans le département de la Haute-Saône, par le moyen du charbon de bois et du marteau.

Soit une usine composée d'un haut-fourneau, produisant par année 4.500 quintaux métriques de fonte, et de deux feux d'affinerie dans lesquels il en résulte 3.000 quintaux métriques de fer en grosses barres.

Prix de fabrication du fer, au charbon de bois.

Voici quels sont les divers élémens du prix de ce fer :

Minerais;

Le prix moyen de 10 quintaux métriques de minerais, soit en roche, soit en grains, provenant tant des mines que des minières, et donnant 30 pour 100 en fonte brute, est tel qu'il suit :

Minerais en roche. . . . » fr. 50 c. le quint. mét.
 Minerais en grains. . . . 1 50.

Le mélange habituel est de $\frac{1}{15}$ de minerais en roche avec $\frac{14}{15}$ de minerais en grains.

Pour 1 quintal $\frac{1}{2}$ de fonte, qui doit donner 1 quintal de fer, il faut 5 quintaux de ces minerais mêlés, et par conséquent 15.000 quintaux en tout, savoir :

1.000 q^x. de minerais en roche, coûtant en totalité 500 fr.
 14.000 de minerais en grains, lavés ————— 21.000

Tot. 15.000 q^x. ————— 21.500 fr.

d'où, par quintal de fer fabriqué 7 fr. 16 c.

Fondans, dits *Castine* ou *Erbue*;

Il faut environ 3.000 quint. de ces pierres ou terres, à 20 centimes le quint. métrique;

ci, pour chacun des 3.000 quintaux de fer fabriqués. » 20

Transport des minerais et fondans,

à 2 lieues, terme moyen, à raison de 25 centimes par quintal métrique et par lieue, prix ordinaire, vu la difficulté des chemins de traverse, le prix réel étant de 2 fr. 50 c. par lieue, pour 10 quintaux métriques;

Pour 18.000 quintaux à transporter, ci, par quintal métrique de fer fabriqué. 3 »

Charbon de bois,

tant pour le haut-fourneau, que pour les deux feux d'affinerie. Il faut communément, en poids, 1 partie $\frac{1}{2}$ de charbon de bois pour 1 partie de fonte obtenue, et 1 partie $\frac{3}{4}$ de charbon de bois, pour 1 partie de fer obtenu de la fonte, ce qui fait en total 4 parties de charbon de bois pour 1 partie de fer obtenue du minerai (1 de fer exigeant 1 $\frac{1}{2}$ de fonte).

La corde charbonnière des forges, de 80 pieds cubes, donnant 22 pieds cubes $\frac{1}{2}$ de charbon, coûte 12 fr. pour l'achat du bois, d'après le prix des adjudications de coupe; ce prix s'est élevé, pour l'ordinaire 1826, jusqu'à 1168 francs par hectare.

22 pieds cubes $\frac{1}{2}$ de charbon de bois mêlé, de chêne et de hêtre, font un poids de 1 quintal $\frac{1}{2}$ de charbon.

Pour 4 quintaux métriques de charbon, il faut 2 cordes $\frac{2}{3}$ de bois;

A reporter. 10 fr. 36 c.

Report. 10 fr. 36 c.

ci, pour chaque quintal métrique de fer fabriqué. 32 »

Abattage du bois et transport,

pour mémoire, attendu que cette dépense est compensée par la valeur des fagots et bourrées obtenus; ci. (*Mémoire.*)

Dressage et charbonnage,

tout compris, par corde 55 centimes; ci, pour 2 cordes $\frac{2}{3}$, par quintal métrique de fer fabriqué. 1 46

Transport du charbon à l'usine,

à raison de 1 fr. 50 c. pour la quantité de charbon, dite 2 *cuveaux* $\frac{1}{2}$ *combles* (chacun de 9 pieds cubes), laquelle résulte d'une corde de bois;

ci, pour 2 cordes $\frac{2}{3}$, par quintal mét. de fer fabriqué. 4 »

Ouvriers pour le haut-fourneau,

Fondeur à 60 fr. par mois, sous-fondeur à 30 fr., chargeur à 30 fr., casseur de *castine* à 15 fr., bocardeur de crasses à 15 fr., le tout ensemble faisant 1800 francs;

ci, par quintal de fer fabriqué 1 66

Ouvriers pour les feux d'affinerie,

Forgerons à raison de 20 fr. par millier métrique, à prix fait;

ci, par quintal de fer fabriqué. 2 »

Frais de régie et de bureaux,

à raison de 5.400 fr. pour 4 employés ou écrivains;

ci, par quintal de fer fabriqué. 1 80

A reporter. 55 fr. 28 c.

Entretien de l'usine,
du cours d'eau et des chemins; contribu-
tions, etc ,

à raison de 6.000 fr. pour le tout ;

ci, par quintal de fer fabriqué. 2 »

Intérêt de la valeur actuelle d'un
tel établissement ,

à raison d'un capital de 200.000 fr. qu'il
représente, capital dont la rente, à 5 pour
100, est de 10.000 fr. ;

ci, par quintal de fer fabriqué. 3 33

Intérêt d'un fonds de roulement
annuel d'environ 160.000 fr., savoir :

Pour achat de minerais sur
les mines et minières. 21.500 fr.

Pour achats de fondans, dits
Castine ou *Erbue*. 600

Pour transport des minerais
et fondans. 9.000

Pour achat de bois. 96.000

Pour dressage et charbonnage. 4.380

Pour transport du charbon à
l'usine. 12.000

Pour salaires d'ouvriers. 10.980

Pour frais de régie et de bu-
reaux. 5.400

TOTAL 159.860 fr.

ci, pour intérêt à 6 pour 100 de ce fonds,

intérêt du commerce, en total 9.600 fr. ,

par quintal de fer fabriqué. 3 20

TOTAL. 61 fr. 81 c.

Bénéfice de l'industrie ,

à 12 pour 100 du prix de fabrication ci-
dessus d'un quintal métrique de fer, qui est
de 61 fr. 81 c. ;

ci, par quintal métrique de fer obtenu. 7 41

TOTAL. 69 fr. 22 c.

Cet exemple fait voir quels sont les élémens et les causes du prix auquel s'est élevé le fer dans le département de la Haute-Saône. Comme la plupart des dépenses admises dans ce calcul approximatif tendent journellement à s'accroître, il ne paraît pas surprenant que le prix du fer s'élève de 70 à 76 fr. le quintal métrique. La cause principale du renchérissement du fer consiste dans le renchérissement du bois. En effet, des renseignemens que j'ai puisés à l'Administration générale des Forêts, il résulte que le prix de l'hectare de bois en coupe, qui pour l'ordinaire 1826 s'est élevé à 1168 francs, n'avait été, pour l'ordinaire 1825, que de 649 francs. La différence en plus, pour 1826, est de 519 francs.

Un habile maître de forge, M. Muel-Doublat, annonce qu'en Champagne, la corde de bois, cubant 42 pieds, qui en 1819, 1820 et 1821 coûtait 3 fr. à 3 fr. 50 c., se vend aujourd'hui 9 à 10 fr., ce qui élève la corde de 80 pieds cubes au prix de 18 fr., nombre supérieur à celui qu'admet notre calcul. (12 fr. *Voy.* p. 388.)

On voit donc que, si le prix de l'hectare de bois était encore tel qu'il fut pour l'ordinaire 1825, la dépense portée ci-dessus à 32 fr. pour charbon de bois se réduirait à 17 fr. 78 c., et que par conséquent le prix de fabrication du quintal de fer serait réduit, sans l'intérêt à 12 pour 100, à 48 fr. 39 c., et avec cet intérêt, à 53 fr. 85 c., ce qui était effectivement le prix des dernières années, puisqu'alors ce prix se tenait de 50 à 55 fr. De là, il faut conclure que tel consommateur de fer, qui se plaint de la cupidité des maîtres de forge, se plaint réellement de la sienne même, s'il est propriétaire de bois.

Tout ce que l'on pourrait reprocher, avec quelque apparence de fondement, aux maîtres de forge français, ce serait de calculer, d'après le prix élevé des bois vendus pour l'ordinaire 1826, le prix des fers qu'ils fabriquent et vendent aujourd'hui, tandis que ces fers sont réellement fabriqués avec des bois achetés au prix inférieur, de l'ordinaire 1825; mais à cet égard, les maîtres de forge ne font qu'user du droit de tout fabricant et de tout commerçant, en profitant de la hausse du prix de leur marchandise; c'est avec raison qu'ils profitent de ce droit, au moment même de la hausse des matières premières qu'ils emploient, puisque, si le bois pour l'ordinaire 1827 venait à baisser de prix, ce qui diminuerait tout-à-coup le prix des fers, les maîtres de forge se verraient contraints de vendre au prix de la baisse les fers qu'ils auraient fabriqués avec des bois achetés au prix de la hausse; car, il est bien certain qu'alors les consommateurs ne viendraient pas les indemniser de leurs pertes. Si d'un autre côté, l'on reproche aux maîtres de forge d'avoir quelque intérêt à ce que le prix des matières premières qu'ils emploient se tienne élevé, parce qu'il en résulte que le prix de leur marchandise l'est aussi, et que par conséquent leur bénéfice, calculé à 12 pour 100 du prix de fabrication, s'accroît proportionnellement, on peut répondre qu'ils ne font à cet égard qu'user du droit de tout fabricant, de tout commerçant, dont le profit s'accroît à mesure qu'il emploie de plus grands capitaux, et qu'il court ainsi plus de risques.

Essayons maintenant d'établir, par des exemples analogues, les prix auxquels on peut ad-

mettre que revient la fabrication d'un quintal métrique de fonte de fer, soit par le moyen du charbon de bois, soit par le moyen de la houille carbonisée, dite *Coke*, et d'un quintal métrique de fer en grosses barres, soit par le moyen de la houille et du laminoir, soit par le moyen des forges catalanes.

Exemple indicatif du prix de fabrication d'un quintal métrique de fonte de fer, de première qualité, par le moyen du charbon de bois, dans le département de la Haute-Saône.

Soit une usine composée de deux hauts-fourneaux, produisant chacun par année 4.500 quintaux métriques de fonte, ce qui est à-peu-près le terme moyen du produit des hauts-fourneaux de toute la France, ainsi qu'on l'a déjà vu page 347.

Voici quels sont les élémens du prix de cette fonte :

Minerais ,

D'après les données ci-dessus exposées, dans l'exemple relatif à la fabrication du fer, pour 1 quintal métrique de fonte, il faut 3, q^r. 3 de minerais mêlés; ainsi, pour les 9.000 quintaux de fonte; à-peu-près 30.000 quintaux de minerais, savoir :

| | |
|--|-------------|
| 2.000 q ^r . de minerais en roche, à 50 centimes. . . | 1.000 fr. |
| 28.000 q ^r . de minerais en grains, lavés, à 1 f. 50 c. | 42.000 |
| <hr/> | |
| Tot. 30.000 q ^r . mét. de minerais, valant. | 45.000 fr. |
| ci, par quintal de fonte obtenu. | 4 fr. 77 c. |
| Fondans, dits <i>Castine</i> ou <i>Erbue</i>; | |
| Pour 6.000 quintaux, à 20 c. le quintal; | |
| ci, par quintal de fonte. | » 13 |
| | <hr/> |
| <i>A reporter.</i> | 4 fr. 90 c. |

Prix de fabrication de la fonte, au charbon de bois.

| | | |
|---|----------------|---------------------------------|
| | <i>Report.</i> | 4 fr. 90 c. |
| Transport des minerais et fondans, à 2 lieues, terme moyen ; Pour 36.000 quintaux à transporter, à raison de 25 c. par quintal métrique et par lieue ; ci, par quintal de fonte. | 2 | » |
| Charbon de bois ; Pour 1 quintal 1/2 de charbon, provenant d'une corde de bois, de 80 pieds cubes, qui coûte 12 fr. pour l'achat ; ci, par quintal de fonte obtenu. | 12 | » |
| Abattage du bois et transport, pour mémoire. (<i>Voyez ci-dessus</i> , p. 389.) | | |
| Dressage et charbonnage, Par corde 55 centimes ; ci, par chaque quintal de fonte. | » | 55 |
| Transport du charbon à l'usine, par corde 1 fr. 50 c. ; ci, par quintal de fonte. | 1 | 50 |
| Ouvriers ; Fondeurs, sous-fondeurs et aides, pour les deux hauts-fourneaux, à raison de 3.600 fr. pour le tout ; ci, par quintal de fonte. | » | 40 |
| Frais de régie et de bureaux, à raison de 5.400 fr. en tout, pour les 2 hauts-fourneaux ; ci, par quintal de fonte. | » | 60 |
| | | <i>A reporter.</i> 21 fr. 95 c. |

| | | |
|---|----------------|--------------|
| | <i>Report.</i> | 21 fr. 95 c. |
| Entretien de l'usine, du cours d'eau et des chemins ; contribu- tions, etc. , à raison de 6.000 fr. pour le tout ; ci, par quintal de fonte. | » | 66 |
| Intérêt de la valeur actuelle d'un tel établissement, à raison de 200.000 fr. , capital dont la rente, à 5 pour 100 , est de 10.000 fr. ; ci, par quintal de fonte. | 1 | 11 |
| Intérêt d'un fonds de roulement annuel d'environ 200.000 fr., savoir : | | |
| Pour achat de minerais. | | 43.000 fr. |
| Pour achat de fondans, dits <i>Castine</i> | | 1.200 |
| Pour transport des minerais et fondans. | | 18.000 |
| Pour achat de bois. | | 108.000 |
| Pour dressage et charbonnage. | | 4.950 |
| Pour transport du charbon. | | 13.500 |
| Pour ouvriers des hauts-four- neaux. | | 3.600 |
| Pour frais de régie et de bu- reaux. | | 5.400 |
| TOTAL. | | 197.650 fr. |
| Pour intérêt à 6 pour 100 de ce fonds, intérêt du commerce, en total 12.000 fr. ; ci, par quintal de fonte. | 1 | 53 |
| TOTAL. | | 25 fr. 05 c. |
| Bénéfice de l'industrie, à 12 pour 100 du prix de fabrication ci- dessus d'un qal. de fonte, qui est de 25 fr. 5c. ; ci, par quintal métrique de fonte. | 3 | » |
| TOTAL. | | 28 fr. 05 c. |

Il sera facile d'appliquer à cet exemple les réflexions qui ont été présentées ci-dessus, au sujet de l'exemple relatif à la fabrication du fer par le moyen du charbon de bois et du marteau.

Exemple indicatif du prix de fabrication d'un quintal métrique de fonte, par le moyen de la houille, dans le département de l'Isère, à Vienne.

Prix de fabrication de la fonte, au Coke.

Soit un haut-fourneau produisant par année 15.000 quint. mét. de fonte blanche pour fer.

Voici les éléments du prix de cette fonte :

Minerais ;

Provenant de la Voulte (Ardèche), de Villebois (Ain), d'Autrey (Haute-Saône), et des houillères de la Loire ;

Il faut 4 parties de minerais bruts pour obtenir 3 parties de minerais préparés par le grillage au Coke, ce qui produit une partie de fonte ;

On peut estimer les minerais bruts à 75 c. le qal. m., d'où pour les 4 quintaux 3 fr. »

Par quintal de minerais préparés, il faut $\frac{1}{4}$ de quintal de Coke provenant de $\frac{1}{2}$ qal. de houille, laquelle coûte sur le lieu 1 fr. 50 c. le qal. mét. ;

Ainsi, pour 3 quintaux de minerais préparés, houille 2 25

Par quintal de minerais préparés, on peut compter environ 25 centimes de main-d'œuvre pour le grillage ;

Ainsi, pour 3 quintaux de minerais préparés, main-d'œuvre. » 75

TOTAL. 6 fr. » c.

d'où le quintal de minerais préparés revient à 2 francs ;

ci, pour 3 qx., par quintal de fonte. 6 fr. »

A reporter. 6 fr. »

Report. 6 fr. » c.

Fondans, dits Castine ou Erbue ;

Il faut 1 quintal de Castine pour 4 quintaux de ces minerais préparés dont on emploie 45.000 quintaux ;

Il faut donc 11.250 quintaux de Castine ; c'est par quintal de fonte obtenu $\frac{3}{4}$ de quintal de Castine, à 20 c. le quintal ;

ci, par quintal de fonte. » 15

Transport des minerais bruts et fondans,

à raison de 25 c. par quintal métrique ;

Pour 71.500 qx. à transporter, savoir :

Minerais bruts . . . 60.000 qx.

Fondans 11.500

TOTAL 71.500 qx.,

dont le quart est 17.875 ;

ci, par quintal de fonte. 1 19

Houille ;

Il faut 5 parties de houille brute, donnant 2 parties $\frac{1}{2}$ de Coke, pour obtenir une partie de fonte blanche pour fer ;

Le quintal de houille coûte à St.-Étienne 60 c., à Rive-de-Gier 1 fr. ; l'un ou l'autre, rendu à l'usine, revient à 1 fr. 50 c.

Ainsi, le quintal métrique de Coke coûte 3 fr. dans l'usine, prix d'achat, sans la préparation qui sera comptée à l'article des ouvriers ;

Il faut 37.500 quintaux mét. de Coke ;
ci, par quintal de fonte. 7 50

Ouvriers,

Fondeurs, préparateurs de Coke pour le

A reporter. 14 fr. 84 c.

Report. 14 fr. 84 c.

haut-fourneau, et aides, à raison de 5.000 fr. de salaires en tout ;
 ci, par quintal de fonte..... » 20

Frais de régie et de bureaux,
 à raison de 5.000 fr. pour le tout ;
 ci, par quintal de fonte..... » 55

Entretien de l'usine, contributions, etc.,
 à raison de 10.000 francs pour le tout ;
 ci, par quintal de fonte..... » 66

Intérêt de la valeur actuelle d'un tel établissement,
 à raison de 500.000 fr., capital dont la rente, à 5 pour 100, est de 25.000 fr. ;
 ci, par quintal de fonte..... 1 66

Intérêt d'un fonds de roulement annuel de 230.625 fr., savoir :

| | |
|---|------------|
| Pour minerais préparés... | 90.000 fr. |
| Pour achat de fondans... | 2.250 |
| Pour transport des minerais et fondans... | 17.875 |
| Pour houille et Coke... | 12.500 |
| Pour salaires d'ouvriers... | 3.000 |
| Pour frais de régie et de bureaux... | 5.000 |

TOTAL 230.625 fr.

Intérêt à 6 pour 100 de ce fonds, intérêt du commerce, en total 13.800 fr. ;
 ci, par quintal de fonte. » 92

A reporter. . 18 fr. 61 c.

Report. 18 fr. 61 c.

Bénéfice de l'industrie,
 à 12 pour 100 du prix de fabrication d'un quintal métrique de fonte à la houille, qui est de 18 fr. 61 c. ;
 ci, par quintal de fonte..... 2 22

TOTAL 20 85

Exemple indicatif du prix de fabrication d'un quintal métrique de fer en grosses barres, de première qualité, fabriqué à la houille et au laminoir, dans le département de la Nièvre.

Soit une usine dans laquelle on fabrique annuellement 48.000 quintaux métriques de fer, telle que l'usine de Fourchambault. (*Voyez le Tableau n°. 3, page 360.*)

Prix de fabrication du fer, à la houille.

Voici quels sont les élémens du prix de ce fer.

Achat de Fonte de fer,
 de 1^{re}. qualité, de Franche-Comté ou de Berry, à 29 fr. le quintal mét. rendu à l'usine,
 à raison de 1.350 parties de fonte pour 1.000 de fer obtenu, ce qui, pour 64.800 qx. mét. de fonte, valant 1.879.200 fr., fait par quintal de fer fabriqué. 39 fr. 15 c.

Houille,
 de St. Étienne, à 3 fr. le quintal mét. rendu à l'usine, en total 115.200 quintaux, valant 345.600 francs,
 à raison de 2 parties $\frac{4}{10}$ de houille pour 1 partie de fer, ainsi qu'on va le voir :

Report. 39 fr. 15 c.

Report. 39 fr. 15 c.

Pour 10 quintaux métriques de fer obtenus à la houille, on consomme :

Dans la préparation dite *finage* de la fonte. 4 hect. de houille.

Dans la première opération des cylindres, dite *pudlage*. . . 17

Dans l'opération ultérieure, dite *laminage*. 8

Pour la machine à vapeur, qui procure le mouvement aux cylindres. 3

TOTAL 32 hectolitres,

dont chacun pèse 75 kilogrammes = $\frac{3}{4}$ de quintal métrique de houille, ce qui fait, par quintal métrique de fer obtenu, $2,9^{\frac{3}{4}}$ de houille consommés, ci. 7 20 c.

Ouvriers,

pour les machines, le *finage*, le *pudlage* et *laminage*,

à 2 fr. 50 c. par quintal métr., savoir :

Pour le *pudlage* seul. 1 fr. 25 c.

Pour le reste 1 25

TOTAL 2 50 c. ;

ci, par quintal de fer. 2 50

Frais de régie et de bureaux,

à raison de 24.000 fr. pour tout l'établissement ;

ci, par quintal de fer. » 50

A reporter. 49 fr. 35 c.

Report. 49 fr. 35 c.

Entretien de l'usine et des machines, contributions, etc.,

à raison de 12.000 fr. pour le tout ;

ci, par quintal de fer. » 25

Intérêt de la valeur d'un tel établissement,

à raison de 960.000 fr., capital dont la rente, à 5 pour 100, est de 48.000 fr. ;

ci, par quintal de fer. 1 »

Intérêt d'un fonds de roulement annuel, d'environ 2.400.000 fr., savoir :

Pour achat de fonte. 1.879.200 fr.

Pour achat de houille. 545.600

Pour ouvriers. 120.000

Pour frais de régie. 24.000

TOTAL 2.368.800 fr.

Pour intérêt à 6 pour 100 de ce fonds, intérêt du commerce, en total 142.200 fr. ;

ci, par quintal de fer 2 96

TOTAL 53 56

Bénéfice de l'industrie,

à 12 pour 100 du prix de fabrication d'un quintal métrique de fer à la houille, qui est de 53 fr. 56 c. ;

ci, par quintal de fer. 6 42

TOTAL 59 fr. 98 c.

Cet exemple explique, par un calcul suffisam-

Tome XIII, 5^e livr.

ment approximatif, pourquoi le prix d'un quintal métrique de fer fabriqué à la houille s'élève à 60 fr. dans l'usine que nous venons de considérer. Ce haut prix dépend principalement de trois causes que voici : la première est le renchérissement, ci-dessus expliqué, de la fonte de fer obtenue par le moyen du charbon de bois ; la seconde cause est le prix du transport de la houille qui, ne coûtant sur les mines du département de la Loire que 60 à 75 centimes, revient, rendue à l'usine de Fourchambault, à 3 fr. le quintal métrique. La troisième cause consiste en ce que, vu la nécessité où l'on s'est trouvé de tirer à grands frais des ouvriers de l'Angleterre, qui se font chèrement payer, et de former à grands frais des ouvriers français, la main-d'œuvre, pour l'affinage à la houille et l'étirage au laminoir, coûte jusqu'à présent plus cher que la fabrication au charbon de bois, quand on ne veut livrer au commerce que des fers laminés avec une grande précision, comme le fait l'usine de Fourchambault. Ces trois inconvéniens doivent diminuer avec le temps, à mesure que la fonte de fer sera obtenue plus abondamment en France, et à meilleur marché, par le moyen de la houille, à mesure que les communications, et principalement la navigation sur la Loire, seront rendues plus faciles et moins coûteuses, enfin, à mesure que le nouveau procédé d'affinage à la houille et d'étirage au laminoir sera plus complètement naturalisé en France.

Exemple indicatif du prix de fabrication d'un quintal métrique de fer, de première qualité, en grosses barres, obtenu directement du minerai dans les forges catalanes, par le moyen du charbon de bois et du marteau.

Soit une forge produisant 1.000 quintaux métriques de fer par année.

Voici quels sont les élémens du prix de ce fer :

Minerais ;

Il faut 4 quintaux métriques de minerais bruts, qui se réduisent à 3 quintaux de minerais préparés, pour obtenir 1 qal. de fer, à raison de 1 fr. le qal. de minerais bruts ;

ci, pour un quintal de fer fabriqué. 4 »

Transport des minerais à l'usine, et préparation,

à raison de 1 fr. par qal. de minerais bruts ;

ci, par quintal de fer. 4 »

Charbon de bois ;

Il faut, terme moyen, 3 parties $\frac{3}{4}$ de charbon de bois, pour 1 partie de fer, en tout 2 cordes $\frac{1}{2}$ de bois, à 12 fr. prix d'achat, en supposant le même prix que page 50 ;

ci, par quintal de fer. 30 »

Abattage du bois et transport,

Pour mémoire. (*Voyez ci-dessus, page 389.*) » »

Dressage et charbonnage,

à raison de 50 c. par corde ;

ci, par quintal de fer. 1 25

Transport du charbon à l'usine,

à raison de 1 fr. par quintal de fer,

ci. 3 75

A reporter. 43 fr. 00 c.
26.

Prix de fabrication du fer, dans les forges catalanes.

Report. 43 fr. 00 c.

| | | |
|--|---------------|------------|
| Ouvriers , | | |
| Forgerons et aides, tout compris, | | |
| à raison de 6 fr. 10 c. par qal. de fer, ci. | 6 | 10 |
| Frais de régie et de bureaux , | | |
| à raison de 1.500 fr. par an pour toute l'usine ; | | |
| ci, par quintal de fer. | 1 | 50 |
| Entretien de l'usine et contributions, etc. | | |
| à raison de 2.000 fr. par an, pour le tout ; | | |
| ci, par quintal de fer. | 2 | » |
| Intérêt de la valeur actuelle d'un tel établissement , | | |
| à raison de 50.000 fr., capital dont la rente, à 5 pour 100, est de 2.500 francs ; | | |
| ci, par quintal de fer. | 2 | 50 |
| Intérêt d'un fonds de roulement annuel de 50.600 fr., savoir : | | |
| Pour achat de minerais. | 4.000 | fr. |
| Pour transport des minerais. | 4.000 | |
| Pour achat de bois. | 30.000 | |
| Pour dressage et charbonnage. | 1.250 | |
| Pour transport du charbon. | 3.750 | |
| Pour salaires d'ouvriers. | 6.100 | |
| Pour frais de régie et de bureaux. | 1.500 | |
| TOTAL. | 50.600 | fr. |

A reporter. 55 fr. 10 c.

Report. 55 fr. 10 c.

| | | |
|---|-----------|------------------|
| Pour intérêt à 6 pour 100 de ce fonds, en total 3.056 fr. | | |
| ci, par quintal de fer. | 3 | 03 |
| TOTAL. | 58 | fr. 13 c. |
| Bénéfice de l'industrie , | | |
| à 12 pour 100 du prix de fabrication d'un quintal métrique de fer des forges catalanes, qui est de 58 fr. 13 c., si le prix des bois, dans le midi de la France, est le même qu'à l'est du Royaume (<i>voyez pag. 388 et 391</i>) ; | | |
| ci, par quintal de fer. | 6 | 96 |
| TOTAL. | 65 | fr. 09 c. |

Revenons maintenant sur les plaintes sus-mentionnées, des consommateurs de fer; essayons d'apprécier ces plaintes d'après les faits qui viennent d'être exposés, et pour cela, considérons les forges de la France dans leurs rapports avec les forêts du Royaume. Tel est l'objet des calculs suivans, dont il ne sera pas inutile de consigner ici les données, en même temps que les résultats.

L'étendue totale des forêts de la France est de 6.521.470 Hectares.
(*Voyez Mémoires des forêts, par M. Herbin de Halles. Paris, 1825, p. 10.*)

Ces forêts sont possédées, savoir :

| | Hectares. |
|--|-----------|
| Par le Domaine de l'État, pour | 1.122.096 |
| — les Communes et Etablissements publics | 1.903.492 |
| — le Domaine de la Couronne | 65.969 |
| — les Princes de la famille royale | 192.396 |
| — les Particuliers | 3.237.517 |

TOTAL comme ci-dessus. . 6.521.470

A reporter. 6.521.470

Report. 6.521.470

La quinzième partie de cette étendue totale consiste en futaie, ci un quinzième à soustraire. 434.764

RESTE. 6.086.706

Le quart des bois des communes et établissemens publics est mis en réserve, ci, pour le quart de 1.903.492 hectares, à soustraire. . . 475.873

RESTE en bois susceptible de coupe annuelle. 5.610.833

Coupe annuelle des forêts.

Si l'on suppose le bois coupé à vingt ans, terme moyen, ce reste (5.610.833) donne à couper par année 280.541 hectares.

On peut admettre, à ce qu'il paraît, d'après les renseignemens qu'il m'a été possible de recueillir, que :

Un quart de cette étendue consiste en forêts de bonne qualité, qui donnent par hectare, en cordes de 80 pieds cubes, usitées dans les forges (et contenant chacune, en stères ou mètres cubes, 2^{st.} 74218). 70 cordes.

Un quart de qualité inférieure. . . 35

Un quart de médiocre qualité. . . 20

Un quart de mauvaise qualité. . . 15

On peut également supposer toute autre combinaison, analogue à ce terme moyen. Ainsi, la totalité de la coupe annuelle ci-dessus peut être considérée comme fournissant par hectare 35 cor-

des de 80 pieds cubes, qui équivalent à 22 cordes forestières, de 128 pieds cubes, d'où l'on voit que le produit annuel des coupes peut être estimé à 9.804.928 cordes de 80 pieds cubes, qui représentent 6.163.097 cordes forestières, de 128 pieds cubes (ces dernières contenant chacune en stères ou mètres cubes, 4^{st.} 3875).

Ce total de coupe annuelle s'accorde assez bien avec le terme moyen des évaluations publiées dans plusieurs ouvrages de Statistique, pour une époque où la France possédait plusieurs départemens, riches en forêts, qui n'en font plus partie.

(Voyez *Statistique élémentaire de la France*, par Peuchet. Paris 1805, pages 302 et 380.)

Or, nous avons déjà vu que chaque corde de 80 pieds cubes fournit un quintal métrique et demi, de charbon de bois;

Bois employé pour les usines.

De plus, nous savons que :

1°. Pour obtenir 1.561.402 quintaux métriques de fonte de fer, par le charbon de bois, produit annuel de la France, il faut en charbon de bois mêlés, à raison de 1 partie $\frac{1}{2}$ de charbon pour 1 de fonte obtenue. 2.342.103 qx. mét.

2°. Pour obtenir 569.540 quintaux métriques de fer fabriqué avec la fonte, par le charbon de bois, produit annuel de la France, il faut en charbon de bois mêlés, à raison de 1 partie $\frac{3}{4}$ de charbon pour 1 de fer obtenu. 996.695

3°. Pour obtenir 93.470 quintaux métriques de fer, produit annuel de la France, provenant directement du minerai dans les forges catalanes, au moyen du charbon de bois, il faut en

A reporter. 3.338.798 qx. mét.

Report. 3.338.798 qx. mét.

charbon de bois mêlés, à raison de 3
parties $\frac{3}{4}$ pour 1 de fer obtenu. 350.512

TOTAL du charbon de bois, néces-
saire au service des hauts-fourneaux
et forges de la France. 3.689.310 qx. mét.

Ce total exige 2.462.207 cordes de bois, de
80 pieds cubes.

Ainsi, l'on est porté à estimer que l'activité
des usines à fer, considérées seulement quant à
la production de la fonte brute, et du fer forgé
en grosses barres, obtenus par le moyen du char-
bon de bois, absorbe annuellement le quart du
produit des coupes de bois de toute la France ;
cette activité procure par conséquent à l'ensem-
ble des propriétaires de bois le quart du revenu
net qui provient de ce genre de propriété.

Revenu net
des forêts.

D'après le budget de 1826 (*Loi du 13 Juin 1825, Bul.*
n^o. 42, p. 413 et 422, Etat E), le revenu des forêts du
Domaine de l'État est estimé, sans compter quelques pro-
duits accessoires, à 20.800.000 fr.
et les dépenses de l'Administration des
Forêts à. 3.559.000

Différence, ou revenu net des forêts du
Domaine de l'État. 17.241.000

Si l'on estime sur le même pied, mais
proportionnellement à l'étendue, le reve-
nu brut, et ensuite le revenu net des forêts
du Domaine de la Couronne, qui ainsi que
celles de l'État ne sont point passibles de
la contribution foncière, on trouve que,
pour une étendue de 65.969 hectares, les

A reporter. 17.241.000

Report. 17.241.000 fr.

forêts du Domaine de la Couronne peuvent
procurer un revenu brut de 1.222.683 fr.
et supporter une dépense de 209.208

d'où peut résulter un re-
venu net de. 1.013.475,ci 1.013.475

Quant au surplus des forêts, qui est passi-
ble de la contribution foncière, l'étendue to-
tale est de 5.333.405 hect. Si l'on en calcule
le revenu brut d'après celui des forêts de
l'État, on trouve que :

Le revenu brut des forêts imposables est
de 98.863.756 fr.

d'où à soustraire un tiers
pour contribution foncière,
frais de garde et d'aména-
gement, ci. 32.954.585

RESTE en revenu net des
forêts imposables. 65.909.171,ci 65.909.171

Ce dernier nombre est suffisamment
d'accord avec le *Mémorial statistique des*
forêts du Royaume, pour 1825, qui évalue
le revenu net des bois taillis, imposables, du
Royaume à 64.707.485 fr., pour une éten-
due de 5.179,041 hectares.

Ainsi, le revenu net de toutes les forêts
du Royaume peut être évalué à 84.163.646 fr.

L'activité des usines à fer, considérées comme
il a été dit, procure donc annuellement à l'en-
semble des propriétaires de ces forêts un revenu
net qui est le quart de cette somme, c'est-à-dire
21.040.911 fr.

Voyons maintenant quel revenu net on peut
estimer que ces mêmes usines à fer procurent
annuellement aux propriétaires ou aux entre-
Revenu net
des usines à
fer.

preneurs de ces établissemens, tant pour la valeur de la propriété foncière, que pour l'industrie de *maitre de forge*, en faisant abstraction, pour le moment, des capitaux qui s'y appliquent; car il ne faut pas confondre ces quatre qualités, de propriétaire d'une usine à fer, de capitaliste, d'entrepreneur ou *maitre de forge*, et de propriétaire de forêts, quatre qualités qui peuvent être ou réunies dans une même personne, comme elles le sont quelquefois, ou divisées entre plusieurs, comme cela se voit le plus souvent.

D'après les faits ci-dessus exposés par des exemples, le revenu que nous cherchons, pour les propriétaires d'usines à fer et maitres de forges, est tel qu'il suit :

Par quintal de fer fabriqué au charbon de bois avec la fonte,

| | |
|---|-------------|
| Pour intérêt de la valeur de la propriété foncière..... | 3 fr. 33 c. |
| Pour bénéfice de l'industrie..... | 7 51 |

REVENU total..... 10 fr. 84 c.

Par quintal de fonte obtenu au charbon de bois,

| | |
|---|-------------|
| Pour intérêt de la valeur de la propriété foncière..... | 1 fr. 11 c. |
| Pour bénéfice de l'industrie..... | 3 » |

REVENU total..... 4 fr. 11 c.

Par quintal de fer fabriqué dans les forges catalanes,

| | |
|---|-------------|
| Pour intérêt de la valeur de la propriété foncière..... | 2 fr. 50 c. |
| Pour bénéfice de l'industrie..... | 6 96 |

REVENU total..... 9 fr. 46 c.

Sur les 1.614.402 q^x. mét. de fonte brute, que produit la France par année, 53.000 q^x. mét. seulement sont obtenus par le moyen de la houille. Ainsi, 1.561.402 q^x. mét. sont obtenus par le moyen du charbon de bois, ci..... 1.561.402 q^x. mét.

d'où soustrayant 854.310 q^x. mét. employés pour la fabrication de 569.540 q^x. mét. de fer affiné au charbon de bois, ci..... 854.310

On trouve qu'il reste..... 707.092 q^x. mét. de fonte brute, destinée à d'autres emplois.

Il faut de plus se rappeler que les forges catalanes, sans employer de fonte, fabriquent annuellement 93.470 quintaux métriques de fer, obtenus directement du minerai.

En appliquant à chacune de ces quantités de fer et de fonte brute le revenu total, calculé ci-dessus, on trouve :

Pour 569.540 q^x. mét. de fer, à 10 fr. 84 c. de revenu par quintal mét. 6.173.013 fr.

Pour 707.092 q^x. mét. de fonte brute, à 4 fr. 11 c. de revenu par quintal métrique..... 2.906.148

Pour 93.470 q^x. mét. de fer des forges catalanes, à 9 fr. 46 c. de revenu par quintal métrique.. 884.226

TOTAL de revenu.... 9.963.387 fr.

Comparaison
du revenu
net des fo-
rêts et des
usines.

En soustrayant du revenu net des forêts, déjà trouvé p. 409, qui est de. . . 21.040.911 fr.
le total ci-dessus du revenu des usines à fer, ci. 9.963.387

On trouve la différence. 11.077.524 fr.

On voit donc que le revenu net des usines à fer, allant au bois, y compris le bénéfice de cette industrie spéciale, est moindre d'environ onze millions de francs, que le revenu net qui est procuré à tout l'ensemble des propriétaires de forêts, par l'activité de ces mêmes usines à fer.

Ainsi, les propriétaires de forêts, sans avoir besoin, comme les propriétaires d'usines, ni d'exercer une industrie toute spéciale, ni d'employer de grands capitaux, et sans courir par conséquent les mêmes risques, obtiennent cependant, de l'activité de ces établissemens consommateurs de bois, plus de deux fois autant de revenu, que les propriétaires d'usines à fer. Il faut en conclure que c'est principalement aux propriétaires de bois, que profite le renchérissement du fer. En vain dirait-on que l'activité des usines à fer ne profite aux propriétaires de forêts que dans les contrées qui possèdent de tels établissemens; car, il est évident que, dans les lieux même les plus éloignés des forges, les propriétaires de forêts, trouvant un débouché plus facile de leur bois, à cause de l'activité de ces établissemens, profitent de la hausse des prix, qui se répand de proche en proche, à partir des principaux lieux de consommation. Ce n'est donc pas aux propriétaires d'usines ou aux maîtres de forge, que l'on peut reprocher

le renchérissement des fers; ce que l'on nomme la *question du prix des fers* est, à proprement parler, la *question du prix des bois*.

Si le prix du bois diminuait de moitié, c'est-à-dire, si la corde coûtait encore 6 francs, comme il y a peu d'années,

Le prix du quintal métrique de fer, fabriqué avec la fonte et le charbon de bois, étant calculé d'après les données précédentes, serait :

| | |
|--|--------------|
| Pour le prix de fabrication, sans le bénéfice du fabricant. | 46 fr. 61 c. |
| Plus pour ce bénéfice, à 12 pour 100 du prix de fabrication. | 5 58 |

TOTAL par quintal métrique de fer. 52 fr. 19 c.

Le prix du quintal métrique de fonte obtenue par le moyen du charbon de bois serait :

| | |
|--|-------------|
| Pour le prix de fabrication, sans le bénéfice du fabricant. | 19 fr. 1 c. |
| Plus pour ce bénéfice, à 12 pour 100 du prix de fabrication. | 2 28 |

TOTAL par quintal mét. de fonte. . 21 fr. 29 c.

Le prix du quintal métrique de fer obtenu des forges catalanes, au charbon de bois, serait :

| | |
|--|--------------|
| Pour le prix de fabrication, sans le bénéfice du fabricant. | 43 fr. 13 c. |
| Plus pour ce bénéfice, à 12 pour 100 du prix de fabrication. | 5 16 |

TOTAL par quintal métr. de fer. . . . 48 fr. 29 c.

(Voyez les exemples, page 387 et suiv.)

Alors, le revenu total de cette industrie, étant calculé d'après les mêmes considérations que ci-dessus, deviendrait tel qu'il suit :

Par quintal métrique de fer fabriqué avec la fonte et le charbon de bois,

| | |
|--|-------------|
| Pour intérêt de la valeur de la propriété foncière | 3 fr. 33 c. |
| Pour bénéfice de l'industrie | 5 58 |

TOTAL 8 fr. 91 c.

Par quintal métrique de fonte obtenue par le moyen du charbon de bois,

| | |
|--|-------------|
| Pour intérêt de la valeur de la propriété foncière | 1 fr. 33 c. |
| Pour bénéfice de l'industrie | 2 28 |

TOTAL 3 fr. 61 c.

Par quintal métrique de fer obtenu des forges catalanes, au charbon de bois,

| | |
|--|-------------|
| Pour intérêt de la valeur de la propriété foncière | 2 fr. 50 c. |
| Pour bénéfice de l'industrie | 5 16 |

TOTAL 7 fr. 66 c.

Dans cette même hypothèse, on trouverait les résultats suivans :

| | |
|---|---------------|
| Pour 569,540 q ^x . mét. de fer, à 8 f. 91 c. de revenu par quintal | 5.066.601 fr. |
| Pour 707,092 q ^x . mét. de fonte, à 3 fr. 61 c. de revenu, <i>id.</i> | 2.552.602 |
| Pour 93,470 q . mét. de fer des forges catalanes, à 7 fr. 66 c. de revenu, <i>id.</i> | 715.980 |

TOTAL de revenu pour la fabrication du fer au charbon de bois et de la fonte brute destinée à d'autres emplois 8.335.183 fr.

Ainsi, dans l'hypothèse précédente, le revenu total des usines à fer allant au bois, au lieu d'être, comme nous l'avons trouvé ci-dessus, pour le moment actuel 9.963.387 fr. serait de 8.355.183.

Différence 1.628.204 fr.

Mais, dans cette même hypothèse, le prix des bois étant réduit à moitié de ce qu'il est aujourd'hui, le revenu total des propriétaires de forêts, que nous avons trouvé être, par les usines à fer, de 21.040.911 fr. » c. serait réduit de moitié 10.520.455 50

Différence 10.520.455 fr. 50 c.

D'où l'on voit que, dans le renchérissement actuel des fers, les propriétaires de forêts ont un intérêt qui est plus de six fois aussi grand, que celui que les propriétaires des usines à fer peuvent avoir à ce renchérissement ; car le rapport du premier intérêt au second est le même que celui des deux différences sus-énoncées, c'est-à-dire, comme 6,46 : 1.

Les seules barrières qui puissent désormais contenir les uns et les autres sont, d'une part l'existence des droits d'entrée, tels qu'ils sont

établis sur les fers étrangers par la loi de 1822, puisque nous avons vu que la limite posée par les tarifs est à-peu-près atteinte, et d'autre part, la fabrication de la fonte par le moyen de la houille carbonisée, dite *Coke*.

A cet égard, nous avons déjà indiqué ce qui se prépare en France. On peut estimer que 30 à 35 millions de francs, somme égale à celle des capitaux déjà versés dans la fabrication du fer à la houille, sont sur le point d'être engagés, et sont même déjà en partie employés dans cette fabrication de la fonte. Du succès de ces grandes entreprises, succès qu'il est permis d'espérer, il doit résulter, d'ici à quelques années, une baisse dans le prix des bois, et par suite une baisse dans le prix des fontes et fers, fabriqués au charbon de bois; mais ces entreprises ont besoin d'encouragemens très-marqués, et de la protection spéciale du Gouvernement. Il importe de faciliter les moyens de transport, aux masses énormes de matières, qu'exigent de tels établissemens. Il importe sur-tout d'affranchir ces matières des droits de navigation qui pèsent sur le transport des minerais, de la houille, en un mot, de tout le matériel des usines à fer. Le Trésor sera amplement dédommagé de quelques sacrifices pécuniaires, par le développement d'une industrie nouvelle.

Si, au lieu d'employer ces moyens paisibles qu'indique la nature des choses, on diminuait brusquement les droits d'entrée sur les fontes et fers étrangers, dans l'espérance de venir au secours des consommateurs de ce métal, on ruinerait les forges anciennes allant au bois, on ferait avorter les établissemens nouveaux d'usines

à fer allant à la houille, établissemens qui n'ont pu s'élever que sur la foi d'une loi existante; on causerait une perte énorme aux propriétaires de bois, et par conséquent au Trésor public. Pour un grand nombre d'agriculteurs, qui sont en même temps propriétaires de bois et propriétaires de minerais, et qui trouvent le débouché de leurs denrées dans les contrées que vivifient les forges, la recette se trouverait alors plus diminuée que la dépense; car, s'il faut du fer pour procurer à l'agriculture le soc de la charrue et tous ses autres instrumens, il faut à l'agriculture des hommes pour consommer le blé et les autres denrées qu'elle fournit. Ce ne serait donc pas sans de graves inconvéniens pour les consommateurs de fer, et particulièrement pour l'agriculture, que par la ruine des forges françaises on priverait de travail environ 70.000 hommes qui ne vivent que de salaires dus à l'activité des usines à fer.

Quelques considérations déduites des faits ci-dessus exposés achèveront de faire sentir l'influence que les usines à fer de la France exercent sur la prospérité du Royaume. D'après ce que nous avons déjà vu, on peut estimer la valeur totale qui est produite annuellement par ces usines, ainsi qu'il suit :

Valeur du
produit brut
des usines.

1°. Pour 569.540 quintaux métriques de fer en grosses barres, fabriqué par le moyen de la fonte et du charbon de bois, à raison de 65 francs par quintal métrique (prix moyen) 37.020.100 fr.

2°. Pour 110.392 quintaux mét. de fonte au charbon de bois, produite en France, quantité qui reste du produit total, après

A reporter. 37.020.100 fr.

Report. 37.020.100 fr.

qu'on en a soustrait la fonte obtenue par le moyen de la houille carbonisée, et que, sur le reste, on a prélevé ce qu'exige l'affinage tant au bois qu'à la houille, à 28 fr. le qal. mét. (prix moyen)

3.090.976

3°. Pour 53.000 quintaux métriques de fonte à la houille carbonisée, quantité qui, ainsi que la précédente, peut être considérée comme réservée sur le produit total, pour la fabrication de la fonte moulée, à 28 fr. le qal. mét. (prix moyen)

1.484.000

4°. Pour 442.000 quintaux métriques de fer affiné par le moyen de la houille, quantité que l'on peut considérer comme résultant exclusivement de 596.700 quintaux métriques de fonte au charbon de bois, qui, à 28 fr. le qal. m., valent 16.707.600 fr., ci à 58 fr. par quintal métrique de fer (prix moyen)

25.636.000

5°. Pour 93.470 quintaux métriques de fer obtenu des forges catalanes, à 65 fr. le quintal métrique (prix moyen)

6.075.550

TOTAL 73.306.626 fr.

Ainsi, un capital de 73 millions est annuellement créé sur le sol de la France dans ces mêmes usines à fer, qui fournissent le travail à 70.000 ouvriers, et cela seulement pour la fabrication de la fonte et du fer en grosses barres, sans parler de l'industrie manufacturière qui s'applique ensuite à ces objets, pour en augmenter la valeur.

C'est ici le lieu de remarquer que, pour chaque million de la valeur du produit brut des mines et usines à fer, le travail est assuré à 1000 hommes, ou en d'autres termes, que le travail de chaque homme dans ce genre d'industrie

procure à-peu-près 1000 francs de produit brut, somme égale à ce que coûte un soldat par année. Ce résultat général est d'accord avec ceux qui sont exposés dans l'ouvrage intitulé *De la Richesse minérale*. (Voyez cet ouvrage, Paris, 1810 et 1819.)

Le capital sus-mentionné, de 73.306.626 francs, se distribue entre les diverses parties prenantes qui concourent à l'activité des usines à fer, ainsi que nous allons essayer de l'indiquer par des nombres, d'après les divers élémens qui contribuent à créer ce capital.

No. 7. Tableau indicatif de la répartition d'une valeur en francs

annuellement créée par l'activité des Usines à fer du Royaume.

La valeur de l'un des cinq produits sus-énoncés étant représentée par le nombre 1, parties prenantes, ainsi qu'on va le voir, par des

cette valeur, d'après les éléments dont elle se compose, se distribue entre les diverses fractions exprimées en millièmes de l'unité.

| ÉLÉMENTS dont se compose la valeur des cinq produits ci-contre, en Fer et Fonte : | PARTIES prenantes entre lesquelles se distribue la valeur des produits ci-contre : |
|--|--|
| Achat de minerais..... | Propriétaires du sol, ou des mines et minières, et les ouvriers..... |
| Achat de fondans, dits <i>Castine</i> ou <i>Erbue</i> | Propriétaires du sol, ou des carrières, et les ouvriers..... |
| Transport des minerais et fondans..... | Voituriers, tant par terre que par eau..... |
| Achat de bois..... | Propriétaires des forêts, et pour mémoire les ouvriers, qui sont payés de l'abatage des bois par les fagots obtenus..... |
| Dressage et charbonnage des bois..... | Bûcherons et charbonniers..... |
| Transport du charbon de bois aux usines à fer..... | Voituriers..... |
| Achat de fonte..... | Propriétaires des mines, minières et forêts, ouvriers, voituriers, et propriétaires de hauts-fourneaux, chacun dans le rapport indiqué par la colonne intitulée : Fonte de fer au charbon de bois..... |
| Achat de houille, tant pour les forges à l'anglaise que pour les hauts-fourneaux allant au <i>Coke</i> | Propriétaires et ouvriers des mines de houille, et voituriers..... |
| Ouvriers des usines à fer..... | Ouvriers employés, tant pour les hauts-fourneaux que pour les feux d'affinerie, soit au charbon de bois, soit à la houille..... |
| Frais de régie et de bureaux..... | Employés, écrivains et agens de commerce..... |
| Entretien des usines à fer..... | Maçons, charpentiers, etc..... |
| Intérêt de la valeur de la propriété des usines..... | Propriétaires des usines à fer..... |
| Intérêt des fonds de roulement..... | Capitalistes, soit Maîtres de forge, soit autres..... |
| Bénéfice de l'industrie de Maître de forge, calculé à 12 pour 100 du prix de fabrication..... | Maîtres de forge, soit propriétaires, soit fermiers..... |
| | Somme des fractions de millièmes négligées..... |
| | TOTAUX..... |

| FER au charbon de bois, provenant de la fonte au charbon de bois. | FORTE de fer, au charbon de bois. | FORTE de fer, à la houille carbonisée, dite <i>Coke</i> . | FER à la houille, obtenu de la fonte. | FER au charbon de bois, obtenu des minerais, sans fonte, dans les forges catalanes. |
|---|-----------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 0,103 | 0,172 | 0,288 | » | 0,061 |
| 0,002 | 0,004 | 0,007 | » | » |
| 0,043 | 0,071 | 0,057 | » | 0,061 |
| 0,462 | 0,428 | » | » | 0,459 |
| 0,021 | 0,019 | » | » | 0,019 |
| 0,057 | 0,053 | » | » | 0,057 |
| » | » | » | 0,651 | » |
| » | » | 0,360 | 0,120 | » |
| 0,053 | 0,014 | 0,009 | 0,041 | 0,092 |
| 0,026 | 0,021 | 0,016 | 0,008 | 0,023 |
| 0,029 | 0,023 | 0,031 | 0,004 | 0,030 |
| 0,048 | 0,039 | 0,079 | 0,016 | 0,038 |
| 0,046 | 0,047 | 0,044 | 0,049 | 0,050 |
| 0,107 | 0,107 | 0,106 | 0,107 | 0,106 |
| 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,004 |
| I. | I. | I. | I. | I. |

Répartition
de la valeur
du produit
brut des
usines.

D'après ce tableau, et d'après les valeurs admises (p. 417 et 418), on peut calculer que le capital trouvé ci-dessus, de 73.306.626 fr., qui est annuellement créé par l'activité des usines à fer, se distribue entre les propriétaires, les ouvriers, les maîtres de forge, et autres, de la manière et dans les quotités suivantes.

Le capital 73.306.626 francs étant représenté par 1, les parts sont exprimées par ces fractions :

| | | |
|-------|--|---------------|
| 0,109 | Pour achat de minerais : car, la somme distribuée, pour cet objet, parmi les propriétaires du sol, des mines et minières, et les ouvriers, est de..... | 8.016.426 fr. |
| 0,002 | Pour achat de fondans : parmi les propriétaires du sol, des carrières, et les ouvriers..... | 163.622 |
| 0,047 | Pour transport des minerais et fondans : la somme distribuée parmi les voituriers, tant par terre que par eau, est de | 3.452.760 |
| 0,386 | Pour achat de bois : parmi les propriétaires de forêts | 28.365.754 |
| | Pour abattage des bois destinés aux usines à fer, seulement <i>Mémoire</i> , Attendu que, dans les usines en général, les bûcherons employés à ce travail sont payés par la valeur des fagots obtenus, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, page 389. | |
| | Si l'on voulait estimer ces salaires, à raison de 1 pour 100 du prix des bois abattus pour le service des usines à fer, on pourrait en évaluer la somme à 283.687 fr. répandus annuellement parmi les bûcherons employés pour ces établissemens. | |
| 0,017 | Pour dressage et charbonnage : parmi les bûcherons et charbonniers .. | 1.269.030 |
| 0,047 | Pour transport du charbon : parmi les voituriers..... | 3.505.776 |
| 0,049 | Pour achat de houille nécessaire aux forges et aux hauts-fourneaux qui emploient ce combustible : parmi les propriétaires et ouvriers des mines de houille et voituriers | 3.610.560 |
| 0,657 | <i>A reporter.</i> 48.383.928 | |

Rep. 0,657

Report. 48.383.928

| | | |
|-------|--|-----------|
| 0,052 | Pour salaires d'ouvriers dans les usines, devant les hauts-fourneaux et les feux d'affinerie : somme distribuée..... | 3.862.628 |
| 0,023 | Pour frais de régie et de bureaux : parmi les employés, écrivains et agens de commerce..... | 1.746.862 |
| 0,025 | Pour entretien des usines : parmi les maçons, charpentiers, etc. | 1.859.764 |
| 0,045 | Pour intérêt de la valeur de la propriété : parmi les propriétaires d'usines à fer.. | 3.307.392 |
| 0,058 | Pour intérêt des fonds de roulement : parmi les capitalistes, soit maîtres de forge, soit autres..... | 4.258.695 |
| 0,131 | Pour bénéfice de l'industrie : parmi les maîtres de forge, soit propriétaires, soit fermiers..... | 9.623.963 |

TOTAL..... 73.043.232 fr.

0,003 P^e. différence provenant de fractions négligées dans la longue série des calculs.. 263.394

0,006... Somme des fractions de *millième* négligées.

Tot. I

TOTAL comme ci-dessus. 73.306.626 fr.

La valeur des cinq produits que nous venons de considérer reçoit une grande augmentation par l'industrie manufacturière qui s'y applique. Bornons-nous à dire quelques mots des ateliers, soit de martinet, soit de fenderie, et des nombreux établissemens qui procurent la fonte moulée, sans parler des manufactures de tôle, de fer-blanc, de fil de fer, d'instrumens aratoires, d'outils et de quincaillerie, que possède la France.

1^o. D'après des faits constatés pour le département de la Haute-Marne et d'autres, dans mon Rapport de 1824 sur la troisième Inspection des mines, l'augmentation de valeur du produit to-

Martinet, fenderies et ateliers de moulage.

tal qui est obtenu en fer en grosses barres est des 0,04 de la valeur première de ces fers. Ainsi, l'on peut ajouter pour le travail des ateliers dits *martinets*, ou ateliers de conversion, les 0,04 du total de valeur 68.731.650 fr. trouvé pour le fer fabriqué en France, tant à la houille qu'au charbon de bois, y compris les forges catalanes.

Cela posé, pour 0,04 de 68.731.650 fr., la valeur produite par les martinets et fenderies est de 2.749.266 fr.

2°. La valeur de la fonte brute est au moins doublée par le moulage et le travail duquel résulte la fonte moulée ;

Pour augmentation de valeur de 283.098 quintaux métriques à 28 fr. le q^{al.}, dont :

163.392 q^{x.} mét. proviennent de fonte française.

69.706 q^{x.} mét. de fonte importée, après déduction faite de 4.098 q^{x.} mét. de fonte exportée.

50.000 q^{x.} mét. de vieille fonte.

283.098 q^{x.} mét., à 28 fr. le q^{al.}, ci . . . 7.926.744

TOTAL. 10.676.010 fr.

En y ajoutant la valeur ci-dessus calculée du produit annuel des usines à fer en fonte brute et fer en grosses barres, qui est de. 73.306.626

On trouve le Total. 83.982.636 fr.

Consomma-
tion du fer
en France.

Si l'on veut connaître la quantité de fer en grosses barres, qui est annuellement consommée

en France, il suffit d'ajouter au nombre posé ci-dessus, comme exprimant le produit du sol français, la quantité d'importation annuelle, déduction faite de l'exportation.

Or, nous avons déjà vu que la quantité totale de fer en grosses barres, fabriquée en France, est de. 1.105.010 q^{x.} mét.

L'Etat des Douanes royales pour 1824 fait voir que l'importation de fer étiré en barres plates, carrées ou rondes, est de. 58.134 q^{x.} m., et l'exportation de 6.294

Différence. 51.840, ci. 51.840

Ainsi, le total de consommation du fer en grosses barres est, pour toute la France, de. . . 1.156.850 q^{x.} mét.

D'après le même Etat, la valeur des 58.134 quint^{x.} mét. de fer importés est de. 709.918 fr.

et la valeur des 6.294 quint^{x.} mét. exportés est de. 314.704

Différence en faveur des usines étrangères. 395.214 fr.

A ce nombre il faut ajouter la différence entre la valeur de la fonte importée et celle de la fonte exportée :

Fonte importée,
73.804 q^{x.} mét., valant 753.142,
Fonte exportée,
4.098 q^{x.} mét., ———— 81.969

Différence. 671.173 fr. ci 671.173

TOTAL de la valeur importée en fonte et fer, provenant des usines étrangères. 1.066.587 fr.

Veut-on comparer cet état actuel des choses avec ce qui eut lieu pour l'année 1820 ?

On peut admettre qu'en 1820, l'ensemble des forges de la France produisit en fer en grosses barres :

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Par l'affinage de la fonte. . . | 640.000 q ^x . mét. |
| Par les forges catalanes. . . | 95.470 |

| | |
|----------------|-------------------------------|
| TOTAL. | 753.470 q ^x . mét. |
|----------------|-------------------------------|

(Voyez Rapport sur l'Exposition de 1819, Annales des Mines 1820, et le présent Mémoire, pag. 359 et 364.)

A cette quantité de fer en grosses barres, il fut ajouté en 1820 :

| | |
|---|--|
| Par l'importation, 88.911 q ^x . mét. | |
| Mais il fut exporté 7.657 | |

| | |
|---|--------|
| Différence, 81.254 q ^x . m., ci. | 81.254 |
|---|--------|

Le total de consommation du fer, en France, pour l'année 1820, fut par conséquent. . . 814.724 q^x. mét.

Or, nous venons de voir que la consommation du fer, en France, fut, pour l'année 1825, de. . . 1.156.850 q^x. mét. ci à soustraire. 814.724

On est donc porté à penser qu'en cinq années, la consommation du fer s'est accrue, en France, de 342.126 q^x. mét.

En 1820, la valeur du fer en barres importé était, d'après les États des Douanes,

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| de. | 1.778.150 fr. |
| Celle du fer exporté, de. | 383.000 |

| | |
|---|----------------|
| Différence en faveur des usines étrangères. | 1.395.150 fr.; |
|---|----------------|

Pour cette même année 1820,

| | |
|---|--|
| On importa en France, fonte brute 54.495 q ^x . m., val. 544.950 f. | |
| On exporta de France, fonte brute 4.721 q ^x . mét., — 94.400 | |

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Différence | 450.550 f., ci. 450.550 |
|----------------------|-------------------------|

| | |
|---|---------------|
| TOTAL de différence en faveur des usines étrangères (en 1820). . . | 1.845.700 fr. |
| Aujourd'hui, d'après ce qui précède, cette différence qui est de. . . | 1.066.587 |

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| est moindre qu'en 1820, de. | 779.313 fr. |
|-------------------------------------|-------------|

Ainsi, tout en diminuant la différence de l'importation à l'exportation de la fonte et du fer, différence qui existait en faveur des usines étrangères, les usines françaises, grâce au développement de leur activité, ont suffi par elles-mêmes à un accroissement de consommation du fer, qui pour l'année 1825 est à-peu-près la moitié de ce qu'était la production de toutes les usines de la France en 1820. C'est un effet remarquable de la loi des douanes de 1822.

D'après les faits que nous venons d'exposer, il est facile de voir qu'au lieu de ce million de francs, qui exprime aujourd'hui la différence de

l'importation à l'exportation, en faveur des usines étrangères, il sortirait bientôt de la France un grand nombre de millions, si la loi des douanes cessait de protéger les usines françaises. On peut même assurer que ces précieux établissemens ne tarderaient pas à succomber, si les droits d'entrée sur les produits des usines étrangères n'étaient pas maintenus, tels qu'ils sont établis par cette loi.

A la vérité, une réduction des droits d'entrée sur les fontes et fers venant de l'étranger semblerait dans le commencement favoriser les consommateurs; mais bientôt, n'ayant plus d'usines à fer, le Royaume de France se trouverait à la merci des étrangers pour l'acquisition de ce métal qui procure aux États le soc de la charrue, les armes, et tous les outils ou instrumens des arts.

Troisième question : De la fonte-douce produite en France.

3^e. question. Il nous reste à examiner la question qui consiste à savoir si la fonte-douce a fait, ou non, des progrès en France, et si la fonte française reste, ou non, inférieure en qualité à la fonte d'Angleterre.

Qualité de la fonte-douce. Après les détails dans lesquels nous sommes entrés au sujet des précédentes questions, il sera facile de répondre plus sommairement à celle-ci.

Les départemens qui correspondent à la Franche-Comté, à certaines parties de l'Alsace, du Nivernais, du Berry, du Périgord, et à la Normandie, produisent des fontes de fer, qui sont très-propres au moulage. Nous avons déjà re-

marqué que, dans ces départemens, il se fabrique une quantité considérable d'objets en fonte moulée. Dès l'année 1819, il fut constaté, par le Jury central de l'Exposition des produits de l'industrie française, que la préparation et l'emploi de la fonte-douce avaient fait, en France, des progrès notables depuis l'année 1806, époque de la précédente Exposition.

Dans le Rapport imprimé, de 1819, sur les produits métallurgiques, nous lisons ce qui suit :

« Si l'on compare les objets en fonte moulée, que réunit l'Exposition de 1819, avec ceux qui furent exposés en 1806, on reconnaît d'un coup-d'œil les progrès qu'a faits cette branche d'industrie. »

Le Jury central distingua principalement des outils, des clous, des pièces de machines, des ustensiles de ménage, en fonte-douce, objets dont le mérite avait déjà été couronné par la Société d'encouragement, des vases en fonte de fer émaillés intérieurement, des fourneaux, braisiers et autres objets habilement exécutés en fonte moulée, des mortiers en fonte de fer tournés et polis, des socs de charrue et des roues en fonte de fer, enfin divers autres ouvrages et ustensiles de la même matière. (*Voyez mon Rapport, au Jury central, de 1819, imprimé séparément comme extrait des Annales des Mines. Paris, 1820, pag. 53 et 77.*)

En 1825, le Jury central de l'Exposition constata que la fabrication de la fonte-douce avait fait, en France, de nouveaux progrès. On distingua, par des récompenses, divers produits en fonte-douce et malléable qui se laissait limer, buriner, tarauder et travailler au tour, et qui pre-

nait un p^oli analogue à celui de l'acier. Cette fonte provenait d'un haut-fourneau nouvellement établi dans le département de l'Yonne. Parmi les produits exposés, le Jury central remarqua des écrous avec leurs vis et un étau en fonte de fer, des roulettes, médailles et ornemens, des pièces de machines, en fonte de fer provenant d'usines françaises, et coulées au sable vert, enfin divers articles de quincaillerie en fonte de fer douce. (*Voyez mon Rapport au Jury central, de 1825, imprimé séparément comme extrait des Annales des Mines. Paris 1823, pag. 8, 36 et 108.*)

Depuis cette époque, la fonte de fer ayant éprouvé en Angleterre une augmentation de prix, très-considérable, cette circonstance a vivement stimulé l'activité des maîtres de forge en France; ils ont cherché à fournir eux-mêmes aux consommateurs français, dont le nombre s'accroissait de jour en jour, la fonte-douce que ceux-ci étaient accoutumés à tirer d'Angleterre, et que jusqu'alors ils n'avaient regardée comme propre à la fabrication des ouvrages en fonte-douce, que lorsqu'elle portait le nom de *fonte anglaise*. Plusieurs maîtres de forge ont réussi à produire des fontes de très-bonne qualité, qui ont été employées avec un plein succès pour la confection des machines à vapeur, des rouages de mécanique, et en général, des objets que jusqu'alors on avait fabriqués de préférence avec la fonte anglaise, soit par suite d'un calcul d'intérêt pécuniaire, soit par habitude, soit par préjugé.

Prix de la fonte d'Angleterre. Le 11 Mars 1825, la fonte anglaise coûtait à Londres 12 livres sterling 10 shillings, à 13 livres sterling la tonne de 1015, kil. 84., ce qui,

au cours du même jour, à 25 fr. 10 c. la liv. *sterl.*, établissait le prix du quintal métrique entre 30 fr. 89 c. et 32 fr. 12 c. (*Voyez Prince's Price Current du 11 Mars 1825, article Pig-iron.*)

Plus tard, après plusieurs variations de prix, la fonte-douce anglaise s'est élevée, en Angleterre, à un prix tel que, rendue en France, elle y revenait quelquefois à 60 francs le quintal métrique.

Aujourd'hui, en Janvier 1826, la fonte-brute anglaise pour la fabrication du fer coûte, en Angleterre, 8 liv. *sterl.* la tonne de 1015, kil. 84, au cours de 25 fr. 15 c. la liv. *sterl.*, c'est-à-dire. 201 fr. 20 c. ce qui porte le prix d'achat du quintal métrique à 19 fr. 70 c.

A ce prix il faut ajouter, par tonne :

| | | |
|---|----|----|
| Pour le fret, de Cardiff au Havre. | 35 | » |
| Assurance à 1 3/4 p. 100 du prix d'achat. | 3 | 52 |
| Commission d'achat, d'expédition et autres frais, à 2 pour 100, <i>idem</i> | 4 | 02 |

TOTAL. 243 fr. 74 c.

Ce qui fait par quintal métrique. 23 fr. 99 c.

Plus pour droit d'entrée, décime compris, par quintal métrique. 9 90

TOTAL. 33 fr. 89

Pour transport, du Havre à Paris. 2 »

TOTAL par q^{al}. mét. 35 fr. 89 c.

La fonte-douce anglaise, destinée à la refonte, coûte, en Angleterre, 9 liv. *sterl.* la tonne, c'est-à-dire. 226 fr. 35 c. ce qui porte le prix du q^{al}. mét. de fonte pour moulage à 22 fr. 28 c.

A reporter. 226 fr. 35 c.

Report. 226 fr. 35 c.

A quoi il faut ajouter, par tonne :

| | | |
|---|----|----|
| Pour le fret, de Cardiff au Havre. | 35 | » |
| Assurance à 1 3/4 pour 100 du prix d'achat. | 3 | 96 |
| Commission d'achat, d'expédition et autres frais, à 2 pour 100, <i>idem</i> | 4 | 52 |

TOTAL. 269 fr. 83 c.

Ainsi, le quintal métrique, rendu au Havre, coûte. 26 fr. 56 c.
Plus pour droit d'entrée, décime compris. 9 90

TOTAL. 36 fr. 46

Pour transport, du Havre à Paris. 2 »

TOTAL par quintal métrique. 38 fr. 46 c.

Les droits d'entrée sont les mêmes sur la fonte brute et sur la fonte-douce. Il faut, d'après la loi de 1822, que l'une et l'autre soient en *gueuses* ou *massiaux*, de 4 quintaux métriques au moins. Quant à la fonte moulée d'Angleterre, l'importation en est prohibée en France.

De ces faits, il résulte qu'il y a plus d'intérêt à importer en France la *fonte-douce anglaise* que la *fonte brute pour fer*. Aussi, est-ce l'importation de la fonte-douce d'Angleterre, que plusieurs fondeurs français s'attachent à solliciter, en demandant la réduction, ou même la suppression des droits d'entrée sur cette matière. Pour arriver à ce but, ces fondeurs prétendent que l'on ne saurait se passer de la fonte anglaise pour les ouvrages dont ils sont chargés, et qu'en vain, par la fonte-douce de France, on chercherait à remplacer la fonte-douce d'Angleterre ; mais nous avons déjà vu ce qu'il faut penser de ces assertions ; elles sont contredites par des

faits constatés. C'est l'habitude, c'est peut-être l'intérêt pécuniaire, qui soutient encore un préjugé que la nécessité avait d'abord introduit. En effet, la qualité de la fonte française était déjà constatée en 1819 et 1823. Depuis cette dernière époque, de nouveaux établissemens ont augmenté la quantité de la fonte-douce française, dont la qualité était déjà reconnue, et cette qualité n'a pas cessé de s'améliorer. Par exemple, la Compagnie Boigues, de Fourchambault, a produit, dans ses hauts-fourneaux, situés dans le département du Cher, des fontes-douces dont elle sollicite la comparaison authentique avec les meilleures fontes d'Angleterre, et qui sont effectivement recherchées en France par le commerce, à l'égal de ces dernières. On peut en dire autant de la fonte récemment obtenue d'un haut-fourneau qui existe au Janon, dans le département de la Loire, et qui est alimenté par le *Coke*, ainsi que des produits de plusieurs autres hauts-fourneaux français ; car, les fondeurs français, après s'être trouvés tout-à-coup dépourvus de fonte anglaise, par suite de la hausse de prix, qu'elle avait subitement éprouvée en Angleterre, ont été pour ainsi dire contraints d'essayer des fontes de France. En même temps, les maîtres de forge français, stimulés par le haut prix, se sont presque tous appliqués à la production et à l'amélioration de la fonte-douce. Le succès d'un grand nombre d'entre eux demeure constaté par les demandes réitérées des fondeurs français. Le prix des fontes-douces françaises de première qualité, en Franche-Comté et en Berry, dans les usines même, se tient entre 29 et 31 fr. le quintal métrique, tandis que les fontes pour fer, de Cham-

pagne, prises dans les usines qui les produisent, coûtent de 21 à 23 fr. le quintal métrique. Tel est l'état actuel des prix, en Janvier 1826.

Cela posé, si la fonte-douce française, de Franche-Comté, ou de Berry, était produite au Hâvre même, où la fonte-douce d'Angleterre arrive pour le prix de 26 fr. 56 c. le q^{al}. m., la première n'aurait besoin, pour se défendre contre l'importation de la seconde, que d'un droit d'entrée de 3 fr. 44 c., et comme le droit réel est de 9 fr., on pourrait dire qu'il y aurait lieu de le réduire de 5 fr. 56 c.; mais il n'en est pas ainsi; c'est à Paris ou à Lyon, c'est-à-dire sur les points autour desquels il existe de grands établissemens de seconde fusion, c'est là qu'il faut conduire les deux fontes pour les y mettre en présence, et pour comparer le prix définitif du produit anglais avec le prix du produit français. A Paris, la fonte-douce de Franche-Comté, ou de Berry, n'arrive, à cause des frais de transport, que chargée d'un surcroît de prix, d'environ 9 fr., à raison de 1 fr. par quintal métrique et par 10 lieues. Ainsi, cette fonte française y revient à 39 fr., tandis que la fonte d'Angleterre, qui se rend du Hâvre à Paris pour 2 fr., y coûte 38 fr. 46 c. On voit donc qu'à Paris, et par conséquent dans une grande partie de la France, la fonte-douce française a besoin de toute la protection du droit d'entrée, tel qu'il existe; mais on voit en même temps, que si ce droit est nécessaire en totalité, ce n'est pas à cause du prix inférieur de la fonte anglaise, une fois arrivée au Hâvre, ce n'est pas à cause de sa prétendue meilleure qualité, c'est tout simplement parce que le transport, du Hâvre à Paris, est plus facile et moins dispendieux,

que le transport depuis la Franche-Comté et le Berry jusque dans la capitale. L'obstacle à lever n'est donc pas ici le manque d'amélioration de la fonte-douce, c'est la nécessité d'améliorer les moyens de communication intérieure, par les chemins, par les fleuves et rivières, et par les canaux.

Si l'on applique le même raisonnement à la ville de Lyon, on est conduit à penser que, dans cette ville, et sur plusieurs points des contrées qui l'environnent, la fonte anglaise ayant à supporter plus de frais de transport depuis le Hâvre, et la fonte française en supportant moins depuis la Franche-Comté, celle-ci, pour se défendre contre celle-là, pourrait bien n'avoir pas besoin de la totalité du droit d'entrée; mais le surplus de ce droit, si dès-à-présent il en existe un en faveur de l'industrie française, ce surplus, qui dans tous les cas est peu considérable, devient un encouragement dont jouit la production de la fonte française; il importe de le continuer, et par conséquent de maintenir les droits d'entrée, établis par la loi des douanes de 1822, sur les fontes d'Angleterre. C'est l'un des moyens d'arriver, dans la production de la fonte-douce française, à cet accroissement de quantité, que nous avons vu être fort désirable, et qu'il est permis d'espérer assez prochainement, d'après les faits exposés dans ce Mémoire; nous avons déjà indiqué les autres moyens.

En effet, si le droit était réduit, qu'arriverait-il? Envahi par la fonte anglaise, dans presque toute la France, le marché serait fermé à la fonte française. Dès-lors, plus de possibilité d'amélioration dans les usines de la France. Nul fruit à espérer de tous ces germes précieux d'in-

industrie nationale, que nous avons vus tout-à-l'heure prêts à se développer sur tous les points du Royaume. Bientôt les fondeurs français, après avoir été les spectateurs indifférens de la ruine d'un si grand nombre d'entreprises nouvelles, dans leur patrie, s'y verraient eux-mêmes à la merci des maîtres de forge anglais, et les consommateurs de fonte en France, en payant tribut à l'Angleterre, expieraient chèrement le tort de n'avoir pas attendu plus patiemment les fruits du sol natal.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION.

De tout ce qui précède, il me paraît sortir plusieurs vérités dont voici l'enchaînement :

1°. La consommation du fer s'est considérablement accrue en France, depuis quelques années. Nous avons vu par quelles causes et dans quelle proportion s'est opéré cet accroissement.

2°. La production du fer indigène a suivi les progrès de la consommation, et s'est au moins élevée au même nombre de quintaux métriques.

3°. C'est par l'établissement de nombreux ateliers, dits *forges à l'anglaise*, allant à la houille, que s'est accrue la production du fer. Un capital de 30 à 35 millions se trouve engagé dans ces nouvelles entreprises dont nous avons indiqué l'époque, l'emplacement et l'état actuel. Comme, pour être utiles aux entrepreneurs, il faut que les forges à l'anglaise opèrent sur de très-grandes quantités de fonte, leur activité a causé une demande plus pressée, et par suite un prompt renchérissement de cette matière.

4°. La loi sur les douanes, du 27 Juillet 1822, a favorisé, en France, l'établissement des forges

à l'anglaise; mais tandis que les capitaux se portaient sur l'affinage du fer à la houille, il ne s'est élevé, jusqu'à présent, qu'un petit nombre de hauts-fourneaux, destinés à procurer la fonte de fer par le moyen de la houille carbonisée, dite *Coke*. C'est parce que la création de ces derniers établissemens, outre de grands capitaux, exige plus de temps que celle des premiers, et sur-tout plus de facilités pour les moyens de communication intérieure. Cependant, de grands capitaux sont, ou déjà versés, ou sur le point d'être engagés dans plusieurs entreprises de hauts-fourneaux, devant aller au *Coke*. Nous avons vu l'indication des diverses localités que concernent ces projets.

5°. Pour subvenir aux nouveaux besoins en fonte de fer, qui résultaient de la création des forges à l'anglaise, il a fallu que les hauts-fourneaux allant au charbon de bois augmentassent considérablement leur production annuelle; de là, un renchérissement très-considérable du prix des bois.

6°. Le prix des bois s'étant élevé tout-à-coup au double de ce qu'il était il y a peu de temps, les prix de la fonte et du fer, fabriqués au charbon de bois, ont suivi cette hausse rapide. Il en est résulté un renchérissement proportionnel des fers fabriqués à la houille. La sécheresse de l'année 1825 est venue se joindre à ces causes de renchérissement.

7°. Ce que l'on nomme la *question du prix des fers*, en France, est à proprement parler la *question du prix des bois*; car, les usines à fer de la France consomment le quart de la coupe annuelle de toutes les forêts du Royaume, et le calcul me-

semble prouver que le renchérissement des fers profite plus aux propriétaires de forêts qu'aux propriétaires d'usines à fer et maîtres de forges.

8°. Les dispositions de la loi sur les douanes de 1822 établissent à-peu-près l'équilibre, pour le moment actuel (Janvier 1826), entre les fers étrangers et les fers français, considérés les uns et les autres sur les divers points de la France. Ces droits, quelque élevés qu'ils puissent paraître, n'équivalent pas encore à une prohibition des fontes et fers venant de l'étranger; mais peut s'en faut; car, en 1824, la quantité de fonte importée n'a été qu'environ 4 et demi pour 100 de la quantité de fonte produite en France, et l'importation du fer ne s'est élevée qu'à 5 pour 100 de la quantité de fer produite dans le Royaume.

9°. Si l'on diminuait les droits d'entrée qui existent en vertu de la loi des douanes de 1822, ni les forges anciennes allant au bois, ni les forges nouvelles allant à la houille ne pourraient subsister. L'érection des hauts-fourneaux devant aller au *Coke* ne pourrait avoir lieu. Toutes ces entreprises seraient ruinées. La France perdrait tous les avantages qui résultent de ce que, par ses hauts-fourneaux et forges, une valeur brute de soixante-treize millions est annuellement versée dans le commerce, pour la production seule de la fonte et du fer. Soixante-dix mille ouvriers seraient tout-à-coup privés de travail. L'agriculture et tous les consommateurs de fer perdraient plus qu'ils ne pourraient gagner, à ce bouleversement.

10°. Cependant, on ne peut regarder le prix élevé des fers de France comme un mal nécessaire, qui doit rester sans remède. Pour que le prix des fers diminue, il importe sur-tout que

la fonte éprouve une grande diminution de prix. Ce dernier effet, vu le renchérissement excessif des bois, ne peut s'opérer sûrement, en France, qu'au moyen d'une production très-abondante de fonte obtenue par l'emploi de la houille carbonisée, dite *Coke*. Il importe donc que le Gouvernement favorise spécialement les établissemens de ce genre, en facilitant le transport des masses énormes de diverses matières, qu'exige leur activité. C'est de là, et par conséquent c'est de la confection des chemins et des canaux, c'est d'un système favorable de navigation intérieure, que dépend désormais la solution de ce que l'on nomme la *question des fers*.

11°. Une fois que la production de fonte par le moyen de la houille se serait fort accrue, en même temps que la consommation de bois pour les hauts-fourneaux aurait fort diminué, le prix des bois, dès-lors moins demandés par les maîtres de forge, s'abaisserait nécessairement. Il pourrait même descendre au-dessous de ce qu'il était il y a peu d'années; mais pour que cet effet puisse avoir lieu sans commotion brusque, le temps est un élément indispensable.

12°. Si, au lieu d'attendre cet effet qui doit naturellement s'opérer avec le temps, on voulait forcer une baisse du prix des fers français, par la suppression ou même la réduction des droits d'entrée qu'a établis la loi de 1822, loi sur la foi seule de laquelle les nouvelles entreprises ont pu se développer, on verrait succomber les usines françaises, désormais privées de toute défense contre les usines étrangères. Alors, la France serait à la merci du commerce étranger, et pour quel objet? pour le fer, premier besoin de l'agricul-

ture et de l'industrie, premier gage de la victoire et de la paix.

13°. Quant à la production de la fonte-douce, la qualité de la fonte française est constatée; elle s'est améliorée; cette matière peut soutenir la concurrence avec la fonte-douce d'Angleterre, si le prix le permet, et si la quantité produite suffit aux besoins de l'industrie française. Ces deux dernières conditions ne peuvent s'accomplir que par les moyens qui viennent d'être exposés, relativement à la fonte en général, c'est-à-dire par une bienveillance constante du Gouvernement, en faveur de l'érection des hauts-fourneaux devant aller au *Coke*.

14°. Par tous les motifs développés dans le cours de ce Mémoire, il y a lieu de conclure, quant à-présent, en ce qui concerne les droits d'entrée sur la fonte et le fer, au maintien pur et simple de la loi des Douanes, du 27 Juillet 1822.

SUPPLÉMENT AU MÉMOIRE

Sur les Usines à fer de la France, ajouté dans le mois de Décembre 1826, présentant un Aperçu des Mines de houille de la France, et des Usines à fer de la Grande-Bretagne.

DEPUIS le mois de Janvier 1826, époque à laquelle fut terminé le Mémoire qui précède, le prix du fer a éprouvé des variations, tant en France qu'en Angleterre et ailleurs. Il paraît à propos d'indiquer ces nouvelles données, afin que l'on puisse y avoir égard dans les calculs ultérieurs dont cette matière sera l'objet. D'après les exemples réunis dans le Mémoire, on verra facilement quelles modifications les résultats admis, pour l'époque de Janvier 1826, devront éprouver, pour une autre époque, si de nouveaux élémens sont introduits dans les calculs dont nous avons présenté le cadre.

Voici quel est en ce moment, à la fin de l'année 1826, le prix du fer en France et en Angleterre :

| Dans le département de la Haute-Saône, | Prix des fers de France. |
|--|--------------------------|
| le fer de Franche-Comté, en grosses barres, de première qualité, fabriqué au charbon de bois, se vend sur les forges... .. | 64 à 65 fr. le qal. m. |
| la fonte au charbon de bois, 1 ^{re} . qualité, fonte grise pour moulage. | 25 à 26 fr. |
| la fonte blanche et la fonte truitée, pour fer | 21 |

(Voyez et comparez, page 372 du Mémoire.)

Dans le département de la Haute-Marne,

le fer de Champagne, en grosses barres, de la première qualité, dite *Roche*, fabriqué au charbon de bois, se vend, rendu à Joinville... 55 fr. 70 c. le qal. m.

— de la seconde qualité, dite
Vosges, rendu à St.-Dizier... 51 92

— de la troisième qualité, dite
Demi-Roche, rendu à St.-Dizier 50 »

Ces mêmes fers ont été vendus à Paris, aux consommateurs :

1^{re}. qualité (*Roche*)... 62 fr. c.

2^e. qualité (*Vosges*)... 60 »

3^e. qualité (*Demi-Roche*)... 56 »

(Voyez et comparez, page 378.)

Le fer provenant de fonte obtenue au charbon de bois, et affiné à la houille, se vend ainsi qu'on va le voir :

Fer de Charenton (Seine), rendu à Paris... 50 fr. le qal. m.

— de Fourchambault (Nièvre), sur le lieu de production... 55

— de Châtillon (Côte-d'Or), rendu à Paris... 50

— d'Abainville (Meuse), rendu *idem*... 50

— de Moyeuvre (Moselle), rendu *idem*... 47

(Voyez et comparez, page 381.)

Prix, en France, des fers de Russie.

Les fers de Russie, dits fers de Sibérie, affinés au charbon de bois, reviennent aux prix suivants :

A Rouen, pour le marchand... 56 fr. 75 c. le qal. m.

— pour le consommateur... 62

A Paris, *idem*... 66

(Voyez ci-après le prix des fers anglais en France.)

Prix des fers en Angleterre.

A Londres, le prix des fers est tel qu'il suit :

(Voyez Prince's Price Current, du 10 Novembre 1826.)

Le fer de Russie, affiné au charbon de bois, et marque C.C.N.D. se vend 20 *liv. sterl.* la tonne de 1015 kil. 84, en

entrepôt, ce qui, au cours de 25 fr. 30 c. la *liv. sterl.*, fait, par quintal métrique... 49 fr. 86 c.

Le fer de Russie marqué P. S I., 16 *liv. sterl.* 10 *sh.* la tonne (*idem*), ce qui fait, par qal. mét. 41 12

Le fer de Suède, affiné au charbon de bois, 14 *liv. sterl.* la tonne (*idem*), ce qui fait, par qal. mét. 34 89

Lorsque ces fers en *entrepôt* sont consommés en Angleterre, ils s'y vendent 3 fr. 73 c. de plus par qal. mét., à cause d'un droit, dit *Customs duty*, lequel est de 1 *liv. sterl.* 10 *sh.* par tonne.

Le fer d'Angleterre, provenant de fonte obtenue par le moyen du *Coke*, et affiné à la houille, se vend 10 *liv. sterl.* 10 *sh.* la tonne, rendue à Londres, ce qui fait, par quint. mét. 26 15

Le fer d'Angleterre (*idem*), dans le port de Cardiff, 8 *liv. sterl.* 10 *sh.* la tonne, ce qui fait, par qal. mét. 21 16

La fonte brute d'Angleterre, pr. moulage, obtenue par le moyen du *Coke*, 8 *liv. sterl.* la tonne, rendue à Londres, ce qui fait, par qal. m. 20 71

La fonte brute pour fer (*idem*), 5 *liv. st.* la tonne, prix moyen dans les usines du Staffordshire, ce qui fait par qal. mét. 12 65

La fonte mazée (*Fine-metal*), 6 *liv. sterl.* 10 *sh.* la tonne, ce qui fait par qal. mét. 16 16

D'après ces données, on peut calculer que :

Prix des fers anglais, en France.

Le fer anglais, entièrement fabriqué à la houille, étant rendu de Cardiff au Havre, y coûte, par quintal métrique... 52 fr. 81 c.

Dans les forges de la Belgique,

Prix des fers de Belgique, et d'Allemagne

le quintal mét. de fer se vend actuellement... 41 »

La 1^{re}. qualité coûte 44 fr., et la moindre... 36.

En Allemagne, dans les forges voisines du Rhin, le quintal mét. de fer se vend, prix moyen, 30 à 36 fr.

Prix comparés de la fonte et du fer.

La comparaison des prix sus-énoncés nous conduit aux remarques suivantes :

En France, dans la fabrication du fer par le moyen du charbon de bois, le prix du fer en barres (63 fr.) est triple du prix de la fonte brute pour fer (21 fr.).

En Angleterre, dans la fabrication du fer par le moyen de la houille, le prix du fer en barres (26 fr.) est à-peu-près double du prix de la fonte brute pour fer (12 fr. 65 c.).

Cette différence, que nous venons de voir pag. 441 et 443, exprime l'avantage qui résulte de la fabrication du fer forgé par le moyen de la houille et du laminoir; elle montre que si, par les deux modes d'affinage, on traite comparativement de la fonte brute, supposée d'un même prix dans les deux cas, on dépensera pour l'ancien procédé à-peu-près deux fois autant que pour le nouveau.

Déjà, dans quelques-unes des nouvelles usines de la France, le rapport du prix des fers, affinés par le moyen de la houille, au prix de la fonte est à-peu-près le même qu'en Angleterre, c'est-à-dire comme 2 : 1 (*voyez l'exemple, p. 399*). Mais en France, ce n'est, en général, que sur de la fonte obtenue au charbon de bois, et par conséquent d'un prix très-élevé, que l'on exécute le nouveau procédé d'affinage; de là provient la cherté du fer en barres affiné à la houille.

Obstacles à la production de la fonte.

Jusqu'à présent, plusieurs obstacles s'opposent à ce que la fonte de fer au *Coke* soit produite, en France, aussi abondamment et pour un aussi bas prix qu'en Angleterre. Ces obstacles sont principalement :

- 1°. La difficulté des communications intérieures;
- 2°. Le retard qu'éprouve la marche progressive,

c'est-à-dire l'avancement des travaux d'exploitation, dans plusieurs de nos principales mines de houille; ce retard a lieu, d'un côté, parce que l'usage du combustible minéral étant moins répandu en France qu'en Angleterre, l'extraction en est moins rapide chez nous, et d'un autre côté, parce que nos couches de houille sont communément des masses beaucoup plus épaisses que celles des Anglais. De ce retard des travaux d'exploitation, il résulte que, dans un même espace de temps et dans une même étendue de terrain, si l'on admet d'ailleurs, pour les deux pays, une interposition également fréquente des lits de minerai de fer au sein des couches de houille, ce minerai des houillères ne peut quant à présent être extrait aussi promptement et en aussi grande quantité en France qu'en Angleterre.

3°. Un troisième obstacle, en France, à la production de la fonte de fer au *Coke*, c'est la cherté de la houille, non pas tant sur les mines, où quelquefois même ce combustible est à vil prix, que dans les usines, où il ne peut être transporté qu'à grands frais.

4°. Enfin, un autre obstacle, c'est le haut prix du transport de la *Castine* qui est nécessaire comme fondant, les mines de houille de la France n'étant pas aussi communément voisines du terrain calcaire, que le sont, en général, celles de la Grande-Bretagne.

Telles sont les difficultés qui jusqu'à présent s'opposent, en France, à ce que le fer y soit fabriqué par le moyen de la houille et du laminoir, pour un aussi bas prix qu'en Angleterre; le temps seul pourra les faire disparaître, du moins en partie. Ces points de vue, qui méritent l'attention

des entrepreneurs de semblables usines à fer, ne sont pas indignes des regards d'un gouvernement protecteur de l'industrie.

Fabrication du fer en Angleterre. D'après une relation récente et digne de foi, on peut calculer qu'en Angleterre, dans les usines du Staffordshire, le prix d'un quintal métrique de fonte brute pour fer se compose des élémens que voici :

| | | | | |
|----------------------|------------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | qx. m. | | | |
| Fusion des minerais. | Minerais | 3,78 à 1 fr. 90 c. | le qal. mét. | 7 fr. 18 c. |
| | Castine | 1,42 » 72 | | 1 2 |
| | Houille | 3,78 » 95 | | 3 59 |
| | Main-d'œuvre | | | » 86 |

Prix total de la production d'un qal. m. de fonte brute pour fer, dans le Staffordshire.. 12 fr. 65 c.

Pour fabriquer un quintal métrique de fer en barres, on emploie 1, qal.m.33 de fonte brute. Ainsi, pour chaque quintal mét. de fer, la dépense relative à la fonte brute est à-peu-près telle qu'il suit :

| | | | | |
|--|------------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | qx. m. | | | |
| | Minerais | 5,04 à 1 fr. 90 c. | le qal. mét. | 9 fr. 57 c. |
| | Castine | 1,89 » 72 | | 1 36 |
| | Houille | 5,04 » 95 | | 4 78 |
| | Main-d'œuvre | | | 1 14 |

Prix total de la production de 1, qal.m.33 de fonte, *idem*.. 16 fr. 85 c.

Finage de la fonte. De 1, qal.m.33 de fonte brute, il résulte en fonte mazée (*Fine-metal*) 1, qal.m.16. On dépense dans cette opération, dite *mazage* ou *finage* :

| | | | | |
|--|------------------------|---------------------|------------|--------------|
| | qal. m. | | | |
| | Fonte brute | 1,33 à 12 fr. 65 c. | le qal. m. | 16 fr. 85 c. |
| | Houille | 1,16 » 95 | | 1 10 |
| | Main-d'œuvre | | | » 83 |

Prix total de la production de 1, qal.m.16 de fonte mazée, quantité nécessaire pour la fabrication d'un qal. mét. de fer en barres.... 18 fr. 78 c.

De 1, qal.m.16 de fonte mazée, il résulte 1 qal. mét. de fer en barres. On dépense dans ces opérations, dites *pudlage* et *laminage* :

| | | | | |
|--|------------------------|---------------------|--|--------------|
| | qal. m. | | | |
| | Fonte mazée | 1,16 à 16 fr. 16 c. | | 18 fr. 78 c. |
| | Houille | 1,49 » 95 | | 1 42 |
| | Main-d'œuvre | | | 1 96 |

Prix total de la production d'un qal. mét. de fer en barres, fabriqué à la houille et au laminoir, dans le Staffordshire. 22 fr. 16 c.

En résumant ce qui précède, on voit que, dans le Staffordshire, pour chaque quintal mét. de fer fabriqué par le moyen de la houille et du laminoir, le prix de fabrication se compose des élémens que voici :

| | | | | |
|--|--|--------------------|-------------|-------------|
| | qx. m. | | | |
| | Minerais | 5,04 à 1 fr. 90 c. | le qal. m. | 9 fr. 57 c. |
| | Castine | 1,89 » 72 | | 1 36 |
| | Houille pour la fusion | 5,04 » 95 | 4 fr. 78 c. | } 7 30 |
| | — pr. le <i>finage</i> | 1,16 » <i>id.</i> | 1 10 | |
| | — pr. le <i>pudlage</i> et <i>laminage</i> | 1,49 » <i>id.</i> | 1 42 | |
| | Main-d'œuvre | | | 3 fr. 95 c. |

TOTAL comme ci-dessus, de la production d'un qal. mét. de fer en barres, dans le Staffordshire 22 fr. 16 c.

(Voyez Notice sur les manufactures de fer du Staffordshire, par M. le C^o. Achille de Jouffroy, *Journal du Commerce*, du 23 Décembre 1826.)

Si l'on compare ces renseignemens avec ceux qui concernent les usines de la France, d'après les faits exposés p. 387 et suiv., on trouve les résultats que nous allons indiquer :

En France, dans la production du fer en barres

Prix de la fabrication française.

par le moyen du charbon de bois, les élémens du prix de ce métal, abstraction faite, comme dans l'exemple relatif au Staffordshire, des frais généraux, des intérêts, et du bénéfice de l'industrie, sont tels qu'il suit :

| | | | | |
|-----------------------------|------------|----------------|--------------|--------------|
| | qx. m. | | | |
| Minerais | 5, à 2 fr. | 2 c. | le qal. m. | 10 fr. 20 c. |
| Castine | 1, » » | 20 | » | 20 |
| Charbon de bois | | | | |
| pour la fusion | 2,25 | 9 | 36 | 21 6 |
| — pour l'affinage | 1,75 | idem | 16 | 38 |
| Main-d'œuvre | | | 3 | 66 |

Prix total de la production d'un qal. mét. de fer en barres, fabriqué au charbon de bois, dans le département de la Haute-Saône 51 fr. 50 c.

Quant à la fabrication française, du fer affiné à la houille, et provenant de fonte au *Coke*, on peut calculer, en combinant les données des deux exemples rapportés p. 396 et 399, que si le prix d'achat de la fonte obtenue par le moyen du *Coke* était, pour toute la France, tel qu'il est indiqué, pour une certaine localité, par l'exemple p. 396 (20 fr. 83 c.), le prix de la fabrication d'un quintal métrique de fer en barres, par le moyen de la houille et du laminoir, se composerait des élémens ci-après :

| | | | | |
|----------------------------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| | qx. m. | | | |
| Minerais | 5,4 à 1 fr. | 80 c. | le qal. m. | 9 fr. 72 c. |
| Castine | 1, » » | 20 | » | 20 |
| Houille | | | | |
| pour la fusion | 6,75 | 1 | 50 | 10 fr. 12 |
| — p ^r . l'affinage et | | | | } 17 52 |
| le laminage | 2,4 | 3 | » 7 |  | 20 |
| Main-d'œuvre | | | 2 | 77 |

Prix total de la production en France d'un qal. mét. de fer en barres, fabriqué à la houille et au laminoir, avec de la fonte au *Coke*, dans l'hypothèse sus-énoncée 30 fr. 01 c.

La différence considérable que l'on remarque entre ce dernier prix et celui que nous avons calculé, p. 399, provient principalement de ce qu'en France ce n'est point de la fonte au *Coke*, mais de la fonte au charbon de bois, que l'on emploie dans l'affinage du fer à la houille ; cette dernière fonte, ainsi qu'on le voit p. 399, est d'un prix beaucoup plus élevé que nous ne l'avons supposé dans l'hypothèse qui précède, d'après l'exemple présenté p. 396. Une autre cause de cette différence, c'est que, dans le prix total qui a été trouvé p. 401, sont compris des frais généraux, des intérêts, et un bénéfice de l'industrie, objets dont nous avons dû faire abstraction dans cette même hypothèse, afin que le résultat du calcul devînt comparable avec ceux que nous venons de considérer, relativement au Staffordshire.

Dans les calculs ultérieurs du prix des fers, on se rappellera que, depuis le 5 Avril 1826, en vertu de l'Ordonnance du Roi, du 8 Février précédent, les fers étrangers, à leur importation par navires britanniques, ne paient plus que les mêmes droits qui sont perçus sur les mêmes marchandises, à leur importation par navires français. (*Voyez ladite Ordonnance de 1826, art. 2, Bulletin n^o. 78, et ci-dessus, page 385.*) On sait que du reste, en vertu de la loi relative à la fixation du budget de 1827, les droits sur les fers sont restés tels qu'ils étaient antérieurement. (*Voyez cette loi du 6 Juillet 1826, Bul. n^o. 101, art. 5, et ci-dessus, page 367.*)

Il est à remarquer que, dans le moment actuel, le commerce des fers se ressent des fluctuations auxquelles sont exposées diverses entre-

Droits
d'entrée
sur les fers
étrangers.

Nouvelles
entreprises
d'usines à fer
en France.

prises qui emploient ce métal; il en résulte de fréquentes alternatives de hausse et de baisse dans le prix des fers, qui en général tend à baisser. Cependant, le zèle des entrepreneurs de nouvelles usines à fer ne se ralentit pas en France. Outre les projets indiqués par les Tableaux n^{os} 2 et 3, (p. 348 et 360), d'autres ont été conçus tout récemment. Il convient de les indiquer ici pour compléter ces mêmes Tableaux, à la fin de 1826.

Dans le département de la Loire-Inférieure, à la Jahotière près de Châteaubriant, M. de Jouffroy s'occupe de faire construire de grandes usines à fer, d'après des indices de houille et de minerai des houillères. (*Voyez Journal du Commerce, du 23 Décembre 1826.*)

Dans le département de la Haute-Saône, de nouvelles demandes ont été formées, en 1826, à l'effet d'établir deux hauts-fourneaux par le moyen du *Coke*, l'un à Solborde, commune d'Echenoz-la-Meline, l'autre sur la rivière de la Vingeanne, dans la commune de Lœuilley, arrondissement de Gray. On se propose d'employer, dans ces établissemens, du minerai de fer provenant des minières de la Haute-Saône et de la Côte-d'Or, avec de la houille extraite des mines de la Haute-Saône, de la Loire, de Saône-et-Loire et du Doubs.

Dans le département des Vosges, à Vrécourt, arrondissement de Neufchâteau, un autre entrepreneur a demandé, en 1826, à construire un haut-fourneau, pour y fondre, par le moyen du charbon de bois, des minerais de fer provenant des minières des départemens des Vosges et de la Haute-Marne.

Dans le département de l'Hérault, on a conçu

le projet de construire à Rougas près Saint-Gervais de grandes usines à fer dans lesquelles on veut employer la houille des mines de Bédarieux, situées non loin de Montpellier.

Dans le département du Gard, auprès du Vigan, on s'occupe de former de semblables établissemens par le moyen du même combustible. Deux autres entreprises du même genre ont été annoncées, en 1826, dans ce département, par deux compagnies distinctes; ces compagnies se proposent de construire un grand nombre de hauts-fourneaux devant aller au *Coke*, et des forges à l'anglaise, dans les environs d'Alais, au milieu du terrain houiller et d'un ensemble de localités qui paraît favorable.

On espère aussi que, dans le département de l'Allier, auprès de Commentry, de grandes usines à fer pourront être établies avantageusement sur les abondantes mines de houille qui sont ouvertes en ce lieu; mais pour donner suite à ces projets, on attend que le canal de Berry soit terminé (*voy. p. 550*).

L'exécution de ces nouvelles entreprises pourra augmenter encore le surcroît de produit en fonte de fer, que dès-à-présent on a lieu d'espérer, dans les usines de la France (*voy. p. 349*).

Comme désormais il doit y avoir une relation intime entre l'activité des usines à fer et celle des mines de houille, il est à propos de consigner ici les faits d'après lesquels nous admettons (page 375 du Mémoire) que l'extraction de ce combustible s'élève, en France, à 14 millions de quintaux métriques, par année.

Suivant les États dressés dans les départe-

mens, pour l'assiette des redevances établies par la loi du 21 Avril 1810, le produit brut de toutes les mines de houille que possède la France est évalué, ainsi que nous allons le voir, sans compter les quantités de ce combustible qui sont consommées dans l'enceinte même des établissemens, pour le service de l'exploitation.

Pendant l'année 1825, l'extraction de la houille s'est élevée, dans les trente-deux départemens ci-dessous dénommés, aux quantités que voici, d'après les estimations faites, sur les lieux, par les *Comités d'évaluation* :

| | | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|---|-----------|-----------|
| 1 ^{re} . Inspection des mines. | Creuse. | 11.107 | } quint ^s . métr. de-houille. | 318.930 | |
| | | Corrèze. | | | 9.121 |
| | | Maine-et-Loire | | | 93.407 |
| | | Mayenne. | | | 28.000 |
| 2 ^e . | Sarthe. | 42.800 | } | 3.217.274 | |
| | | Loire-Inférieure... . | | | 134.495 |
| | | Calvados. | | | 276.332 |
| | | Pas-de-Calais... . | | | 50.344 |
| 3 ^e . | Nord. | 2.890.598 | } | 970.715 | |
| | | Bas-Rhin. | | | 1.254 |
| | | Haut-Rhin. | | | 8.781 |
| | | Haute-Saône... . | | | 280.266 |
| 4 ^e . | Nièvre. | 235.900 | } | 6.387.288 | |
| | | Allier... . | | | 92.857 |
| | | Saône-et-Loire . . . | | | 351.657 |
| | | Loire... . | | | 5.503.886 |
| 5 ^e . | Puy-de-Dôme | 103.500 | } | 825.380 | |
| | | Cantal. | | | 1.500 |
| | | Haute-Loire. | | | 361.866 |
| | | Rhône... . | | | 66.820 |
| 5 ^e . | Isère. | 49.932 | } | 825.380 | |
| | | Hautes-Alpes. . . . | | | 13.500 |
| | | Basses-Alpes... . | | | 9.304 |
| | | Bouches-du-Rhône. | | | 245.694 |
| 5 ^e . | Vaucluse... . | 51.286 | } | 825.380 | |
| | | Gard. | | | 403.036 |
| | | Ardèche. | | | 64.780 |
| | | Hérault. | | | 134.395 |
| 5 ^e . | Aude. | 1.685 | } | 825.380 | |
| | | Tarn... . | | | 125.950 |
| | | Dordogne... . | | | 2.103 |
| | | Aveyron... . | | | 93.431 |

TOTAL. 11.719.587.

A ce résultat des estimations, qui sont en général modérées, il convient d'ajouter au moins un cinquième du total trouvé ci-dessus, tant pour compenser la faiblesse des déclarations, ou des calculs approximatifs, que pour tenir compte des quantités de houille qui se consomment sur les mines, sans être sujettes à redevance, et enfin pour représenter un surcroît de produit qui résulte, soit de l'exploitation plus active des mines déjà existantes, soit de nouvelles entreprises et concessions de mines, qui ont été faites dans ces derniers temps.

Ainsi, au total ci-dessus . . . 11.719.587^q.m.
ajoutant le cinquième, ci. . . 2.343.916

on trouve la quantité sus-énoncée, de. 14.063.503^q.m.

Sur les trente-deux départemens dont les mines de houille procurent ce total, il en est vingt-trois, dans chacun desquels, d'après les États de redevances pour l'année 1825, on extrait annuellement au moins 28.000 quintx. mét. de houille; on peut considérer ces vingt-trois départemens, comme possédant, en ce genre, les principales mines de la France:

Leur produit total est de. . . 14.005.126^q.m.

Quant aux neuf autres départemens, dans chacun desquels, suivant les mêmes États, le produit annuel ne s'élève pas encore au-dessus de 13.500 qx. mét. par année, leur produit total est de, . . .

58.377

TOTAL général comme ci-dessus. 14.063.503^q.m.

(Voyez Mémoire intitulé des Combustibles minéraux, dans les Annales des Mines de 1826.)

L'exploitation des mines de houille, qui procure ce total de produit annuel, occupe, dans l'enceinte même des établissemens, environ 16.000 ouvriers.

Outre les trente-deux départemens dans lesquels des mines de houille sont en activité, ainsi qu'on vient de le voir, il en est plusieurs où l'on a observé quelques indices de combustibles minéraux, jusqu'à présent peu exploités; tels sont les départemens dont suivent les noms: l'Ain, l'Ariège, le Doubs, la Drôme, la Meurthe la Meuse, et le Morbihan.

Dans le total sus-énoncé ne sont pas compris les produits que l'on obtient, en *Lignite*, dans quelques départemens; par exemple, dans le département du Bas-Rhin, la mine de Bouxviller fournit annuellement 60.000 quint. mét. de ce combustible minéral, que l'on y emploie pour la fabrication du vitriol, de l'alun et de plusieurs autres produits chimiques. Les départemens de l'Aisne et de l'Oise fournissent aussi une grande quantité de lignite décomposé, que l'on met à profit pour le même objet. Dans le département de l'Isère, on exploite un lignite, ou bois fossile, dont l'extraction ne s'est pas élevée, en 1825, au-dessus de 550 quintx. mét. Il en existe aussi dans le département du Var, mais sans produit.

En partant du point que nous avons essayé de fixer, relativement à l'état des usines à fer de la France, considérées en 1826, on pourra toujours procéder d'une manière analogue, pour une époque ultérieure. On jugera ainsi de la marche qu'aura suivie cette branche de l'industrie française pendant un certain laps de temps. On pourra donc assigner les causes qui auront

Mines de lignite.

État futur des usines à fer de la France.

influé sur cette marche, discuter utilement les mesures à prendre, et prévoir les résultats à espérer. Tel est l'objet que nous nous sommes proposé en offrant un cadre, dans lequel on pourra placer, pour chaque époque, les faits qui lui conviendront, et modifier ainsi les chiffres que nous avons admis relativement à celle qui nous occupait.

Par ce moyen, on pourra comparer l'industrie des usines à fer de la France, d'une part avec elle-même, d'autre part avec l'industrie de la Grande-Bretagne, considérée sous le même rapport. Afin de faciliter une telle comparaison, qui semble devoir amener d'heureux résultats, nous allons saisir l'occasion d'exposer quelques faits par la réunion desquels on a constaté, dans la Grande-Bretagne, les développemens successifs de l'industrie des forges, d'abord depuis l'année 1788 jusqu'en 1806, et ensuite depuis 1806 jusqu'en 1826. C'est en grande partie aux soins de MM. Boigues et Dufaud, habiles maîtres de forge à Fourchambault (Nièvre), que nous sommes redevables des utiles renseignements dont nous présentons le sommaire en terminant cet écrit.

(Voyez et comparez *Richesse minérale*, Tome 1, page 283 et suivantes, et Tome 3, pages 426 et 435, Paris, 1810 et 1819; et *Revue britannique*, Paris, Janvier 1826, n^o. 7.)

En l'année 1788, la Grande-Bretagne possédait le nombre ci-après de hauts-fourneaux en activité pour la fusion du minerai de fer, savoir :

| | HAUTS-FOURNEAUX. | |
|--|----------------------------|-----------------|
| | allant au charbon de bois. | allant au Coke. |
| Dans la principauté de Galles. | 5 | 8 |
| Dans le Staffordshire. | » | 9 |
| — Shropshire. | 3 | 21 |
| — Derbyshire. | 1 | 7 |
| — Yorckshire. | 1 | 6 |
| Dans les Comtés de Sussex, Gloucester, Monmouth, Chester, Lancaster, Westmoreland, Cumberland. | 14 | 7 |
| En Ecosse. | 2 | 2 |
| TOTAL. | 26 | 60 |

L'ensemble de ces 86 hauts-fourneaux produisait en fonte de fer,

par 26 hauts-fourneaux allant au charbon de bois. 14.500 tonnes.
par 60 hts.-fourneaux allant au Coke. 55.500

TOTAL 70.000 tonnes,
équivalant à 711.088 quintaux métriques.

En l'année 1806, le nombre des hauts-fourneaux pour la fusion du minerai de fer par le moyen de la houille carbonisée, dite *Coke*, fut tel qu'il suit :

| | H ^{ts} . fourneaux. |
|--|------------------------------|
| Dans la principauté de Galles. | 52 |
| Dans le Staffordshire. | 42 |
| — Shropshire. | 42 |
| — Derbyshire. | 17 |
| — Yorckshire. | 28 |
| Dans les Comtés de Gloucester, Monmouth, Leicester, Lancaster, Cumberland, Northumberland. | 18 |
| En Ecosse. | 28 |
| TOTAL. | 227 |

Sur ce nombre de hauts-fourneaux, 159 furent en activité ;

Ils produisirent en total. 244.071 tonnes.

Il existait de plus 2 hauts-fourneaux au charbon de bois, qui produisirent en somme 1.000

TOTAL . . . 245.071 tonnes,

équivalant à 2.489.529 q^x. mét. de fonte de fer.

En l'année 1826, voici quel est le nombre des hauts-fourneaux que possède la Grande-Bretagne pour la fusion du minerai de fer par le moyen du *Coke*, seul procédé que l'on y emploie maintenant :

| | Hauts-fourneaux. |
|---|------------------|
| Dans la principauté de Galles | 87 |
| Dans le Staffordshire, le Shropshire et les autres Comtés ci-dessus indiqués. | 162 |
| En Ecosse. | 56 |
| TOTAL | 305 |

Sur ce nombre de hauts-fourneaux, 280 sont en activité ; le produit moyen de chacun de ces grands appareils est de 50 tonnes par semaine ; ainsi, pour l'année entière, le produit total des 280 hauts-fourneaux est de 728.000 tonnes, équivalant à 7.395.315 quintaux métriques.

C'est ainsi que, dans une période de quarante années à-peu-près, la production en fonte de fer est devenue plus de dix fois aussi forte qu'elle l'était au commencement de cette même période. La production, soit de la fonte moulée, soit du fer affiné par le moyen de la houille, s'est accru dans le même rapport.

Le prix du fer en barres, dans la Grande-Bretagne, était,

En l'année 1788, de 22 liv. sterl. la tonne ;

Il est, en 1826, de 10 liv. sterl. 10 sh.

Ces faits montrent suffisamment quel avantage procurent l'exploitation des mines de houille et des mines ou minières de fer, l'amélioration des procédés métallurgiques, la facilité des communications intérieures, et la concurrence.

Espérons que bientôt la France aura lieu de se féliciter aussi, en comparant l'état de ses usines à fer avec celui que nous avons essayé de faire connaître exactement, pour l'année 1826. Déjà les progrès qui ont été constatés, depuis l'année 1819, autorisent cette espérance ; elle sera confirmée par le Gouvernement d'un Roi qui veut assurer à la France tous les genres de prospérité.

TABLE DES MATIÈRES.

| | |
|--|------------|
| INTRODUCTION. | Pag. 339 |
| 1 ^{re} . Question : De la production totale de la fonte et du fer en France. | 342 |
| Nombre de hauts-fourneaux. (Tableau n ^o . 1.) | 343 et 346 |
| Produit en fonte, pour toute la France. | 343 et 347 |
| Feux d'affinerie au charbon de bois | 347 |
| Hauts-fourneaux en construction, ou en projet. (Tableau N ^o . 2.) | 348 |
| Fonte importée, ou exportée. | 351 |
| Fonte employée en France. | 353 |
| Produit en fonte moulée. | <i>Ib.</i> |
| Fonderies pour la seconde fusion. | <i>Ib.</i> |
| Forges à la houille. (Tableau N ^o . 3.) | 360 |
| Produit en fer forgé, provenant de fonte. | 361 |
| Forges catalanes. (Tableau N ^o . 4.) | 364 |
| Produit en fer forgé, pour toute la France. | 365 |
| Nombre d'ouvriers employé. | <i>Ib.</i> |
| 2 ^e . Question : De l'effet qu'a produit la loi des Douanes de 1822, sur l'état des forges de la France | 366 |
| Droits d'entrée sur les fontes et fers. | 367 |
| Importation et exportation. (Tableau N ^o . 5.) | 368 |
| Effets de la loi sur les Douanes de 1822. | 370 |
| Prix des fers français. | 376 |
| Fers de Champagne et autres. (Tableau N ^o . 6.) | 377 |

| | |
|--|------------|
| Prix des fers étrangers. | Pag. 380 |
| — de Russie, de Suède et d'Angleterre, à Londres. | 381 |
| Fers de Russie. | 382 |
| — de Suède. | 383 |
| — d'Angleterre. | 384 |
| Prix de fabrication du fer au charbon de bois, en France. | 387 |
| — de la fonte au charbon de bois. | 393 |
| — de la fonte au <i>Coke</i> | 396 |
| — du fer à la houille | 399 |
| — du fer dans les forges catalanes. | 403 |
| Rapports des forêts avec les usines à fer. | 405 |
| Coupe annuelle des forêts. | 406 |
| Bois employé par les usines à fer. | 407 |
| Revenu net des forêts | 408 |
| Revenu net des usines à fer | 409 |
| Comparaison de ces revenus. | 412 |
| Valeur du produit brut des usines à fer. | 417 |
| Répartition de cette valeur. (Tableau N ^o . 7.) | 420 et 422 |
| Martinets, fenderies et ateliers de moulage. | 423 |
| Consommation du fer en France. | 424 |
| 3 ^e . Question : De la fonte-douce produite en France. | 428 |
| Qualité de la fonte-douce | <i>Ib.</i> |
| Prix de la fonte d'Angleterre. | 430 |
| RÉSUMÉ ET CONCLUSION. | 436 |
| SUPPLÉMENT au Mémoire sur les Usines à fer de la France, ajouté dans le mois de Décembre 1826, présentant un Aperçu des Mines de houille de la France et des Usines à fer de la Grande-Bretagne. | 441 |
| Prix des fers de France, en Novembre 1826. | <i>Ib.</i> |

| | |
|---|------------|
| Prix, en France, des fers de Russie. | Pag. 442 |
| Prix des fers de Russie, de Suède et d'Angleterre, à Londres. | <i>Ib.</i> |
| — anglais, en France. | 443 |
| — de Belgique et d'Allemagne. | <i>Ib.</i> |
| Prix comparés de la fonte et du fer. | 444 |
| Obstacles à la production de la fonte, en France. | <i>Ib.</i> |
| Fabrication du fer en Angleterre. | 446 |
| Fusion des minerais. | <i>Ib.</i> |
| Finage de la fonte. | <i>Ib.</i> |
| Pudlage et laminage. | 447 |
| Prix de la fabrication anglaise. | <i>Ib.</i> |
| Prix de la fabrication française. | <i>Ib.</i> |
| Droits d'entrée sur les fers étrangers, d'après le bud- get de 1827. | 449 |
| Nouvelles entreprises d'usines à fer, à la fin de 1826. | <i>Ib.</i> |
| Produit annuel des mines de houille, en France, par département. | 451 |
| Mines de lignite. | 455 |
| Etat futur des Usines à fer de la France. | <i>Ib.</i> |
| Usines à fer de la Grande-Bretagne. | 457 |

EXAMEN

*De quelques produits du traitement mé-
tallurgique des minerais d'étain ;*

PAR M. P. BERTHIER.

1°. *Minerais de Piriac fondus à Poulaouen.*

MM. Juncker et Dufrénoy ont fait, à Poulaouen, en 1818, une fonte d'essai des minerais d'étain découverts à Piriac (1), et ils ont envoyé à l'École des mines des échantillons des différens produits qu'ils ont obtenus : ce sont ces échantillons que l'on a examinés ; cependant les minerais ne sont pas absolument les mêmes que ceux qui ont été fondus ; les minerais que l'on a soumis aux expériences du laboratoire avaient été recueillis à Piriac quelque temps avant que l'on songeât à faire un essai métallurgique en grand.

Les échantillons étaient au nombre de quatre ; savoir, 1°. des galets ; 2°. un gros sable à grains d'environ 1 millim. de diamètre ; 3°. et 4°. deux sables très-fins : les échantillons 2, 3 et 4 provenaient du lavage des sables ramassés sur la côte.

1°. Les galets sont des morceaux d'oxide d'étain de la grosseur d'une noisette et sans mélange de sable : leur pesanteur spécifique est de 6,70. On y a trouvé par la voie humide :

| | | |
|------------------------|-------|----------|
| Oxide d'étain. | 0,894 | } 0,976. |
| Oxide de fer | 0,046 | |
| Silice. | 0,030 | |
| Alumine | 0,006 | |

(1) Voyez leur rapport, *Annales des Mines*, tom. 4, page 21.

On en a chauffé, dans un creuset brasqué, à 150° pyrométriques,

| | | |
|-----------------------------------|--------|---------|
| ..... | 10g,00 | |
| Avec alumine calcinée..... | 0,10 | |
| Marbre 0g,25 contenant chaux..... | 0,14 | |
| | | <hr/> |
| | | 10g,24, |

on a eu

| | | |
|---------------|--------------|-------|
| Étain..7g,38 | } total..... | 8,04 |
| Scorie..0g,66 | | |
| Oxigène..... | | <hr/> |
| | | 2,20. |

L'étain contenait du fer en alliage : la scorie était bien fondue, vitreuse, opaque, d'un vert clair, et elle s'est facilement détachée du culot.

N° 2. A l'aide de la loupe, on aperçoit dans ce sable des corindons, des essonites, du quartz hyalin, du fer oxidulé, probablement titané, et quelques grains de chaux carbonatée : sa densité est de 5,56. Il fond bien sans addition au creuset brasqué, et produit, terme moyen, 0,70 d'étain allié de fer et une scorie vitreuse bien fondue : on a trouvé dans cette scorie :

| | |
|---------------------------|--------|
| Silice..... | 0,39 |
| Alumine..... | 0,40 |
| Oxide fer..... | 0,12 |
| Chaux, magnés., manganès. | 0,09 |
| Oxide d'étain..... | trace. |

1,00 :

d'où l'on voit que le sable renferme une très-grande quantité d'alumine ; en y ajoutant son propre poids, ou davantage, de galets en poudre, il forme un mélange de facile fusion : ce mélange deviendrait encore plus fusible par l'addition d'une certaine quantité de chaux.

N° 3. Le sable n° 3 est à grains très-fins : sa

pesanteur spécifique est de 3,70. Il renferme les mêmes minéraux que le gros sable, mais dans des proportions différentes.

10g,0, essayés sans addition, ont donné :

1g,50 culot métallique,
7,84 scorie ;

celle-ci était vitreuse, noire, translucide ; le culot était gris, très-cassant et contenait :

Fer 1g,03—0,7924
Étain 0g,27—0,2076 :

d'où il suit que le sable ne contient guère que 0,03 à 0,04 d'oxide d'étain.

N° 4. Ce sable est analogue au précédent.

10g, essayés sans addition, ont donné :

0g,77 culot métallique,
0g,50 scorie ;

celle-ci était bien fondue, verdâtre, mais opaque et un peu scoriforme. Le culot, d'un gris de fonte et très-cassant, contenait :

Fer 0g,68—0,8784
Étain 0g,09—0,1216 :

d'où il suit que le sable ne renferme que 0,01 à 0,02 d'oxide d'étain.

Il n'y a pas d'autre moyen de faire l'essai exact des minerais d'étain que celui qui vient d'être suivi : l'on voit que ce moyen ne donne pas l'étain pur, mais que ce métal est allié avec une certaine quantité de fer dont on ne peut déterminer la proportion que par voie humide. Il est possible d'extraire de l'étain pur d'un minium qui contient en même temps du fer ; mais alors on n'en a pas la proportion rigoureuse. Voici comment j'ai procédé pour préparer de

l'étain exempt de fer, dont j'avais besoin, en employant les galets n^o. 1 et le sable n^o. 2 et un minerai de Vaulry (Haute-Vienne); dont la richesse était à-peu-près la même.

J'ai réduit les minerais en poudre très-fine; j'ai mêlé la poudre avec un dixième de son poids de poussier de charbon; j'ai tassé le mélange dans des creusets de terre qui pouvaient en contenir 300 grammes, et j'ai chauffé ceux-ci pendant deux ou trois heures dans un fourneau qui donnait une chaleur de 50 à 60^o. pyrométriques: j'ai obtenu une poudre métallique, agglutinée çà et là; principalement à la partie inférieure, par de l'étain fondu; j'ai mêlé cette poudre avec $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{3}$ de son poids de potasse perlasse ou de carbonate de soude, et j'ai chauffé jusqu'à ce que le tout fût entré en pleine fusion: il en est résulté un culot d'étain et des scories bien fluides, compactes, d'un vert olive quand le minerai contenait peu de fer et au contraire d'un vert foncé ou même noires lorsqu'il y avait beaucoup de fer: l'étain était toujours d'un blanc brillant, très-malléable, et il donnait, par l'acide nitrique, un oxide parfaitement blanc.

Les galets n^o. 1, qui renferment environ 0,72 d'étain, n'en donnent que 0,62 par ce moyen: le sable n^o. 2, qui en renferme 0,68 à-peu-près, n'en donne que 0,56. Le minerai, chauffé avec du charbon, se réduit pour la plus grande partie; cependant il reste une certaine quantité d'oxide d'étain et sur-tout d'oxide de fer en combinaison avec les terres: lorsqu'on fond ensuite la matière avec un carbonate alcalin, tout le fer qui a pu se réduire s'oxide par le moyen de l'acide carbonique du sel, ainsi qu'une certaine quantité d'é-

tain; les oxides se dissolvent dans les scories, auxquelles l'alcali donne une grande fluidité, et l'étain métallique ainsi purifié se réunit en culot.

MM. Juncker et Dufresnoy ont fait l'essai en petit, à Poulauouen, des minerais qu'ils devaient fondre en grand: ils en ont distingué quatre sortes (voyez le mémoire cité, page 46), qui leur ont donné les résultats suivans.

1^o. Galets essayés, sans addition, au creuset brasqué:

| | |
|--------------------|-------|
| Étain | 0,75 |
| Scorie | 0,04 |
| Oxigène | 0,20 |
| Humidité | 0,01. |

2^o. Schlich des veines, essayé sans addition:

| | |
|--------------------|-------|
| Étain | 0,72 |
| Scorie | 0,04 |
| Oxigène | 0,19 |
| Humidité | 0,05. |

La scorie était très-bien fondue.

3^o. Sables mélangés, essayés sans addition:

| | |
|--------------------|-------|
| Étain | 0,48 |
| Scorie | 0,31 |
| Oxigène | 0,14 |
| Humidité | 0,05. |

La scorie était vitreuse, brune et un peu transparente; l'étain faisait fortement mouvoir le barreau aimanté. Les mêmes sables, essayés avec addition de moitié de leur poids de borax, ont produit 0,47 d'étain et une scorie vitreuse, verte, transparente.

4^o. Sable du Port-au-Loup, essayé sans addition:

| | |
|---------------------------------|-------|
| Étain très-magnétique | 0,15 |
| Humidité | 0,05. |

Scorie non pesée, compacte, vitreuse et très-noi-

re; elle devait probablement sa couleur au titane.

Les déchets de lavage fondent bien sans addition; mais on n'en retire que 0,12 de fer, qui ne contient qu'une très-petite quantité d'étain: ces déchets paraissent renfermer beaucoup de grenat, qui les rend très-fusibles.

On a obtenu à Poulouen quatre qualités d'étain; savoir, 1°. l'étain provenant de la liquation, opérée à une température modérée, du métal produit par la fusion du minerai au four à réverbère: cet étain est d'un beau blanc et très-malléable; 2°. l'étain provenant de la fin de la liquation, et qu'on n'a pu obtenir qu'en augmentant la chaleur: il était d'un blanc grisâtre, très-dur; on pouvait le laminer, mais les lames étaient frangées sur les bords et peu flexibles; 3°. l'étain provenant de la fusion au fourneau à manche des scories du four à réverbère; il était très-fortement magnétique; 4°. enfin l'étain provenant de la fusion au fourneau à manche des crasses de la liquation; il avait à-peu-près les mêmes propriétés que l'étain n°. 2. On a trouvé ces quatre étains composés de

| | 1°. | 2°. | 3°. | 4°. |
|------------|--------|-------|-------|--------|
| Étain. . . | 0,995 | 0,730 | 0,970 | 0,951 |
| Fer. . . . | trace. | 0,145 | 0,028 | 0,012 |
| Plomb. . . | 0,002 | 0,099 | 0,000 | 0,030 |
| | 0,997 | 0,974 | 0,998 | 0,993. |

La masse métallique qui reste sur la sole du four à réverbère, après la liquation, contient:

| | | | |
|------------|--------|---------|------------|
| Étain. . . | 0,825 | — 2 at. | } environ. |
| Fer. . . . | 0,165 | — 1 at. | |
| Plomb. . . | 0,005 | | |
| | 0,995. | | |

Ainsi l'alliage composé de 2 at. d'étain et de 1 at. de fer est inaltérable par la liquation.

Lorsqu'on fond les scories du four à réverbère au fourneau à manche, il se forme entre le bain d'étain n°. 3 et les crasses une masse métallique grise et boursoufflée, qui est composée de

| | | |
|-----------------------|-------|----------|
| Étain | 0,390 | } 1,000. |
| Fer. | 0,536 | |
| Charbon et scories. . | 0,014 | |
| Oxigène et perte. . . | 0,060 | |

Le plomb que l'étain préparé à Poulouen s'est trouvé contenir ne provient point d'un mélange accidentel des matières plumbeuses que l'on traite habituellement dans la fonderie: les fourneaux dans lesquels on a opéré la fusion étaient neufs, et on avait pris toutes les précautions convenables pour qu'il ne pût s'introduire aucune substance étrangère dans les minerais. L'examen le plus scrupuleux de ces minerais, fait à la loupe, n'y laissa apercevoir aucune trace d'un minerai de plomb quelconque: on s'est convaincu que ce métal vient uniquement des balles des chasseurs qui poursuivent les oiseaux marins sur la côte; ces balles sont rejetées par la vague pêle-mêle avec les sables stanifères les plus riches.

L'analyse des produits prouve que le plomb se sépare assez bien de l'étain par la liquation et qu'il s'accumule dans les derniers produits.

Il est résulté du traitement des minerais de Piriac au four à réverbère des scories bien fluides, d'un noir un peu métalloïde, magnétiques et très-boursoufflées. Ces scories se fondent facilement au creuset brasqué, sans addition, et produisent

0,154 d'alliage métallique,
et 0,782 de scories,

0,936.

L'alliage métallique est composé de

Fer 0,679
Étain 0,321.

Les nouvelles scories sont vitreuses, compactes, verdâtres, fortement translucides; on les a trouvées composées de

| | | |
|----------------------------------|-------|----------|
| Silice | 0,530 | } 1,000. |
| Alumine | 0,164 | |
| Protoxide de manganèse | 0,146 | |
| Protoxide de fer | 0,070 | |
| Oxide d'étain | 0,030 | |
| Chaux | 0,050 | |
| Magnésie | 0,010 | |

Il suit de là que les scories du four à réverbère contiennent :

| | | |
|----------------------------------|-------|----------|
| Silice | 0,413 | } 0,997. |
| Alumine | 0,128 | |
| Protoxide de manganèse | 0,114 | |
| Protoxide de fer | 0,205 | |
| Oxide d'étain | 0,090 | |
| Chaux | 0,039 | |
| Magnésie | 0,008 | |

Les scories qu'on a obtenues en fondant les sables provenant du lavage des déchets ont, à très-peu près, la même composition que les précédentes : on y a trouvé :

| | | |
|----------------------------------|-------|----------|
| Silice | 0,400 | } 1,000. |
| Alumine | 0,096 | |
| Protoxide de manganèse | 0,111 | |
| Protox. de fer | 0,263 | |
| Oxide d'étain | 0,084 | |
| Chaux | 0,036 | |
| Magnésie | 0,010 | |

Essayées au creuset brasqué, sans addition, elles donnent

0,20 d'alliage métallique,
et 0,75 de scorie;

L'alliage est composé de

Fer 0,72,
Étain 0,28.

20. *Minerais de Saxe fondus à Altenberg.*

M. l'ingénieur Manès a publié, dans les *Annales des Mines*, une description très-détaillée du travail des minerais d'étain en Saxe (t. 8, pag. 837, et t. 9, pag. 281, 463 et 625). On peut voir dans ses mémoires quels sont les différents produits que l'on obtient dans les fonderies : il a recueilli quelques-uns de ces produits à Altenberg. J'ai examiné chimiquement ceux qui m'ont paru présenter le plus d'intérêt.

Scories provenant de la fusion du minerai au haut-fourneau. Elles sont noires, magnétiques, semblables à une scorie de forge; elles contiennent une multitude de petites grenailles d'étain.

108, chauffés au creuset brasqué, sans addition, ont donné :

Alliage métallique. 58,72
Scorie 2,86

8,58

Perte en oxygène . . . 1,42.

L'alliage était gris blanc, grenu, très-cassant, magnétique : il contenait à-peu-près parties égales d'étain et de fer et quelques centièmes de tungstène; la scorie était bien fondue et vitreuse, elle a été trouvée composée de

| | | |
|-----------------------------|-------|----------|
| Silice. | 0,550 | } 0,995. |
| Alumine | 0,085 | |
| Chaux. | 0,130 | |
| Magnésie. | 0,060 | |
| Oxide de manganèse. | 0,060 | |
| Oxide de fer. | 0,110 | |

Scories du haut-fourneau, destinées à être repassées au bas-fourneau : semblables aux précédentes et contenant beaucoup de globules d'étain disséminées ; on a séparé, autant que possible ces globules par le tamisage, et on a fondu au creuset brasqué :

| | |
|--|---------|
| Scories. | 10g,00 |
| Carbonate de chaux, 2g. = Chaux. | 1, 12 |
| | <hr/> |
| | 11, 12; |

on a obtenu

| | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|-------|
| Culot métallique. | 4g,30 | } total. | 9,90 |
| Scorie. | 5,60 | | |
| | | | <hr/> |
| | Oxigène. | | 1,22 |

Chaux ajoutée.

1,12

Autres matières.

4,48.

Le culot métallique était blanc grisâtre, cristallin, magnétique et très-cassant : il contenait environ le quart de son poids d'étain avec du fer et du tungstène. La scorie était vitreuse, fortement translucide et d'un brun de résine.

Scories qui proviennent de la fusion au bas-fourneau des scories précédentes mêlées avec les lous. Elles sont d'un brun foncé et parsemées de très-petites grenailles d'étain : on les rejette après qu'on en a séparé ces grenailles par le lavage. Dans l'essai qu'on a fait, il est resté sur le tamis 0,04 d'étain métallique ; 10g. de la poussière fondue sans addition ont donné :

| | |
|---------------------------|-------|
| Culot métallique. | 3,75 |
| Scorie. | 5,12 |
| | <hr/> |
| | 8,87 |

Perte ou oxigène.

1,13.

Le culot était cassant : on y a trouvé :

| | |
|--|-------|
| Fer. | 0,750 |
| Étain. | 0,150 |
| Tungstène, etc. 0,095 insol. dans l'ac. mur. | |

La scorie était vitreuse, transparente et d'un beau vert bouteille ; elle contenait :

| | | |
|-----------------------------|-------|----------|
| Silice. | 0,540 | } 0,984. |
| Alumine. | 0,166 | |
| Chaux. | 0,066 | |
| Magnésie. | 0,032 | |
| Oxide de fer. | 0,150 | |
| Oxide de manganèse. | 0,030 | |

Scories provenant de la fonte du schlich au bas-fourneau. Elles sont d'un gris noirâtre ou d'un gris livide, à cassure sensiblement cristalline, mais terne : l'échantillon essayé ne contenait pas de globules d'étain. On a fondu

| | |
|--|--------|
| Scorie. | 10g,00 |
| Carbonate de chaux, 2g. = Chaux. | 1,12 |
| | <hr/> |
| | 11,12; |

on a obtenu

| | | | |
|---------------------------|------------------|------------------|-------|
| Culot métallique. | 4g,50 | } total. | 9,90 |
| Scorie. | 5,40 | | |
| | | | <hr/> |
| | Oxigène. | | 1,22. |

Chaux ajoutée.

1,12

Autres matières.

4,28.

Le culot métallique était gris blanc, cristallin,

très-dur et très-fragile; on l'a trouvé composé de :

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Étain. | 0,29 |
| Fer. | 0,61 |
| Tungstène, etc. | 0,10 insol. dans l'ac. mur. |

La scorie était semblable à du verre à bouteille, mais très-boursoufflée.

Loups. Les loups sont des masses métalliques non fondues que l'on trouve autour du bassin de réception intérieur des fourneaux à manche après chaque fondage. Ils ont l'aspect d'une fonte grossière, et ils sont si fragiles qu'on peut facilement les pulvériser et les passer au tamis de soie. On y a trouvé :

| | | |
|---------------------------|-------|----------|
| Fer. | 0,626 | } 0,980. |
| Étain. | 0,314 | |
| Tungstène, etc. | 0,016 | |
| Scorie adhérente. | 0,024 | |

Crasses d'affinage. Ce sont les matières qui restent sur la sole de liquation; elles sont scori-formes, noirâtres et oxidées à la surface, mais d'un blanc pur à l'intérieur. Elles contiennent :

| | | |
|---------------------------|-------|----------|
| Fer. | 0,253 | } 1,000. |
| Étain. | 0,694 | |
| Tungstène, etc. | 0,010 | |
| Perte et oxygène. | 0,043 | |

Pour analyser les différens culots métalliques dont il vient d'être question, on s'est servi de l'acide muriatique concentré et bouillant qui a dissous le fer et l'étain : on a précipité ce dernier métal par le gaz hydrogène sulfuré, puis on a fait bouillir la liqueur avec de l'acide nitrique, et on a précipité le fer, amené au maximum d'oxidation, par l'ammoniaque. Quant au résidu insoluble dans l'acide muriatique, on a reconnu

qu'il était principalement composé de tungstène; mais il est probable qu'il contient aussi du molybdène et un peu de graphite. Quand l'alliage renferme beaucoup de fer, il est moins facilement attaqué par l'acide muriatique que quand l'étain domine : il faut prolonger l'action de l'acide pendant plusieurs heures, et alors une portion de tungstène s'oxide et colore la liqueur en bleu foncé; mais l'eau précipite l'oxide dissous. Le résidu retient du fer, et pour l'analyser il faut le traiter par le nitre au creuset d'argent. Le gaz hydrogène qui se dégage pendant la dissolution des culots a la même odeur que celui qui résulte de la dissolution des fontes de fer; mais il n'entraîne pas de tungstène ou de molybdène. Pour m'en assurer, j'ai préparé différens alliages d'étain et de tungstène ou de molybdène, et je les ai traités par l'acide muriatique pur; j'ai obtenu en résidu tout le tungstène ou tout le molybdène que contenaient les alliages, et les liqueurs ne se sont pas du tout colorées en bleu.

Il faut très-peu de fer pour rendre l'étain terne, dur et cassant; mais il est remarquable que le tungstène et le molybdène, au contraire, n'altèrent aucunement ses qualités. J'ai fondu, dans des creusets brasqués, à la chaleur d'un essai de fer,

| | 1°. | 2°. | 3°. |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------|
| Oxide d'étain pur. | 22g,45.6at. | 25,90.2at. | 18g,70.1at. |
| Acid. tungstiq. pur | 2,41.1at. | 10,07.1at. | 15,10.1at. |

| | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Les culots ont pesé. | 19,40 | 28,30 | 26,20 |
| Oxygène calculé | 5,16 | 7,29 | 6,99. |

La perte accidentelle a donc été presque nulle, et il n'y a pas eu de volatilisation. Les alliages devaient contenir :

| | | | |
|----------------|-----------|-------------|------------|
| | 1° | 2° | 3° |
| Etain. | 0,88—6at. | 0,7104—2at. | 0,549—1at. |
| Tungstène | 0,12—1at. | 0,2896—1at. | 0,451—1at. |

Ils étaient tous trois d'un blanc aussi pur et aussi brillant que l'étain; ils se laissaient couper avec un couteau, et ils étaient si ductiles qu'on a pu sans difficulté les réduire au laminoir en feuilles aussi minces que du papier: seulement les feuilles qui provenaient du troisième alliage étaient dentelées sur les bords, parce que le culot était caverneux, et qu'il n'a pas été possible d'en extraire des morceaux exempts de cavités. Ainsi, les alliages d'étain et de tungstène ne diffèrent de l'étain pur qu'en ce qu'ils sont moins fusibles: il est probable que l'alliage n° 2 ne se décomposerait pas par la liquation; peut-être trouvera-t-on à en faire usage dans les arts.

J'ai fondu, comme ci-dessus,

228,45 deutocide d'étain 3 at.,
3,58 acide molybdique 1 at.;

j'ai obtenu un culot bien fondu, quoique creux au centre, pesant 198,60: il aurait dû peser 208,05; la perte accidentelle ou par volatilisation a donc été très-peu considérable. L'alliage devait contenir environ 0,10 de molybdène; il était homogène, d'un blanc éclatant, très-tenace, plus dur que l'étain et parfaitement ductile: on a pu le réduire, au laminoir, en feuilles très-minces, sans qu'il éprouvât la moindre gerçure (1).

Les minerais d'étain sont essentiellement composés d'oxide d'étain, d'oxide de fer et de silice:

(1) En général, le tungstène et le molybdène donnent des alliages ductiles avec les métaux ductiles et de mêmes couleurs que ceux-ci.

l'étain et le fer ont beaucoup de tendance à s'allier; mais comme leurs oxides ne sont pas tout-à-fait aussi facilement réductibles l'un que l'autre, on peut les séparer, du moins en grande partie, en tenant le minerai en contact du charbon, à une certaine température, pendant un temps suffisant seulement pour qu'une grande portion de l'étain se désoxide. Les scories sont des silicates de fer et d'étain dans lesquels le fer domine: en repassant ces scories dans le même fourneau qui a servi à fondre le minerai, mais à une chaleur un peu plus élevée, on leur donne plus de fluidité, et l'étain en grenailles qu'elles contenaient s'en sépare. Pour retirer une nouvelle dose d'étain des nouvelles scories, on les refond lentement dans un petit fourneau, par conséquent, à une température plus basse que le minerai: le long contact avec le charbon occasionne la réduction d'une certaine quantité d'oxide d'étain; la plus grande partie de l'oxide de fer est retenue dans la scorie par son affinité pour la silice, mais il s'en réduit une portion notable: en sorte que le métal que l'on obtient est toujours un alliage. Si l'on chauffait plus fortement, on aurait une plus grande quantité d'alliage; mais cet alliage contiendrait une proportion beaucoup plus considérable de fer, et il pourrait même arriver qu'on ne pût en extraire que fort peu d'étain par la liquation. Les dernières scories contiennent encore beaucoup d'oxide d'étain; mais on ne peut en tirer aucun parti, parce que l'oxide de fer y étant devenu très-prédominant, il s'en réduirait proportionnellement plus que de l'oxide d'étain, et que l'on ne saurait que faire des alliages que l'on

obtiendrait. Si ces alliages deviennent un jour de quelque utilité, on tirera facilement parti des scories qui sont actuellement rejetées, en les fondant, avec de la castine, dans des hauts-fourneaux, comme des minerais de fer.

On voit que ce n'est pas, comme on aurait pu le croire, par une élévation successive de la température, que l'on parvient à extraire la plus grande quantité possible d'étain des scories; mais que celles-ci, chauffées au milieu du charbon, à une chaleur à-peu-près constante, abandonnent à chaque instant une portion des oxydes qu'elles contiennent: elles changent donc aussi à chaque instant de composition; de sorte que c'est un hasard quand leurs élémens s'y trouvent dans un rapport atomique. M. Thibaud a observé que, dans les fourneaux de Chessy, il se réduit d'autant plus d'oxyde de fer que les charges descendent plus lentement, même lorsqu'il y a excès de quartz (*Ann. des Mines*, t. 11, p. 255). On pourrait citer une multitude de faits analogues. Ces phénomènes s'accordent mal avec l'idée de quelques métallurgistes, qui paraissent avoir pris l'habitude de voir par-tout des proportions rigoureusement définies.

3°. *Minerais de Cornouailles fondus à Penzance.*

En Angleterre, on traite presque tous les minerais d'étain au fourneau à réverbère (*Ann. des Mines*, t. 10, p. 345). On en retire immédiatement tout l'étain qu'ils peuvent produire, et les scories qui ne contiennent pas de grenailles sont rejetées. Ces scories sont compactes, à cassure unie, raboteuse, ou légèrement cristalline: leur

couleur est le noir brunâtre un peu métalloïde; celle de leur poussière est le gris brun.

On a essayé au creuset brasqué. . . Scorie. . . 10g,00
Avec 1g,7 de carbonate de chaux. = Chaux. . . 0,95

10,95,

on a eu

| | |
|------------------------------|------------------------|
| Culot métallique. . . 3g,10 | } total. 10,13 |
| Scorie. 7,03 | |
| | Oxygène. 0,82, |
| Chaux ajoutée. . . . 0,95 | |
| Autres substances. . . 6,08. | |

La scorie était très-bien fondue, vitreuse, translucide.

Le culot métallique était bien fondu, mais bulleux, très-fragile, pulvérisable, d'un gris de fonte. En le traitant par l'acide muriatique concentré, il est resté une partie insoluble en grains cristallins brillans, mêlés d'un peu de charbon et pesant 0,12: ces grains ayant été attaqués, au creuset d'argent, par le nitre, etc., ont été trouvés composés de 0,03 de fer et de 0,09 de tungstène; le culot produit par la scorie contenait:

| | |
|--------------------|-------|
| Fer. | 0,50 |
| Etain. | 0,42 |
| Tungstène. | 0,08. |

Cet alliage est exactement de même nature que ceux qui proviennent des scories des usines d'Altenberg; ce qui prouve que les minerais d'étain en Angleterre renferment les mêmes substances accidentelles que les minerais de l'Allemagne.

Je me suis servi des scories rejetées de Penzance pour rechercher s'il ne serait pas possible d'extraire des scories en général de l'étain pur ou du moins peu altéré de fer, et susceptible d'être purifié par liqutation.

J'ai fait un mélange de
 Scorie en poudre. 10g,00
 Charbon. 0,50;

je l'ai placé dans un petit creuset nu ; j'ai renfermé celui-ci dans un autre creuset bien couvert, et j'ai chauffé au fourneau à vent, comme un essai de fer; j'ai obtenu une scorie vitreuse, brune, qui avait en grande partie traversé le premier creuset, et un bouton métallique pesant 1g,6 : ce bouton s'aplatissait un peu sous le marteau, mais il se brisait facilement; sa cassure était grenue et d'un gris blanc; il a laissé dans l'acide muriatique un résidu pesant 0g,18, qui était principalement composé de tungstène : la liqueur contenait beaucoup de fer; il est probable que cet alliage ne donnerait pas d'étain à la liquation. L'emploi du charbon en quantité insuffisante pour réduire la totalité des oxides que contiennent les scories n'est donc pas propre à en séparer de l'étain pur.

Le fer étant plus oxidable que l'étain, j'ai cherché s'il ne serait pas possible de l'employer pour extraire de l'étain pur des scories, et cela m'a parfaitement réussi.

J'ai chauffé, avec les mêmes précautions que ci-dessus,

Scories en poudre . . 10g.
 Fil de fer découpé . . . 1.

J'ai eu une scorie d'un brun rouge, qui a traversé le premier creuset, et un bouton métallique d'un beau blanc, mou et très-ductile, pesant 0g,7 : il s'est dissous dans l'acide muriatique sans laisser de résidu, et il a donné avec l'acide nitrique un oxide à-peu-près blanc : ce devait donc être de l'étain pur. Comme l'étain a une valeur au moins 5 fois aussi grande que le fer, je crois qu'on pourrait

employer ce procédé pour traiter avec bénéfice les scories dont on ne tire actuellement aucun parti ; si, comme cela est très-probable, on peut remplacer le fer par la fonte, l'avantage sera encore plus grand ; enfin il serait bon d'essayer aussi d'employer, au lieu de fer ou de fonte, l'alliage stannifère que l'on obtiendrait en fondant une partie des scories au haut-fourneau comme un minerai de fer; il est bien entendu que toutes ces opérations devraient s'exécuter dans des fours à réverbère.

On n'a trouvé jusqu'ici aucun moyen de séparer l'étain de ses alliages avec le fer : j'ai tenté d'employer des pyrites, mais sans aucun succès. Voici les expériences.

J'ai préparé un alliage de

Fer... 0,6485 — 4 at.
 Etain. 0,3515 — 1 at.

Cet alliage était d'un gris de fer clair, cristallin et assez cassant pour qu'on pût le réduire en poudre fine. J'en ai chauffé

10g.
 avec 12g. de pyrites pulvérisées ;

la fusion a eu lieu facilement à la température de 60° pyrométriques. La matière refroidie était homogène, cristalline, d'un gris bronzé comme le sous-sulfure de fer, et elle ne contenait pas la plus petite trace d'étain.

10g. du même alliage
 et 6g. de pyrites

ont donné un résultat semblable. J'ai réuni les deux culots, et je les ai fondus dans un creuset brasqué au fourneau à vent; ils ont perdu 0,07 à 0,08 de leur poids, et ils ont produit un com-

posé homogène, un peu lamelleux et très-cassant, mais sans culot ni grenailles d'étain. Il résulte de ces essais que le fer, l'étain et le soufre forment entre eux une combinaison triple en toutes proportions, et que l'on ne peut par conséquent pas séparer les deux métaux l'un de l'autre par le moyen du soufre ou du persulfure de fer.

J'ai analysé trois étains d'Angleterre, qui m'ont été remis par des fabricans de fer-blanc : 1°. l'étain en larmes, dit *grain-tin*; 2°. l'étain ordinaire de bonne qualité, et 3°. un étain commun. J'y ai trouvé :

| | Dans la 1 ^{re} . | Dans la 2 ^e . | Dans la 3 ^e . |
|-----------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Cuivre. | 0,000 | 0,0024 | 0,0116 |
| Fer . . . | trace. | trace. | 0,0020 |
| | trace. | 0,0024 | 0,0136. |

L'étain commun se laminait aussi bien que les autres et sans se déchirer; mais il était un peu plus dur et d'un blanc moins pur.

EXPÉRIENCES GAZOMÉTRIQUES,

A l'effet de déterminer la dépense réelle d'un orifice d'où sort un courant d'air;

PAR M. D'AUBUISSON, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

Lorsqu'un fluide ordinaire, l'eau, par exemple, sort par un orifice pratiqué dans les parois d'un vase, la veine liquide, à sa sortie, se resserre, se contracte : cette contraction réduit, en quelque sorte, la grandeur de l'orifice, et elle diminue ainsi sa *dépense*, c'est-à-dire la quantité d'eau écoulée dans un temps déterminé. En est-il de même pour les fluides élastiques, par exemple pour l'air qui sort de la buse d'une machine soufflante? On le présume; mais on n'a, du moins que je sache, aucune notion précise à cet égard (1). Dubuat, Bossut, Eytelwein, nos prin-

Occasion et
objet des
expériences.

(1) Depuis la rédaction de ce mémoire, j'ai eu occasion de voir un rapport de M. Girard sur des expériences faites, en Suède, par M. Lagerhjelm, relativement à l'écoulement de l'air atmosphérique par des orifices; rapport lu à l'Académie des Sciences de Paris, et inséré, en octobre 1822, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome 21.

Le rapporteur nous apprend que déjà, en 1782, et dans le même pays, Gahu avait fait des expériences sur cet objet. Ce travail est entièrement inconnu en France.

M. Girard nous apprend encore qu'en Angleterre, et en 1802, M. Banks avait aussi fait des observations dont il concluait que l'air, en s'écoulant uniformément par un orifice en mince paroi, suit les mêmes lois de contraction que les fluides incompressibles, et que le débit peut être

cipaux auteurs sur le mouvement des fluides tant compressibles qu'incompressibles, ne font aucune mention d'une telle contraction ou diminution; cependant la connaissance d'un pareil fait est d'un bien grand intérêt sous le rapport de la science comme sous celui de l'art; sans elle, le maître de forge ne saurait apprécier la quantité d'air qui entre réellement dans ses fourneaux, bien qu'il connaisse et la grandeur des orifices et la pression ou force qui produit l'écoulement. Aujourd'hui que la science a porté ses lumières dans presque toutes les parties de la métallurgie, et que le métallurgiste doit chercher à se rendre raison de tous ses procédés, afin de parvenir plus directement et plus sûrement à leur perfectionnement, il ne saurait rester dé-

déterminé par les mêmes formules. Le dernier fait est admis depuis très-long-temps; mais pour ce qui est de la contraction et de sa grandeur, il n'en est rien parvenu à ma connaissance: il n'en est nullement fait mention dans la grande *Sidérotechnie* de M. Hassenfratz, publiée en 1822, ni dans la *Métallurgie du fer* de M. Karsten, écrite postérieurement, quoique ces ouvrages renferment chacun un long chapitre destiné à la mesure de l'air qui sort des machines soufflantes.

Enfin, le travail même de M. Lagerhjelm nous est encore inconnu. Les deux seuls faits précis, cités dans le rapport de M. Girard, sont que le volume d'air qui sort par un orifice sous une certaine pression est au volume d'eau qui sortirait par un même orifice et sous une même pression comme 28,75 est à 1, lorsque l'orifice est percé en mince paroi; et 28 à 1, si cet orifice est un tube cylindrique additionnel: c'est le rapport inverse des racines carrées des pesanteurs spécifiques des deux fluides, et l'on devra avoir un tel rapport, si l'écoulement était régi, pour l'un comme pour l'autre, par les mêmes lois: d'où l'on a conclu qu'il en était réellement ainsi, et

nué plus long-temps des connaissances que je viens de signaler et qui concernent un des principaux agens de ses opérations: c'est en partie pour les lui procurer que j'ai entrepris les expériences dont je vais rendre compte dans cet écrit. J'y ai été encore porté par un intérêt particulier: occupé de mettre en œuvre les nombreuses expériences que j'ai faites, d'après une décision de M. le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, sur la résistance que l'air éprouve en se mouvant dans des tuyaux de conduite, et cela à l'occasion de l'établissement d'un ventilateur aux mines de Rancié, il me fallait connaître la dépense absolue de cette machine et des divers ajutages qui y étaient adaptés: je ne le pouvais qu'après avoir vérifié et corrigé la

que la veine effluente se contractait de la même manière. Mes expériences ne me permettent pas d'admettre pleinement cette conclusion; elles prouvent incontestablement que la contraction est bien moins forte pour les fluides élastiques que pour les fluides incompressibles lorsque l'écoulement se fait par des tuyaux additionnels, et qu'elle est encore différente pour des ajutages coniques. J'ignore en outre si M. Lagerhjelm, qui a fait passer l'air, avant son arrivée à l'orifice, par un tuyau ayant en longueur au moins 5 pieds, et vraisemblablement de 8 à 9, a tenu compte de la résistance provenant de l'action des parois du tuyau, résistance que mes expériences ont montré être très-considérable.

Lorsque j'ai entrepris ces expériences, elles me semblaient d'un ordre nouveau, quoique d'ailleurs très-simple, et si elles n'ont pas ouvert un champ entièrement neuf dans la science, elles ajouteront peut-être quelques faits à ceux dont elle était redevable à des savans étrangers, et, dans tous les cas, elles porteront à la connaissance des ingénieurs et métallurgistes français des notions qui leur sont utiles.

théorie par l'expérience, c'est-à-dire qu'après avoir déterminé le rapport entre la dépense réelle et la dépense théorique; ou, pour employer l'expression consacrée en hydraulique, qu'après avoir déterminé le *coefficient de contraction de la veine fluide* dans l'écoulement de l'air. La détermination de ce rapport ou coefficient est l'objet spécial de ce travail.

Dans les expériences qui devaient m'y conduire, il fallait pouvoir jauger exactement les quantités d'air dépensées: ainsi ces expériences ne pouvaient être faites qu'à l'aide d'un *gazomètre*. La section de cet instrument, multipliée par la hauteur dont il descendait en un certain temps, faisait connaître la dépense réelle durant ce temps. Quant à la dépense théorique, c'est-à-dire au produit de la section de l'orifice par la vitesse due à la pression qui produit l'écoulement, elle est donnée par une formule que j'ai développée dans un précédent mémoire (1). La première de ces dépenses, divisée par la seconde, donne le rapport ou coefficient cherché.

(1) *Annales des Mines*, tom. 11, p. 191.

Je me bornerai ici à rappeler que si:

h représente la hauteur d'un manomètre à mercure adapté au gazomètre,

d le diamètre de l'orifice,

T le nombre de secondes que dure l'écoulement,

b l'indication du baromètre dans l'atmosphère ambiante,

t l'indication du thermomètre,

La vitesse due à la pression sera donnée par la formule

$$395 \text{ mét. } \sqrt{\frac{h^2 + 0,004 t}{b + h}}$$

Si, comme dans mes expériences gazométriques, on se

Afin de rendre mon travail aussi complet qu'il était en moi, j'avais à faire varier, dans diverses séries d'expériences, non-seulement la vitesse du courant d'air et la grandeur de l'orifice, mais encore la forme de cet orifice; car on sait que, dans l'écoulement des fluides ordinaires, la contraction de la veine est toute autre lorsque l'orifice est percé dans une mince paroi ou lorsqu'il est garni d'un ajutage; qu'elle n'est pas pour un ajutage cylindrique la même que pour un ajutage conique, etc. Il fallait voir s'il en était de même dans les fluides élastiques.

Avant de rendre compte des différentes suites d'expériences, disons quelques mots de l'appareil et des procédés employés.

ART. I. APPAREIL.

Notre gazomètre consistait en une enveloppe Gazomètre. cylindrique en fer-blanc, fermée par le haut.

Son diamètre intérieur était de . . . 0^m,650,
et sa hauteur de 0^m,800.

Le fond supérieur était percé de deux ouvertures: à l'une était adapté le manomètre; c'était un tube de verre, doublement recourbé et fixé sur une planche divisée en centimètres et fractions de centimètre: on le garnissait d'eau lé-

sert d'un manomètre à eau, 13,6 étant la pesanteur spécifique du mercure, l'expression de la vitesse sera

$$395 \sqrt{h \frac{1 + 0,004 t}{13,6 b + h}} \text{ mét. ,}$$

et l'expression de la dépense théorique

$$310 d^2 T \sqrt{h \frac{1 + 0,004 t}{13,6 b + h}} \text{ mét. cub.}$$

gèrement colorée par un peu de vin. L'autre ouverture, qui avait $0^m,08$ de diamètre, était entourée d'un rebord ou virole de $0^m,027$ de hauteur, et qui recevait divers couvercles.

Ces couvercles, faits en fer-blanc et pareils à ceux d'une boîte ordinaire, étaient, les uns, percés d'orifices circulaires de différens diamètres, les autres, surmontés d'ajutages de diverses formes et grandeurs.

Lorsqu'un couvercle était placé, on entourait le joint d'une bande de peau, que l'on ficelait fortement dans toute sa largeur, afin de prévenir toute perte sensible d'air.

Le gazomètre était établi au-dessus d'un tonneau plein d'eau, et dans lequel il plongeait plus ou moins selon qu'il était moins ou plus élevé. Il montait et descendait entre quatre tringles de fer, qui le maintenaient dans une position verticale. Un *index*, fixé au fond supérieur et glissant le long d'une règle graduée, donnait la hauteur dont le gazomètre était descendu durant un certain temps; et ce temps était indiqué par un *compteur* à secondes en forme de montre.

On chargeait le gazomètre de différens poids, et on le faisait en conséquence descendre, à volonté, plus ou moins vite.

Ainsi que je l'ai dit, nous avions à faire varier: 1°. la grandeur des orifices; 2°. la forme des ajutages; 3°. la vitesse de sortie du courant ou la hauteur manométrique qui est en rapport avec cette vitesse.

Orifices et
ajutages.

La petite capacité de notre gazomètre ne nous permettait pas de donner aux orifices plus de $0^m,03$ de diamètre: avec des orifices de ce diamètre, le temps de la descente n'était, suivant la

charge, que de 20 à 10 secondes; et comme nous ne pouvions répondre de nos observations à une demie et même à une seconde près, la plus petite erreur dans l'estimation du temps en aurait produit une considérable dans le résultat. Nous ne pouvions non plus descendre au-dessous de $0^m,01$; toute erreur dans le diamètre eût tiré à trop de conséquence; et puis on avait à supporter l'ennui de 3 et 4 minutes employées à remonter le gazomètre avec une extrême précaution, afin de ne pas faire tomber dans le tonneau la liqueur du manomètre par l'effet d'une trop forte aspiration: nous avons en conséquence adapté les quatre orifices $0^m,01$, $0^m,015$, $0^m,02$ et $0^m,03$. Le second, donnant le moyen d'opérer avec le plus d'exactitude, est celui que nous avons le plus fréquemment employé et diversifié.

Quant à la forme, nous avions:

1°. Des orifices pratiqués en parois minces: c'étaient des couvercles de fer-blanc percés des quatre ouvertures adoptées.

2°. Des ajutages cylindriques, ou petits tuyaux additionnels: on en avait quatre, ayant chacun un des quatre diamètres susmentionnés et une hauteur environ triple; plus, trois de hauteurs différentes et de $0^m,015$ de diamètre.

3°. Des ajutages coniques: quatre de mêmes hauteur et orifice que les quatre premiers tuyaux cylindriques, et ayant à la base inférieure un diamètre double du diamètre de l'orifice; plus, quatre autres ajutages de $0^m,015$ d'orifice, mais de diverses bases et hauteurs.

En tout dix-neuf orifices différens par leur forme ou par leur grandeur.

La variation dans la vitesse ou dans la pres-

Hauteurs
manométri-
ques.

sion manométrique était obtenue à l'aide des divers poids dont on chargeait le gazomètre. Le seul poids de cet instrument élevait la colonne d'eau dans le manomètre à $0^m,028$ au-dessus du zéro. Les poids les plus ordinairement ajoutés étaient de 8, 16, 24, 32 et 40 kilogrammes : ils portaient respectivement le manomètre à $0^m,050$, $0^m,072$, $0^m,096$, $0^m,120$, $0^m,144$. On avait quelquefois 1 ou même 2 millimètres en plus ou en moins : ces petites différences provenaient vraisemblablement du plus ou moins de résistance que le frottement des tringles opposait à la descente du gazomètre : une légère déviation de la direction verticale pouvait y donner lieu (1).

En descendant, le gazomètre déplaçait un volume d'eau de plus en plus considérable ; il perdait ainsi de plus en plus de son poids, et, par suite, le manomètre tendait à baisser. On le maintenait exactement à la même hauteur en ajoutant successivement de petits poids à la charge ; si on eût négligé cette addition, l'abaissement eût été d'environ 1 millimètre.

Les vitesses du courant d'air sortant du gazomètre, correspondantes à nos six pressions manométriques ordinaires ($0^m,028$, $0^m,050$, $0^m,072$, $0^m,096$, $0^m,120$, $0^m,144$), sont $21^m,4$, $28^m,5$, $34^m,2$, $39^m,8$, $44^m,0$, $48^m,5$.

Les variations que le baromètre et le thermomètre ont éprouvées durant nos expériences

(1) Le diamètre du gazomètre étant de $0^m,65$ et un poids de 8 kilogrammes équivalant à celui d'une tranche d'eau d'un tel diamètre et de $0^m,02411$ d'épaisseur, devait produire, dans la colonne manométrique, un accroissement de hauteur égale à cette dernière quantité, abstraction faite de tout obstacle au mouvement.

n'affectent guère que le dernier chiffre des expressions ci-dessus. Les expériences ont été faites les 10, 12, 13 et 15 juin.

Le premier de ces jours, le baromètre indiquait $0^m,747$,
et les trois autres. $0^m,755$.

Le thermomètre centigrade a été, moyennement, le 10, à 19° ,
le 12 et le 13 à 18° ,
le 15. 20° .

Bien que dans nos calculs nous ayons eu égard à l'état de ces instrumens lors de chaque expérience, on peut, sans erreur sensible, admettre une moyenne barométrique de . $0^m,75$, et une moyenne de température égale à 19° .

ART. II. EXPÉRIENCES.

Chaque sorte d'orifice ou d'ajutage a donné lieu à une série d'expériences : ainsi nous avons dix-neuf séries.

Exposons succinctement la manière dont elles ont été faites.

Lorsque le couvercle portant l'orifice était bien fixé au gazomètre, on mouillait l'entourage de ficelle, afin qu'il serrât plus fortement ; puis on décrochait le gazomètre, et on le laissait descendre sans le charger d'aucun poids. J'attendais, le compteur à la main, que l'*index* fût arrivé à un point de la règle graduée, tel que l'air eût acquis, dans l'intérieur de l'instrument, la densité correspondante à la charge, et par conséquent que le manomètre fût parvenu à une hauteur constante : alors je lâchais la détente du

compteur, et j'attendais, pour la serrer, que l'index fût à un autre point, pris à quelques centimètres au-dessus du terme de la descente. La distance entre les deux points était ordinairement de $0^m,60$, quelquefois de $0^m,55$ et même de $0^m,45$: le temps employé à la parcourir était en quelque sorte écrit sur le compteur. Pendant toute la durée de la descente, j'avais l'œil et sur l'index et sur le manomètre; ils étaient près l'un de l'autre; de plus, un de mes assistans ne perdait pas un instant de vue le manomètre; c'est lui qui, à l'aide de petits poids additionnels, le maintenait à une hauteur constante.

La descente terminée, je prenais note de la hauteur du manomètre, de l'espace parcouru par l'index et du temps employé à le parcourir.

Cela fait, on remontait à bras et lentement le gazomètre; puis, on le laissait descendre de nouveau, pour répéter l'expérience et pour s'assurer qu'il ne s'était pas glissé d'erreur dans les premières annotations.

Cette double opération était ensuite faite successivement avec quatre ou cinq charges différentes; de sorte que chaque série consistait d'ordinaire en dix et douze expériences.

Quelques-unes des premières séries, faites lorsque nous n'avions pas encore assez d'habitude dans le maniement de nos instrumens, ou avec des orifices qui n'avaient pas assez exactement les dimensions requises, ont été répétées le dernier jour.

Il me semble, d'après cela, que nos expériences doivent inspirer quelque confiance. Voyons les erreurs que nous pouvons avoir commises en les faisant.

1°. Nous croyons pouvoir répondre de nos hauteurs manométriques à un millimètre près: une telle erreur, sur la moindre hauteur ($0^m,027$), n'en donnerait pas une de $0,02$ dans le résultat; sur de plus grandes hauteurs, l'erreur sera moindre, et je crois que presque jamais nous n'en aurons une de plus de $0,01$, due à cette cause.

2°. Rarement, dans l'estimation de la hauteur de la descente du gazomètre, aurons-nous commis une erreur d'un centimètre.

3°. Sur l'estimation du temps, il pourrait y avoir assez souvent une erreur d'une demi-seconde, et quelquefois même d'une seconde.

4°. Mais la plus grande cause d'erreur dans nos résultats doit provenir de l'estimation du diamètre des orifices. Nos ajutages étaient tous en fer-blanc; quelque soin qu'on eût mis à les bien faire, quelque habile qu'ait été le ferblantier dans son art, ils ne sauraient avoir cette perfection et cette exactitude que présenteraient des ajutages en laiton sortant des mains d'un des bons artistes de la capitale; mais nous n'étions pas à même d'en avoir de tels: toutefois, et à l'aide de moyens assez précis, nous avons, à diverses reprises, vérifié chaque diamètre, et lorsqu'il y a eu défectuosité nous avons ou fait réparer l'ajutage, ou admis dans le calcul le diamètre réel: mais, encore, il serait possible qu'il y eût eu, à notre insu, une erreur d'un ou deux dixièmes de millimètre, et l'erreur dans le résultat serait en raison doublée de celle de l'observation. Telle est vraisemblablement la cause des différences entre les résultats de deux séries faites avec des ajutages censés égaux, bien que les résultats des expériences de chaque série com-

parés entre eux présentent un accord vraiment remarquable.

Heureusement, nous avons un si grand nombre d'observations de chaque espèce, que les erreurs doivent se compenser, et que nos moyennes, si elles ne sont pas d'une entière exactitude, doivent en approcher beaucoup.

Ces observations ou expériences se rangent naturellement sous trois classes, relatives à chacune des trois classes d'orifices employés :

- 1°. Orifices à minces parois ;
- 2°. Ajutages cylindriques ;
- 3°. Ajutages coniques.

Dans chaque classe et pour chaque orifice, nous allons présenter, à l'aide de tableaux, les trois données de l'expérience et le coefficient de contraction que l'on en déduit. Nous ferons suivre chaque tableau des observations qui y sont relatives.

1°. *Orifices en minces parois.*

Nous avons ici quatre séries d'expériences, une pour chacune des quatre diamètres adoptés.

| DIAMÈTRE de l'orifice. | HAUTEUR de manomé- trique. | DESCENTE du gazomètre. | TEMPS de la descente. | COEFFICIENT | |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------|
| | | | | conclu de l'expér. | moyen. |
| métr. | métr. | métr. | | | |
| 0,01 | 0,0286 | 0,60 | 187" | 0,623 | 0,630 |
| Id. | 0,050 | 0,60 | 141 | 0,629 | |
| Id. | 0,073 | 0,60 | 117 | 0,628 | |
| Id. | 0,098 | 0,60 | 102 | 0,623 | |
| Id. | 0,120 | 0,55 | 82 | 0,642 | 0,652 |
| Id. | 0,144 | 0,55 | 76 | 0,634 | |
| 0,015 | 0,028 | 0,60 | 82 | 0,643 | |
| Id. | 0,050 | 0,60 | 60 | 0,660 | |
| Id. | 0,072 | 0,60 | 51 | 0,647 | 0,646 |
| Id. | 0,098 | 0,45 | 32 | 0,664 | |
| Id. | 0,122 | 0,55 | 36 | 0,648 | |
| 0,03 | 0,027 | 0,60 | 46 | 0,665 | |
| Id. | 0,038 | 0,60 | 39 | 0,642 | 0,673 |
| Id. | 0,050 | 0,60 | 34 | 0,636 | |
| Id. | 0,060 | 0,60 | 31 | 0,641 | |
| 0,03 | 0,027 | 0,60 | 20 | 0,656 | |
| Id. | 0,032 | 0,60 | 18 | 0,686 | 0,673 |
| Id. | 0,038 | 0,60 | 16 | 0,683 | |
| Id. | 0,044 | 0,60 | 15 | 0,675 | |
| Id. | 0,050 | 0,60 | 14 | 0,664 | |
| MOYENNE GÉNÉRALE..... | | | | | 0,649 |

Il avait été fait une première série d'expériences avec une plaque de 0^m,01 de diamètre ; elle avait donné pour coefficient moyen 0,707 : comme le diamètre était trop grand, j'en fis percer une autre, celle qui m'a donné la série portée au tableau, et 0^m,630 pour coefficient ; mais celle-ci a péché par un excès contraire à la première ; le diamètre est trop petit ; il n'est guère que de 0^m,0098 : ce nombre, admis dans le calcul, eût donné 0^m,655. Toutefois, le diamètre de la plaque 0^m,03 étant un peu au-dessus de ce nombre, nous pensons qu'il y a compensation, et qu'on doit adopter pour coefficient de contrac-

Remarques.

tion, dans les orifices en parois très-minces, la moyenne générale 0,65.

D'après les expériences de Bossut, Michelotti et Eytelwein, le coefficient de contraction pour l'eau, et dans de tels orifices, est de 0,62.

Je ne puis passer sous silence la seule observation dont on puisse déduire le coefficient de contraction pour l'air, qui me fût connue à l'époque où j'ai entrepris les miennes. En 1819, M. Girard ayant fait pratiquer un orifice de $0^m,01579$ de diamètre dans les parois d'un gazomètre de $0^m,68$ de diamètre, parois qui avaient de $0^m,002$ d'épaisseur, vit le gazomètre descendre de $0^m,5414$ en $60''$, la hauteur de la colonne manométrique étant de $0^m,03383$ (1). Ainsi, la dépense réelle a été de 0,197 mètres cubes (elle est de 0,199 dans celles de nos expériences où le gazomètre descendait de $0^m,60$), et la dépense théorique est de 0,275 mètres cubes. Le rapport entre les deux dépenses ou le coefficient est donc de 0,714 : il est de 0,08 plus grand que le nôtre (0,65). Peut-être cette différence provient-elle de l'épaisseur déjà sensible dans les parois du gazomètre de M. Girard, épaisseur qui rapprochait l'orifice d'un tuyau cylindrique.

2°. Ajustages cylindriques.

Ces ajustages ont même diamètre que les orifices mentionnés au tableau précédent, et leur hauteur est environ trois fois plus grande que le diamètre; ce rapport entre les deux dimensions semble le plus avantageux dans l'écoulement des fluides ordinaires : c'est ce qui m'a porté à l'adopter pour mes expériences.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. 16, p. 142.

| AJUTAGE. | | HAUTEUR du ma- nomètre. | Descente du gazo- mètre. | TEMPS de la des- cente. | COEFFICIENT | |
|-----------------------|-----------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------|
| Lon- gueur. | Diamètre. | | | | conclu de l'ex- périence | Moyen. |
| métr. | métr. | métr. | métr. | sec. | | |
| 0,04 | 0,01 | 0,027 | 0,60 | 132 | 0,910 | 0,981 |
| Id. | Id. | 0,050 | 0,60 | 97 | 0,912 | |
| Id. | Id. | 0,072 | 0,60 | 79 $\frac{3}{4}$ | 0,925 | |
| Id. | Id. | 0,095 | 0,60 | 68 | 0,947 | |
| Id. | Id. | 0,120 | 0,55 | 61 | 0,920 | |
| Id. | Id. | 0,141 | 0,55 | 51 $\frac{1}{2}$ | 0,940 | 0,924 |
| 0,045 | 0,015 | 0,027 | 0,60 | 59 | 0,923 | |
| Id. | Id. | 0,050 | 0,60 | 43 $\frac{1}{2}$ | 0,922 | |
| Id. | Id. | 0,072 | 0,60 | 36 | 0,930 | |
| Id. | Id. | 0,096 | 0,55 | 29 | 0,917 | |
| Id. | Id. | 0,120 | 0,55 | 26 | 0,916 | 0,916 |
| 0,06 | 0,02 | 0,028 | 0,60 | 33 | 0,896 | |
| Id. | Id. | 0,050 | 0,60 | 24 $\frac{1}{4}$ | 0,915 | |
| Id. | Id. | 0,072 | 0,60 | 19 | 0,934 | |
| Id. | Id. | 0,096 | 0,55 | 16 | 0,919 | |
| 0,08 | 0,03 | 0,025 | 0,60 | 14 | 0,964 | 0,933 |
| Id. | Id. | 0,031 | 0,60 | 13 $\frac{1}{2}$ | 0,934 | |
| Id. | Id. | 0,039 | 0,60 | 12 | 0,902 | |
| MOYENNE GÉNÉRALE..... | | | | | | 0,926 |

D'après nos mesures, les diamètres de $0^m,015$ et $0^m,03$ n'ont été admis dans les calculs que pour $0^m,0149$ et $0^m,0298$. Comme nous ne pouvons répondre de nos observations sur le temps de la descente du gazomètre qu'à une demi-seconde et même à une seconde près, les résultats des trois dernières stations portées au tableau ne doivent être regardés que comme des approximations, on peut même se dispenser d'y avoir égard.

Nous avons été surpris en voyant dans toutes nos expériences une si grande différence entre l'effet des tuyaux additionnels et celui des pla-

ques minces, différence ou rapport qui s'est constamment maintenu le même, quelles qu'aient été et la grandeur de l'orifice et la vitesse du courant d'air : ce rapport est de 100 à 70. Dans les fluides ordinaires, il n'est que de 100 à 75, le coefficient de contraction par les tuyaux additionnels y étant de 0,82.

Expériences avec des tuyaux de différentes longueurs.

Nous avons voulu savoir si le résultat fourni par nos petits tuyaux n'était pas affecté de leur longueur, en d'autres termes nous avons voulu connaître l'effet de la longueur sur les ajutages cylindriques : à cet effet, nous avons pris quatre tuyaux cylindriques de 0^m,015 de diamètre, mais différens en longueur, et nous avons fait sur chacun d'eux la série d'expériences accoutumée : je me borne à donner le résultat moyen.

Pour le tuyau de 0^m,022 de longueur, le coefficient a été de 0,927

| | | | |
|-------|-------|-------|--------|
| ----- | 0,045 | ----- | 0,924 |
| ----- | 0,160 | ----- | 0,832 |
| ----- | 0,325 | ----- | 0,738. |

De ces expériences, nous concluons que le coefficient de contraction pour les ajutages cylindriques, dégagé de l'effet de la longueur des ajutages, est d'environ 0,93.

La rapidité du décroissement du coefficient, à mesure que le tuyau augmente de longueur, est frappante ; une augmentation de 0^m,30 seulement a réduit le coefficient de plus d'un cinquième.

Au reste, la théorie que j'ai conclue de mes expériences sur la résistance que les conduites opposent au mouvement de l'air indique un tel résultat.

D'après cette théorie, si H représente la hauteur du manomètre à l'entrée d'une conduite ; h, celle à la sortie (c'est-à-dire celle due à la vitesse de sortie de l'air) ; l, la longueur de la conduite ; d, son diamètre, on a

$$h = \frac{H d}{0,024 l + d}$$

Je l'applique à la dernière des expériences gazométriques, qui a donné les résultats ci-dessus. L'ajutage était le tuyau de 0^m,325 de long et 0^m,015 de diamètre ; la hauteur de la colonne manométrique de 0^m,120 ; la longueur de la descente 0^m,55 et le temps 32'' ; ce qui a donné 0,734 pour coefficient, et 0^m,0057 mètres cubes pour dépense réelle en une seconde. La formule ci-dessus donnerait pour h 0^m,079, et, par suite, pour dépense théorique, 0,0063 mètres cubes, laquelle, en y appliquant notre coefficient de contraction (0,93), se réduirait à 0,0058 ; quantité sensiblement égale à celle donnée par l'expérience.

3°. *Ajutages coniques.*

Afin de mieux comparer l'effet de ces ajutages à celui des ajutages cylindriques, je les ai fait faire de même hauteur et de même diamètre, et j'ai donné à la base (base inférieure du tronc de cône) un diamètre double de celui de l'orifice.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

| AJUTAGE CONIQUE. | | | HAUTEUR du mano- mètre. | Descen- te du gazo- mètre. | TEMPS de lades- cente. | COEFFICIENT | |
|-----------------------|------------|-------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------|
| Lon- gueur. | Diamètre à | | | | | conclu de l'ex- périence | moyen. |
| métr. | métr. | métr. | métr. | m. | sec. | | |
| 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,050 | 0,60 | 96 | 0,928 | 0,927 |
| Id. | Id. | Id. | 0,072 | 0,60 | 81 | 0,917 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,096 | 0,60 | 69 | 0,934 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,120 | 0,60 | 62 | 0,930 | 0,917 |
| 0,045 | 0,03 | 0,015 | 0,028 | 0,60 | 57 $\frac{1}{2}$ | 0,913 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,050 | 0,60 | 43 | 0,916 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,072 | 0,60 | 36 | 0,915 | 0,936 |
| Id. | Id. | Id. | 0,096 | 0,55 | 28 $\frac{1}{2}$ | 0,927 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,120 | 0,55 | 25 | 0,916 | |
| 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,027 | 0,60 | 32 | 0,945 | 0,933 |
| Id. | Id. | Id. | 0,037 | 0,60 | 27 $\frac{1}{2}$ | 0,951 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,050 | 0,60 | 24 | 0,928 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,060 | 0,60 | 22 | 0,924 | 0,933 |
| 0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,040 | 0,60 | 12 | 0,924 | |
| Id. | Id. | Id. | 0,050 | 0,60 | 11 $\frac{1}{2}$ | 0,942 | |
| MOYENNE GÉNÉRALE..... | | | | | | | 0,928 |

Remarques.

La série des expériences sur l'orifice 0^m,01, deux fois répétée, paraît bonne sous tous les rapports; peut-être le diamètre est-il un peu faible, et par suite le coefficient eût dû être un peu plus grand. La série sur l'orifice de 0^m,015 est une moyenne entre deux séries avec deux ajutages différens, mais censés égaux: l'une a donné 0,905 pour coefficient, et l'autre 0,940; dans cette dernière, le diamètre paraissait être plutôt 0^m,0151 que 0^m,150; par suite, le coefficient eût dû être un peu plus faible. La série avec l'orifice 0^m,02 est bonne. Quant à celle avec l'orifice de 0^m,03, ainsi que nous l'avons dit pour l'ajutage cylindrique de ce diamètre, vu le peu de temps de la

descente du gazomètre, on peut se dispenser d'en tenir compte.

En résultat, le coefficient de contraction serait encore ici de 0,93, et il ne différerait pas sensiblement de celui relatif aux ajutages cylindriques.

Il paraît que, dans le choix de la forme conique donnée à nos ajutages, nous avons dépassé le degré d'évasement qui procure le plus grand produit. Afin de déterminer le degré convenable au *maximum* d'effet, nous avons essayé divers ajutages ayant tous même orifice, 0^m,015, mais différens par leur hauteur et par leur base.

Nous nous bornerons à présenter le tableau des coefficients conclus.

Coefficiens obtenus avec des ajutages coniques de 0^m,015 d'orifice.

| AJUTAGE. | | La hauteur du manomètre étant de | | | | | COEFFICIENT moyen. |
|----------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Lon- gueur. | Diam. à la base. | 0 ^m ,028 | 0 ^m ,050 | 0 ^m ,72 | 0 ^m ,096 | 0 ^m ,120 | |
| 0,045 | 0,02 | 0,939 | 0,939 | 0,940 | 0,933 | ..... | 0,938 |
| Id. | 0,03 | 0,942 | 0,916 | 0,915 | 0,927 | 0,916 | 0,917 |
| Id. | 0,06 | 0,786 | 0,810 | 0,797 | 0,803 | 0,794 | 0,798 |
| 0,025 | 0,02 | 0,946 | 0,939 | 0,940 | 0,960 | 0,951 | 0,947 |
| 0,01 | 0,02 | 0,888 | 0,877 | 0,881 | 0,881 | 0,874 | 0,880 |

Ces faits semblent indiquer :

1^o. Que tout ajutage conique dont le côté du

Expériences
avec des ajutages
différemment
évasés.

cône ferait avec l'axe un angle de plus de 7 à 8° , donnerait une dépense moindre qu'un ajutage cylindrique. Un angle de $33^\circ 43'$, dans l'ajutage ci-dessus ayant $0^m,06$ de base, a réduit la dépense dans le rapport de 93 à 80 .

2°. Que lorsque l'ajutage est légèrement conique, que l'angle n'est que de 3 à 4° , comme dans l'ajutage à $0^m,02$ de base, et c'est celui dont l'évasement approche le plus de celui des bases en usage dans les usines métallurgiques, on peut espérer $0,94$ pour coefficient de réduction.

3°. Qu'un ajutage court et peu évasé pourrait donner $0,95$ pour ce coefficient.

Différences
avec les fluides
des incompressibles.

Nous remarquerons encore que, sous le rapport des ajutages, il n'en est pas des fluides élastiques comme des fluides incompressibles : dans ceux-ci, les ajutages coniques ont un grand avantage sur les tuyaux cylindriques ; le coefficient pour ces derniers est $0,82$; celui pour les cônes va de $0,85$ à $0,90$. Pour les fluides élastiques, nous avons vu que la différence n'est que d'un à deux centièmes.

On peut même, dans les fluides ordinaires, en donnant à l'ajutage la forme de la veine contractée, prévenir presque entièrement toute perte dans la dépense ; Eytelwein est parvenu à en obtenir les $0,98$ (1). J'ai voulu essayer cette forme dans mes expériences, c'est celle portée à la dernière ligne du tableau ci-dessus, et elle m'a donné $0,880$. (Le vrai diamètre de l'ajutage essayé était $0^m,0147$ et non $0,0150$: le premier de ces nombres a été employé dans le calcul, le second eût donné $0,845$.)

(1) *Handbuch der mechanik und der hydraulik*, § 98.

Nous avons encore une autre différence : dans l'écoulement de l'eau, le coefficient de contraction diminue jusqu'à un certain terme lorsque la charge ou pression en vertu de laquelle l'écoulement a lieu augmente ; tandis que, dans nos expériences, nous n'avons remarqué aucun rapport entre les contractions et les pressions ; les premières ont été sensiblement les mêmes, bien que les pressions aient varié dans le rapport de 1 à 5 .

Conclusions.

Résumant, et rappelant les principaux résultats de mes expériences, j'établirai que lorsque l'air sort d'un réservoir en vertu d'une pression quelconque, le coefficient de contraction de la veine fluide, ou le rapport entre la dépense réelle et la dépense théorique, sera

- $0,65$ si l'écoulement a lieu par un orifice percé en très-mince paroi ;
- $0,93$ pour un court ajutage cylindrique ;
- $0,95$ pour un court ajutage conique peu évasé.

Me référant au cas qui intéresse le plus la pratique, j'ajouterai qu'en employant des ajutages ou buses légèrement coniques, la dépense réelle sera de 6 pour 100 (environ $\frac{1}{15}$) moindre que la dépense théorique ; elle sera en conséquence donnée par l'expression algébrique suivante :

$$499 d^2 \sqrt{h \frac{b+h}{1+0,004 t}} \text{ kil.},$$

ou, en volume, et réduite à la densité de l'atmosphère ambiante,

mouillée convenablement ; ce qui se fait en l'étendant sur le sol et en la remuant avec un râble, après avoir jeté de l'eau dessus.

Il suit de ce que je viens de dire que je dois indiquer d'abord quelle est la disposition des tas ou fourneaux de carbonisation (pour me servir de la même expression que l'on emploie dans la fabrication du charbon de bois), et ensuite donner la conduite de l'opération elle-même. Je dirai enfin quelques mots sur les dépenses qui résultent de ce travail.

Formation
des tas.

Ces tas sont ou des troncs de cône reposant sur la grande base, ou des prismes allongés : l'emploi des uns ou des autres dépend de l'emplacement.

Tas
coniques.

La construction de ces tas, qui est la plus curieuse, se fait au moyen d'un moule en bois qui a la même forme que la surface extérieure. Il est composé de planches qui tiennent les unes aux autres par des crochets en fer : elles s'assemblent facilement, et laissent entre elles un vide intérieur en forme de tronc de cône (*fig. 1*, Pl. IV). Dans leur hauteur, elles sont percées de trois rangs de trous circulaires, chaque rang comprend douze trous : le premier est à fleur de terre.

Au centre, on place un piquet carré vertical ; puis, dans chaque trou du rang inférieur, on introduit un pieu circulaire de 3 à 4 pouces de diamètre, dont une des extrémités, garnie d'un anneau, sort de l'enveloppe. Ces pieux sont d'ailleurs disposés comme l'indique la *fig. 2*.

Les pieux ainsi arrangés, deux ouvriers entrent dans l'intérieur du moule : l'un étend et égalise avec une pelle la houille menue et mouillée que lui jette un troisième ouvrier du dehors ;

l'autre la tasse avec soin, au moyen d'un pilon en bois. Lorsqu'il y en a une couche de 3 à 4 pouces d'épaisseur au-dessus des pieux horizontaux, on introduit par la seconde rangée de trous autant de pieux que précédemment, et on les dispose de la même manière ; mais, de même que les trous, ils ne correspondent pas immédiatement au-dessus des premiers ; ils sont au tiers de l'intervalle qui sépare ceux-ci. Cela fait, l'ouvrier en place trois autres verticaux sur le milieu de la longueur des pieux de la 1^{re}. rangée en *m*, *m'*, *m''*, afin d'établir la communication des canaux inférieurs avec la base supérieure : il a eu soin auparavant d'ôter le charbon qui s'y trouvait, et ensuite d'assujettir ces pieux en les entourant de houille. Le second ouvrier, qui était sorti de l'intérieur du cône, y rentre pour tasser celle qu'on lui jette, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à la troisième rangée de trous, que l'on dispose du reste comme la seconde.

Le tas conique étant rempli de houille menue et bien tassée, on retire les divers pieux au moyen des anneaux dont leurs extrémités sont pourvues. Cet arrachement se fait sans peine ; on a eu soin pour cela de donner à chaque pieu une forme un peu conique. Si les ouvriers éprouvaient quelque difficulté, ils pourraient se servir d'un levier, qu'ils passeraient dans l'anneau et qu'ils enfonceraient en terre, comme ils sont obligés de le faire pour les grands tas prismatiques.

Les dimensions des tas coniques sont 3 pieds et demi de hauteur, 12 pieds de diamètre à la base inférieure et 7 pieds à la base supérieure ; leur

contenu est à-peu-près de 75 bennes de 100 kilogrammes environ chacune.

Six ouvriers sont employés à leur formation : le premier arrange la houille, dans l'intérieur, avec la pelle ; le second la tasse ; le troisième la jette dans la forme ; le quatrième l'apporte, dans des brouettes à bras, de l'endroit où on la mouille ; le cinquième remplit les brouettes, et le sixième mouille la houille et la mêle. On peut ajouter encore un manœuvre, qui crible et porte aux chaudières tout ce qui ne passe pas à la claie.

La journée des six premiers ouvriers est remplie lorsqu'ils ont fait trois de ces tas. Tous ne font pas constamment le même ouvrage ; ils alternent à volonté, et reçoivent chacun 2 francs pour ce travail.

Tas prismatiques.

Leur construction est analogue à la précédente ; on ne l'emploie, comme je l'ai dit, que pour plus de commodité dans les emplacements, lorsqu'on peut disposer d'un terrain plus étendu.

Six ouvriers sont de même occupés et ont chacun un travail semblable. Il me suffira donc d'indiquer la forme et les dimensions des tas.

Ces tas ont une forme prismatique, à peu-près celle des piles de boulets, si ce n'est qu'ils sont tronqués au sommet. Ils ont 50 à 60 pieds de longueur et même davantage suivant les localités, 3 pieds et demi de hauteur, 4 de largeur à la base inférieure et 2 à la partie supérieure.

Pour les construire, on commence par poser la planche qui doit former une des extrémités : cette planche (*fig. 3*) a la forme d'un trapèze ayant 2 pieds de largeur et 4 en bas ; on l'incline légèrement pour que la houille se main-

tienne d'elle-même lorsqu'on ôte l'entourage, et on la fixe dans cette position au moyen de deux leviers en fer, que l'on enfonce en terre intérieurement ; puis, contre elle et latéralement, on applie celles qui doivent garnir les longs côtés du prisme : toutes ces planches (*fig. 3*) sont liées les unes aux autres par des crochets en fer, et reposent de même, de distance en distance, contre des leviers en fer, qui les soutiennent. Lorsqu'on a construit ainsi des côtés de 10 à 12 pieds de longueur, on ferme le prisme par une planche semblable à la première que l'on a posée ; mais cette dernière planche n'est que provisoire, on l'ôte dès que la première portion de prisme est remplie de houille, et l'on allonge de nouveau les côtés de 10 à 12 pieds.

Pour pratiquer des canaux dans l'intérieur, on a percé dans l'entourage en planches trois rangs de trous servant à introduire autant de pieux en bois légèrement coniques. Le rang supérieur correspond au premier, et les trous du second rang sont placés au milieu des intervalles qui séparent les autres.

La planche (*fig. 3*), fermant une des extrémités, est percée de quatre trous ; celle qui lui correspond à l'autre bout n'en a qu'un en *a* : c'est par là que l'on introduit un pieu circulaire, parallèle aux longs côtés du prisme, et qui doit avoir un peu plus de 10 à 12 pieds ; il est terminé, comme tous les autres, par un anneau, et doit être, en raison de sa longueur, un peu plus fortement conique.

Ce premier pieu étant placé convenablement, les autres, que l'on passe par les trous *a'* viennent s'y appuyer perpendiculairement et de

chaque côté (*fig. 4*). Deux ouvriers entrent alors dans l'enceinte, arrangent et tassent la houille jusqu'à leur niveau, et dès qu'ils y sont parvenus, ils placent en *b* d'autres pieux verticaux, qui arrivent un peu au-dessus de la base supérieure. Ils les assujettissent, et continuent à remplir jusqu'aux trous *a'*, par lesquels on introduit une seconde rangée de piquets horizontaux, qui, d'après leur position, vont rejoindre obliquement les pieux verticaux (*fig. 5*). La troisième rangée est directe comme la première; les trous *m* de la planche (*fig. 3*) sont de même remplis par des piquets, mais se terminant en *a''* — *a'''*.

La cavité prismatique étant remplie de houille bien tassée, on désassemble le tout, après avoir retiré tous les piquets avec un levier en fer. Un ouvrier seul peut enlever les pieux latéraux; quant à celui qui a 12 pieds de longueur, il faut beaucoup plus de force; les six ouvriers sont quelquefois obligés de le tirer ensemble. A mesure que l'on défait une des extrémités, on allonge l'autre d'autant, et l'on forme ainsi une seconde enceinte égale à la première. On continue de la même manière tant que la place le permet.

D'après cette disposition des tas, soit coniques, soit prismatiques, on voit que l'air circulant avec facilité dans leur intérieur, le feu pourra s'y propager sans peine, et que l'on pourra faire ainsi, avec de la houille menue et mouillée, du coak, dont la qualité ne dépendra que de la nature de la houille, puisque la carbonisation pourra s'effectuer facilement et également dans toutes les parties.

Six ouvriers sont chargés de carboniser les tas préparés par les autres. Cet ouvrage est pénible, à cause des fumées épaisses et de la grande chaleur qu'ils éprouvent au milieu de vingt à vingt-cinq tas coniques et de cinq à six tas allongés, tous très-rapprochés les uns des autres. Ils reçoivent aussi une paie plus forte, 2 fr. 50 c. par jour; ils doivent d'ailleurs être plus exercés que les premiers ouvriers, avoir acquis une certaine habitude pour diriger l'opération, et, comme le charbonnier, avoir une connaissance assez exacte de ses diverses périodes, quoique cependant la fabrication du coak soit bien loin d'être aussi difficile que celle du charbon de bois.

Des six ouvriers, trois travaillent douze heures pendant le jour, les trois autres la nuit. Avant d'allumer, ils placent sur la partie supérieure, et au-dessus des trous, des morceaux moyens de houille sur une hauteur d'un demi-pied, non pas dans toute la longueur du tas, mais de manière seulement à ce qu'ils se communiquent de trou en trou: on a soin de les placer la pointe en bas pour laisser plus d'ouverture, et de ne point en jeter dans les canaux verticaux; sans cela, on risquerait d'obstruer ceux-ci. Cela fait, de distance en distance, les ouvriers mettent quelques charbons embrasés au milieu des morceaux de houille, ce qui suffit pour enflammer successivement toute la masse. Peut-être conviendrait-il de n'allumer les tas prismatiques qu'à une extrémité; le feu se propagerait toujours par le haut, et l'on éviterait une chaleur trop grande.

La houille que l'on ajoute ainsi est complètement perdue pour le coak; mais sans elle le feu prendrait difficilement, et, en commen-

çant à allumer par le haut, on a l'avantage de conserver le plus long-temps possible la forme des tas ; ce qui n'aurait pas lieu si le feu était mis par le bas, puisque la houille, augmentant de volume en se transformant en coak, et pouvant le faire inégalement, boucherait les canaux supérieurs, et empêcherait inévitablement une carbonisation parfaite de la partie supérieure.

Les tas étant allumés et la flamme paraissant dans les différens trous, les ouvriers veillent à ce qu'ils ne s'obstruent pas. Si cela arrive, ils les rétablissent, autant que possible, avec des ringards, jusqu'à ce que la houille leur paraisse assez carbonisée, ce dont ils s'aperçoivent lorsqu'il n'y a plus de flamme et que la masse est seulement en feu ; ils couvrent alors cette place de terre ou de cendres, ou bien encore de débris de coak, et continuent ensuite les mêmes opérations jusqu'à ce que chaque partie d'un tas ait passé par ces différens états. A cette époque, ils recouvrent de terre la masse entière : elle s'éteint facilement, mais conserve long-temps une chaleur assez forte pour incommoder vivement les ouvriers qui sont chargés de défaire les tas et de casser le coak en morceaux de la grandeur nécessaire pour un haut-fourneau.

On n'emploie aucune précaution pour préserver la houille enflammée d'une action trop vive du vent, qui est souvent assez fort à l'Établissement du Janon (situé entre deux petites collines), comme on a grand soin de le faire dans la carbonisation du bois. Il est probable cependant qu'il y aurait quelque avantage à le faire, quoique la houille, brûlant moins facilement, demande moins d'attention.

Souvent, avant d'éteindre un tas de coak, et pendant qu'il est encore en plein feu, mais sans flamme, on fait arriver de l'eau dans sa partie inférieure, et on l'introduit, autant que possible, dans le centre. Le feu, d'abord ralenti, reprend bientôt avec une nouvelle force, et il se dégage alors le plus souvent une odeur d'ail très-prononcée, que l'on sent fortement lorsqu'on se met sous le vent. On ne peut se rendre raison de ce phénomène qu'en supposant qu'il y ait des phosphates dans la houille, qui, réduits à l'état de phosphures, produisent de l'hydrogène phosphoré par la décomposition de l'eau, ou bien que les pyrites de la houille renferment des arsénifères qui dégagent de l'hydrogène arsénié.

La houille perd 50 pour 100 dans cette opération ; mais le coak que l'on obtient paraît de très-bonne qualité, la forme de chou-fleur qu'il prend en est un indice. Sa couleur est gris d'acier, métallique : il ne présente pas à sa surface trop de boursoufflures ; les morceaux sont assez gros pour qu'on soit obligé de les casser avant de les jeter dans le fourneau ; cela tient à ce que la houille cassante est en général de très-bonne qualité, quoique menue ; elle renferme cependant des parties sulfureuses, ce qu'on aperçoit facilement, après la carbonisation, aux taches noires qui se trouvent aux endroits qui étaient imprégnés de pyrites.

La carbonisation d'un tas, tel que ceux que j'ai décrits, est plus ou moins longue, selon le temps et le vent, qui est très-inégal dans la vallée : elle dure ordinairement de sept à huit jours, quelquefois elle en exige dix à douze, rarement moins de six.

Cinq ouvriers sont employés à défaire les tas et à casser le coak ; ils reçoivent chacun 2 francs 50 centimes ; ils se servent de pelles et de crochets, et ils sont souvent obligés de s'éloigner, incommodés par la grande chaleur : ils n'ont pas comme les autres de travail déterminé ; leur ouvrage est réglé d'après les besoins du haut-fourneau. Quatre ouvriers, en outre, transportent le coak au hangar.

Dépenses.

Le haut-fourneau auquel le coak devait servir donnait, en 1825, 5,000 kilogrammes de fonte, et la consommation en coak était de 2 et demi à 3 parties pour une de fonte. Il fallait donc par jour 25 à 30 tonnes de houille menue, le déchet étant de la moitié : la houille coûte moyennement 0^f,35 les 100 kilogram. ou la benne. A cette dépense, on doit ajouter la dépense provenant des morceaux moyens employés pour allumer les tas, qui est assez considérable, puisqu'il en faut 2 bennes pour 75 de houille menue dans les tas coniques et 4 dans les tas prismatiques, seul désavantage qu'ont ces derniers : la benne revient à 0^f,60.

Enfin, il faut encore compter la dépense journalière en main-d'œuvre, qui est de 61 francs 50 centimes ; car l'on a

| | |
|---|--------------|
| 14 ouvriers pour la formation des tas.... | 28 fr. 50 c. |
| 6 ouvriers pour la carbonisation..... | 15 |
| 5 ouvriers pour défaire les tas..... | 12 50 |
| 4 ouvriers occupés au transport..... | 6 |
| | 61 fr. 50 c. |

En réunissant ces diverses sommes, l'on voit que la tonne de coak ou les 1000 kilogrammes reviennent approximativement à 11 francs 87 centimes.

DESCRIPTION

D'une nouvelle construction de hauts-fourneaux avec de la fonte de fer;

PAR M. ALTHANS, Inspecteur des constructions à Saynahütte près d'Ehrenbreistein.

(Archives de M. Karsten, t. 12, p. 249.)

Le haut-fourneau dont il s'agit se distingue de ceux que l'on connaît, principalement en ce que l'on a employé un assemblage de plaques de fontes pour envelopper la cuve, au lieu d'un massif très-épais de maçonnerie. Lorsqu'on établit un fourneau de cette espèce dans le voisinage d'une fonderie de fer, on y trouve l'avantage d'une construction plus prompte et plus économique que par l'ancienne méthode, parce que le massif qui environne la cuve étant beaucoup moindre, on peut diminuer considérablement les fondations en profondeur comme en surface, et épargner ainsi beaucoup sur les frais de construction.

Dans le cas d'un grand éloignement d'usines capables de fournir les plaques de fer fondu, il peut arriver que les dépenses de l'établissement d'un haut-fourneau suivant la nouvelle méthode soient plus élevées que dans l'ancienne ; mais encore alors trouvera-t-on un avantage réel dans la grande valeur que conservera la fonte employée, et aussi relativement au renouvellement de la chemise, puisque, pour la partie supérieure de la cuve, du moins lorsqu'on n'y brûle que du charbon de bois, on peut se dispenser de toute maçonnerie intérieure, la fonte

résistant très-bien à l'action du feu dans cette partie de l'appareil.

Cette dernière disposition et ses avantages ont été indiqués par les observations dues à l'inspecteur Zingraf, et continuées pendant plusieurs années, et par lesquelles il a constaté que, dans la partie supérieure d'un haut-fourneau, une paroi intérieure en fer fondu durait beaucoup plus long-temps que celle en maçonnerie.

Voici les détails de la construction du fourneau en fonte de fer.

On établit des fondations d'une profondeur qui est déterminée par la nature du sol, et l'on y pratique, comme à l'ordinaire, des canaux d'humidité *nn*, ainsi qu'on le voit dans l'une des figures de la Pl. V. Tout autour du fourneau, dont on a tracé le pourtour, et au niveau du sol de la fonderie, on place, sur une largeur d'un ou plusieurs pieds, des plaques de fonte d'une forme annulaire, telles que *aa*, et ayant un rebord peu élevé *bb*.

Sur les bases *aa*, et en dedans de la saillie *bb*, sont posées verticalement d'autres plaques de fonte *cc*, de forme courbe, qui entourent le fourneau, en y comprenant les plaques plus petites *dd*, placées sous les deux ouvertures de tuyère, et les plaques *ee* sous la tympe; toutes ces plaques sont d'ailleurs assemblées et maintenues ensemble à l'aide de clavettes *ff*.

Le reste de l'enveloppe du fourneau est formé par des anneaux de fonte fondus d'une seule pièce, ce qui est préférable, ou bien de plusieurs morceaux réunis ensemble; leur épaisseur est de 3 à 4 pouces pour un fourneau de moyenne grandeur, et un peu plus faible pour un petit

fourneau; tandis qu'on augmentera l'épaisseur pour un haut-fourneau à coke: chacun des anneaux a un pied de hauteur, et ils s'emboîtent les uns dans les autres au moyen d'entailles sur leur épaisseur, ainsi qu'on le voit dans la coupe.

Ces rainures ne doivent avoir que la profondeur nécessaire pour que la pièce contiguë y soit retenue dans la même ligne verticale que les pièces *cc* par le rebord *bb* de la base, et afin que la surface extérieure du fourneau ne présente point d'inégalité. Lorsque toutes les pièces formant l'enveloppe sont assemblées, on remplit leurs interstices avec de l'argile délayée dans de l'eau.

L'anneau inférieur de la partie la plus élevée du fourneau, partie qui n'a plus besoin d'être garnie intérieurement d'une chemise en maçonnerie, est placé sur une base *gg*, dont la largeur est, suivant l'épaisseur des anneaux, de 12 ou 15 pouces, et qui est consolidée par la pièce *hh*, destinée à empêcher que, par suite d'une dilatation quelconque des anneaux, cette base *gg* puisse se disjoindre d'une manière nuisible, et compromettre ainsi la solidité de la partie supérieure du fourneau.

Pour soutenir la plate-forme *ii*, qu'il est indispensable d'établir au niveau du gueulard, afin de pouvoir effectuer le chargement du fourneau, il faut que le deuxième ou le troisième anneau, à compter du plus élevé, soit muni d'une couronne de supports *kk* (espèces de consoles), par laquelle est soutenue la couronne plus large *ll*, qui elle-même supporte la sole en fer *mm*, solidement assemblée avec la couronne *ll* par des entailles pratiquées dessous à sa surface intérieure,

comme on le voit dans la figure, et par un système de barres de fer liées ensemble. L'extrémité de ces barres, la plus éloignée de l'axe du fourneau, peut être soutenue par des appuis portant sur la surface extérieure du fourneau, ou bien sur la saillie *gg*, ou de toute autre manière que l'on jugera convenable.

Pour les fourneaux où l'on doit employer le coke, et en raison de l'action chimique que ce combustible exerce sur la fonte de fer, il vaut mieux, ainsi que nous l'avons déjà remarqué, continuer la chemise intérieure en maçonnerie jusqu'au gueulard, et comme on l'a établie dans la partie de la cuve située au-dessous.

En faisant les fondations, on a soin de ménager dans leur épaisseur, et à 18 pouces ou 2 pieds au-dessous du sol, des canaux *mn*, qui servent à faciliter l'évacuation de la vapeur d'eau.

Suivant la qualité réfractaire des pierres que l'on peut employer à la construction de la chemise d'un fourneau, et d'après les dimensions de celui-ci, on peut donner à cette maçonnerie intérieure de 9 à 18 pouces d'épaisseur (18 pouces avec de bonnes pierres et pour des fourneaux au coke). Quant aux parties de la cuve qui sont au-dessus de l'ouvrage et des étalages, et qui se trouvent éloignées des points où se développe la plus forte chaleur, on peut n'employer à leur construction que les matériaux les moins réfractaires, et donner à la chemise une épaisseur de 2 ou 4 pouces, seulement suivant la grandeur du fourneau; il convient aussi de ne pas entourer l'ouvrage au-dessous des étalages, ainsi que les parties situées au-dessus des embrasures de tympe et de tuyère, d'une maçonnerie épaisse

et compacte entre la chemise et l'enveloppe en fonte, et cela afin que la dilatation produite par la chaleur ne désunisse pas les pièces de fonte qui forment cette enveloppe.

On peut donner à la surface extérieure d'un fourneau revêtu de fonte une forme qui permette de l'entourer plus facilement de barres de fer, telle est celle d'un polygone à douze ou à seize côtés: cela n'apportera d'ailleurs aucun changement au mode de construction. Cependant je pense que l'emploi des anneaux sera préférable, mais en supprimant l'entaille dont nous avons parlé, et en faisant porter les anneaux les uns sur les autres, tout simplement sur une surface plane bien dressée, et remplissant de suite avec de l'argile les vides qui peuvent rester.

Je n'ai point mis d'échelle au dessin que j'ai joint à cette description, parce que les dimensions de la cuve d'un fourneau dépendent de la nature des minerais et du combustible, de la force de la machine soufflante, et enfin de l'espèce de fonte que l'on veut obtenir.

PERFECTIONNEMENT au procédé de l'affinage à l'anglaise.

(Archiv. mét., tome 8, page 188.)

UN perfectionnement apporté au procédé d'affinage à l'anglaise par M. Jones (patente d'octobre 1822), consiste à faire chauffer le *fine-métal* dans un espace séparé, ordinairement réuni au fourneau à Puddler, et cela avant de le placer sur la sole de ce dernier fourneau, où il doit être affiné et converti en fer doux : on se sert alors du même foyer pour chauffer cet espace ; mais on peut aussi faire usage d'un fourneau particulier. L'avantage de placer le *fine-métal* tout rouge dans le fourneau d'affinage résulte principalement de ce que l'opération en est singulièrement accélérée ; il y a aussi économie de combustible. Cet avantage d'un plus prompt affinage ne tient peut-être pas, comme le croit M. Jones, à ce que le fourneau n'est pas refroidi, mais aussi à ce que le *fine-métal* éprouve un changement chimique, une sorte de grillage tel que celui qui a lieu dans l'opération pratiquée dans l'Allemagne méridionale sur de la fonte blanche, et qu'on nomme *Braten*.

Sur les grilles de fonte et de fer forgé ; par Gill.

(Tech. Rep. 1825, p. 97.)

Les barreaux de grille en fonte, pour les foyers, creusés d'une gorge longitudinale à la partie supérieure, et amincis en dessous, durent beaucoup plus long-temps que les barreaux de la forme ordinaire. J'attribue cet effet à ce que la cendre de la houille, remplissant constamment la cavité de ces barreaux, empêche la communication directe de la chaleur, et à ce que l'air, touchant dans son passage la partie inférieure par une grande surface, la maintient à une température basse.

AFFINAGE de la fonte de fer au four à réverbère par le moyen de la tourbe.

(Extrait d'une Lettre de M. Alex, Ingénieur des Mines de Saxe à M. Berthier.)

Lauchhamer, près Dresde, 25 décembre 1826.

Il n'y a en Allemagne que deux établissemens où l'on affine la fonte au four à réverbère ; ils sont situés sur les bords du Rhin, l'un à Rasselstein, près de Neuwied, et l'autre à Lendersdorf, près de Duren.

Son Excel. le comte d'Einsiedel, premier ministre du roi de Saxe, désirait introduire cette méthode dans son usine de Lauchhamer ; mais comme il est difficile de s'y procurer de la houille, et qu'au contraire la tourbe se trouve en abondance dans les environs, il m'a chargé de faire des essais dans le but de reconnaître si ce dernier combustible donnerait assez de chaleur pour opérer l'affinage de la fonte. Ces essais ont eu le plus heureux résultat.

La fonte que j'ai employée provenait de minerais des prairies, traités au haut-fourneau avec du charbon de bois. Je l'ai pudlée immédiatement sans la soumettre au mazéage. J'en ai chargé 200 livres à-la-fois, et, toutes les deux heures, j'en ai obtenu 170 livres de lopins, qui ont produit 125 livres de fer en barres : ainsi, le déchet a été de 37 et demi pour 100. Le fer était d'excellente qualité ; la consommation a été de 30 pieds cubes de Paris de tourbe pour 100 livres de fer (1).

(1) Cette consommation est énorme ; peut-être y a-t-il erreur dans la lettre. R.

J'ai donné au four dont je me suis servi une grille plus grande qu'aux fours à houille; j'ai surbaissé davantage la voûte, et j'ai, au contraire, élevé beaucoup la cheminée, pour augmenter le tirage.

On vient de construire à Lauchhamer une machine à vapeur et des laminoirs, et l'on va y pratiquer le pudlage à la tourbe sur une grande échelle. Quand l'établissement sera en pleine activité, je vous en communiquerai le plan, et je vous transmettrai une description du travail; j'y joindrai les résultats de l'analyse de tous les produits. Peut-être trouvera-t-on de l'avantage à introduire cette méthode dans quelques parties de votre chère France.

On répète aussi dans ce moment à Lauchhamer les essais que l'on a déjà faits souvent en Allemagne pour employer le charbon de tourbe dans les hauts-fourneaux.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. DE GALLOIS,

INGÉNIEUR EN CHEF AU CORPS ROYAL DES MINES ;

PAR M. DE BONNARD, Inspecteur divisionnaire,
Secrétaire du Conseil général des Mines.

LOUIS-GEORG.-GABRIEL DEGALLOIS-LACHAPELLE, ingénieur en chef de première classe au Corps royal des Mines, chevalier de l'ordre royal de la Légion-d'Honneur, né, en 1775, à Saint-Léonard, département du Bas-Rhin, descendait d'une famille irlandaise, émigrée en France avec le roi Jacques II. Son père, capitaine au Corps de Royal-Bavière, avait servi avec distinction dans les guerres du règne de Louis XV. Destiné à entrer dans le Corps du Génie militaire, M. de Gallois fit, à Strasbourg, des études dirigées vers ce but; le 16 décembre 1791, il fut reçu élève de l'École du génie, où l'atteignit la loi de la réquisition militaire, et le 22 septembre 1794, on le nomma ad-joint aux officiers de cette arme; mais, voulant perfectionner son instruction dans les sciences mathématiques, il entra, deux mois après, à l'École polytechnique, lors de la création de cet illustre Établissement. Une maladie, causée par sa trop grande ardeur pour le travail et par la douleur qu'il éprouva de la mort de sa mère, interrompit ses études; néanmoins, à l'époque des premiers examens de sortie de l'École, il fut reconnu admissible dans les services publics, et nommé, en conséquence, élève de l'École des Mines. Sa santé l'obligea encore à s'éloigner

de Paris pendant plus d'un mois, et pourtant ses succès furent si rapides que, dix mois après son admission, il fut proposé par le Conseil des mines, pour être nommé ingénieur. Les réglemens exigeaient deux ans d'études à l'École des Mines, et le ministre de l'intérieur refusait sa sanction à cette présentation; mais M. de Laplace, qui arriva à cette époque au ministère, jugea que le mérite d'un élève aussi distingué permettait de passer par-dessus les règles ordinaires, et M. de Gallois fut nommé ingénieur le 26 novembre 1799, seul exemple que présentent les fastes de l'Administration des Mines, d'une promotion aussi prompte. Dans cet intervalle, M. de Gallois, rappelé au service militaire, avait été forcé, par un arrêté du Directoire exécutif, d'entrer comme soldat dans un régiment d'infanterie: quelques mois après, il reçut le brevet de lieutenant du génie militaire; mais, bientôt, une loi plus raisonnable lui permit de reprendre la carrière qu'il avait choisie, et dans laquelle il se distinguait déjà si honorablement.

En 1801, M. de Gallois fut envoyé, sur sa demande, avec M. Beaunier, aux mines de Poullaouen et de Huelgoët, pour y perfectionner son instruction pratique. Quatre mémoires, insérés dans les tomes 12 et 16 du *Journal des Mines*, sur la préparation des minerais de plomb à Poullaouen, sur les travaux des sonderies, sur la température des fourneaux à diverses époques des opérations, et sur les trompes, sont sans doute un témoignage suffisant de la manière dont les deux jeunes ingénieurs atteignirent le but de leur mission; mais plusieurs autres travaux également intéressans, qui en étaient aussi le résultat, ont été perdus. A cette époque, M. de Gallois fut atteint d'une maladie terrible, dont il fut plus d'un an à se rétablir. Il reprit son service en 1803; mais depuis lors, comme antérieurement, sa santé fut constamment chancelante: presque chaque année, des maux de poitrine plus ou moins graves le forçaient à interrompre ses travaux, qu'il reprenait ensuite avec une ardeur toujours trop grande pour ses forces physiques. En 1804, il fut envoyé à l'île d'Elbe, pour surveiller l'exécution du décret qui concédait les célèbres mines de fer de cette île; ensuite, la déchéance des concessionnaires ayant été pronon-

cée, il fut chargé, comme administrateur, d'organiser le service de ces mines, qui firent partie de la dotation de la Légion-d'Honneur. La manière dont il remplit cette fonction et les rapports dans lesquels il développa des vues sages et lumineuses sur les améliorations dont ce grand établissement était susceptible lui firent obtenir d'honorables témoignages de satisfaction de la part du gouvernement. Rappelé en France en 1807, on le plaça en Ligurie, en lui annonçant l'intention de l'envoyer bientôt en Toscane, à l'effet d'introduire dans les opérations des forges de ce pays des perfectionnemens dont elles avaient grand besoin. Pénétré de l'importance d'une semblable mission, M. de Gallois demanda l'autorisation d'aller étudier l'art des forges dans tous ses détails, à l'École pratique de Geisslantern et dans les autres usines des environs de Sarrebrück. Un séjour de quatre mois et des travaux sans relâche le mirent à même de présenter, à son retour, un rapport accompagné de dix-sept liasses de mémoires, notes et dessins, sur toutes les parties des usines à fer qu'il avait visitées, grand et beau travail qui lui mérita les éloges de ses chefs et ceux du ministre de l'intérieur. Vers cette époque, il publia, dans le tome 25 du *Journal des Mines*, deux mémoires sur les mesures à observer dans la disposition des foyers de forges, sur les instrumens qui servent aux ouvriers pour la détermination de ces mesures, et sur d'autres instrumens plus exacts qu'il proposait de leur substituer.

Cependant le projet de mission en Toscane n'eut pas de suite: M. de Gallois fut placé en station à Gènes, et, peu après, à Savone, sur la demande de M. le comte de Chabrol, comme chargé du service des mines dans les départemens de Montenotte et de Marengo. L'amélioration des procédés des forges; l'exploitation des houillères du revers méridional de l'Apennin; l'introduction de l'emploi de la houille dans un grand nombre de procédés d'usines et d'usages domestiques; la publication d'une instruction en italien sur la recherche et la découverte des mines; enfin, l'étude du sol de la contrée et sa description minéralogique, furent les résultats des travaux assidus auxquels M. de Gallois se livra pendant deux ans. Le tome 25 du *Journal des Mines* renferme un

mémoire de lui sur les mines de houille du département de Montenotte. La Statistique de ce département, publiée depuis peu par M. le comte de Chabrol, contient de nombreux documens recueillis par M. de Gallois pour coopérer à l'important ouvrage d'un préfet qui l'honorait d'une ancienne et constante amitié, et qui préludait par ce beau travail aux travaux plus remarquables encore qu'il devait exécuter et décrire dans la capitale.

En 1810, M. de Gallois fut envoyé en mission extraordinaire en Illyrie; dans cette même année, il fut nommé ingénieur en chef; deux ingénieurs ordinaires furent placés sous ses ordres, et il fut chargé de la surveillance générale de l'administration des mines dans la Carinthie et dans les provinces Illyriennes: il fit, à cette occasion, de longues tournées en Croatie avec M. le maréchal duc de Raguse; il transmit au gouvernement des mémoires intéressans sur les mines et usines de ce pays, particulièrement sur les mines de plomb du *Bleyberg*, et mit tous ses soins à obtenir, des administrations supérieures, les mesures de protection nécessaires à la conservation de ces beaux établissemens. En 1811, il fut placé comme directeur en chef sur les célèbres mines de mercure d'Idria en Carniole, qui avaient été assignées en dotation, d'abord à l'Institution éphémère de l'ordre des *trois Toisons d'or*, ensuite à la Légion-d'Honneur, mines qui occupent douze cents ouvriers, six cents pensionnés, trois cents élèves, desquelles dépendent 12 lieues carrées de forêts et une population de sept mille habitans, et qui livrent annuellement un produit brut de la valeur de 2 millions et un produit net de 6 à 7 cents mille fr. Malgré les difficultés des circonstances, les établissemens furent maintenus dans un état prospère: M. de Gallois fit construire, dans les vallées qui les environnent, des écluses de flottage d'une grande utilité pour leur approvisionnement en combustible, et d'une beauté d'exécution remarquable. Plusieurs autres améliorations importantes eurent lieu à Idria sous sa direction, et il s'y concilia l'estime, l'attachement même des personnes placées sous ses ordres et des habitans du pays; cependant, il y devint l'objet de l'animadversion d'un Français, qui l'accusa, en 1813, d'avoir mal géré les mines et usines. Un Inspecteur des Mines, M. Héron de

Villefosse, fut alors envoyé à Idria, en qualité de commissaire général, à l'effet d'examiner la gestion de M. de Gallois et les accusations dirigées contre lui. La comptabilité des mines et usines fut trouvée parfaitement en règle et définitivement apurée, et il fut reconnu non-seulement que les dénonciations étaient dénuées de fondement, mais que M. de Gallois méritait des éloges pour l'intégrité, le talent et le zèle avec lesquels il remplissait les importantes fonctions qui lui étaient confiées. Des preuves frappantes de la justice de ces éloges se trouvent d'ailleurs dans les nombreux mémoires que M. de Gallois a transmis à l'Administration des Mines et au grand-chancelier de la Légion-d'Honneur, sur toutes les parties d'art et d'administration du vaste établissement qu'il dirigeait. Lorsqu'en 1814 l'Empereur d'Autriche vint à Paris, MM. Héron de Villefosse et de Gallois lui ayant été présentés avec le Corps royal des Mines, S. M. leur témoigna sa haute satisfaction sur l'état dans lequel les ingénieurs français avaient laissé les mines d'Idria lorsqu'ils les quittèrent.

En août 1814, M. de Gallois demanda et obtint d'être placé dans le douzième arrondissement minéralogique, dont Saint-Etienne est le chef-lieu. Il avait vu traiter dans les usines des environs de Sarrebrück des minerais de fer extraits des couches du terrain houiller, minerais qui, confondus en France dans l'espèce du *Fer oxidé*, en Allemagne dans celle du *Thon Eisenstein* (fer argileux), avaient été reconnus, au laboratoire de l'Ecole des Mines, pour du *Fer carbonaté amorphe* ou *terreux*, et décrits comme tels en 1812 par M. Collet-Descostils, dans le *Journal des Mines*. M. de Gallois savait qu'en Angleterre on exploitait aussi dans divers terrains houillers des minerais de nature analogue, que la houille servait à fondre. Ses voyages et ses observations l'avaient conduit à reconnaître une constance remarquable dans la composition générale des grandes formations géologiques. Fortement pénétré de cette idée, et de celle que les richesses minérales ne sont point propres à certaines contrées, mais qu'elles ne tardent pas à se montrer lorsque l'industrie s'applique à les chercher, M. de Gallois était persuadé que les terrains houillers de la France devaient aussi renfermer des minerais de fer semblables aux minerais anglais comme à ceux de Sarrebrück, et que leur aspect entièrement pierreux, tout-à-fait diffé-

rent de celui des autres minerais métalliques, avait sans doute empêché jusqu'alors de reconnaître comme tels; il voulait procurer à sa patrie les immenses avantages que l'industrie anglaise retire de l'exploitation combinée de la houille et du fer, et il désirait vivement vérifier la justesse de ses présomptions, dans la contrée du royaume la plus riche en houille (1); mais il avait une telle confiance dans le succès de ses recherches, qu'avant de partir pour le département de la Loire, il passa plusieurs mois à préparer un travail sur cet objet, et à rassembler tous les documens qui pourraient l'aider à réaliser le projet d'un grand établissement alimenté par le minerai qu'il allait découvrir. Il fit part de ce projet, à Paris, à plusieurs membres du Corps royal des Mines, entre autres à MM. Héron de Villefosse et Berthier, qui lui communiquèrent des renseignemens sur diverses localités où le minerai de fer carbonaté était associé à la houille dans les pays étrangers et en France, et qui affermirent encore son espérance. Cette espérance ne fut point trompée: dès le surlendemain de son arrivée à Saint-Étienne, à la fin d'octobre 1814, il trouva, aux portes de cette ville, le minerai de fer qu'il cherchait; il le trouva bientôt après dans un grand nombre de localités du bassin houiller qui constitue la contrée environnante; il entreprit alors de nombreux essais de laboratoire, pour reconnaître la richesse de ce minerai; mais les funestes événemens de l'année suivante retardèrent ses travaux, et ce ne fut qu'au mois de novembre 1815, qu'il put faire part à M. le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines de ce qu'il regardait comme une découverte d'autant plus importante, que des découvertes semblables attendaient les observateurs dans les autres terrains houillers de la France, et qu'il manifesta le désir de fonder lui-même une grande usine, pour en faire la première application à l'industrie. Plus tard, et après avoir visité les riches exploitations de l'Angleterre,

(1) M. l'ingénieur Guenyveau avait reconnu l'existence des minerais de fer dans le terrain houiller de Saint-Étienne, et l'avait signalée dans un rapport adressé au préfet du département de la Loire en 1809; mais ce fait était entièrement inconnu à M. de Gallois, et le rapport de M. Guenyveau, resté dans les cartons de la préfecture de Monthbrison, n'avait pas produit les effets qu'on aurait pu en attendre.

M. de Gallois inséra dans les *Annales des Mines* (t. 5) un mémoire détaillé sur ce *Mineral de fer des houillères*, qu'il décrit et classe minéralogiquement sous le nom de *Fer carbonaté lithoïde*, dont il fait connaître les caractères, les diverses variétés, les relations géologiques, et l'emploi dans les usines anglaises.

Mais dès 1814, et constamment depuis lors, la création de semblables usines en France fut et resta la pensée dominante de M. de Gallois, et dans le cours des dix dernières années de son existence, cette pensée occupa tous les momens qui n'étaient pas réclamés par son service. Nommé, en avril 1816, professeur de docimasia et directeur du laboratoire à l'École royale des Mines, il refusa d'accepter cette place, honorable témoignage de la confiance que ses talens inspiraient à son chef, mais pour laquelle sa modestie lui fit penser qu'il ne possédait pas les qualités nécessaires: il crut être plus utile à son pays, en dirigeant, dans de grands ateliers, les premiers travaux du champ qu'il voulait ouvrir à l'industrie française. Il crut aussi devoir à sa famille de chercher à tirer un parti utile de ces travaux, pour réparer les brèches que des voyages nombreux, des missions éloignées et faiblement rétribuées, enfin des pertes considérables, éprouvées à son retour d'Illyrie pendant la retraite de l'armée française, avaient faites à son modique patrimoine. Une compagnie, composée de notables capitalistes du pays, se forma pour exploiter les minerais de fer des houillères de Saint-Étienne, et sollicita du gouvernement l'autorisation pour M. de Gallois de se charger de la direction de ses établissemens. Désirant justifier la confiance qu'on mettait en lui, et croyant qu'il ne pourrait y parvenir complètement que lorsqu'il aurait étudié la pratique des procédés anglais dans les usines mêmes, M. de Gallois demanda un congé de trois mois pour se rendre en Angleterre; mais dans cette circonstance comme dans toutes les autres circonstances de sa vie, son zèle le porta à faire plus qu'il ne devait, plus qu'il ne pouvait même raisonnablement entreprendre. Il employa ces trois mois entiers à visiter les ateliers de Londres, à pénétrer jusque dans les plus petits détails pratiques des arts nombreux qui emploient le fer et la

fonte. Ayant ensuite obtenu une prolongation de congé indéfinie, il passa six mois à Newcastle, en Northumberland, occupé sans relâche à étudier les mines, les usines, les chemins de fer de cette contrée célèbre; puis il parcourut les parties de l'Écosse, de l'Angleterre et du pays de Galles les plus riches en établissemens d'exploitations de houille et de fer, et il ne revint en France qu'au bout de seize mois, après avoir encore dépensé des sommes considérables pour son voyage et pour l'acquisition de nombreux et précieux modèles d'objets d'art et d'industrie minérale. A son arrivée à Paris, il rédigea un mémoire sur les mines et usines à fer d'Angleterre, que M. le Directeur général communiqua au Conseil des Mines, et dont la lecture fut entendue avec un vif intérêt; il présenta à l'Académie royale des Sciences un mémoire sur les chemins de fer anglais, qui lui mérita les éloges de l'Académie. Ce dernier travail a été imprimé dans le tome 3 des *Annales des Mines*.

M. de Gallois retourna à Saint-Étienne en juin 1818: il fut nommé professeur à l'École des mineurs qui venait d'être établie dans cette ville, et il y professa la métallurgie en 1819. Il fut aussi membre de la *commission temporaire*, instituée à cette époque par M. le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, pour préparer les grandes opérations du partage du territoire houiller de Saint-Étienne en concessions, et il coopéra d'une manière active aux travaux administratifs qui, en régularisant et en rendant légale l'exploitation des houillères de ce pays, ainsi que la perception des droits reconnus par les usages locaux aux propriétaires de la surface, ont donné à ces deux sortes de propriété une valeur considérable, et créé ainsi de grands capitaux pour l'industrie. Mais il éprouva beaucoup de difficultés pour renouer l'entreprise importante, dont l'expectative lui avait fait entreprendre son pénible et dispendieux voyage. Ce ne fut qu'au bout d'un an que la *Compagnie des mines de fer de Saint-Étienne* étant formée, il obtint l'autorisation d'être directeur - administrateur de cette compagnie, et fut déchargé de toute fonction comme ingénieur dans le département de la Loire; mais il continua d'être chargé en chef du service des départemens du Puy-de-Dôme, de la Haute-Loire et du Cantal.

L'établissement, à Terre-Noire près Saint-Étienne, de trois hauts-fourneaux pour fondre le minerai de fer au moyen du coke; les exploitations de houille et de minerai nécessaires à l'alimentation de ces grandes bouches à feu; l'établissement ultérieur des fourneaux et cylindres destinés à convertir la fonte en fer forgé, tel était le but des travaux de M. de Gallois, comme directeur de la compagnie, travaux auxquels il se livra avec toute l'ardeur de son esprit. Ses projets, ses dessins, ses devis portèrent l'empreinte de son talent et de son zèle; les constructions qu'il a dirigées sont vraiment admirables sous le rapport de la solidité et de la convenance parfaite de toutes leurs parties, et elles offrent même, à cet égard, une sorte de luxe, le seul qu'il se soit permis de leur donner. Mais bientôt des obstacles imprévus vinrent retarder l'exécution de ses plans: il fut obligé, en 1820, de faire un second voyage de trois mois en Angleterre, pour y presser la confection et l'envoi des machines qu'il y avait commandées, et la construction du premier haut-fourneau ne fut achevée que deux ans après. Les approvisionnemens en minerai et en houille de qualité convenable présentèrent aussi des difficultés tout-à-fait inattendues; d'ailleurs, les mélanges des diverses sortes de minerais, et la forme précise qu'il convenait, d'après la nature de ces minerais et celle du coke, de donner à l'intérieur du fourneau, n'avaient pu être assez étudiés. En métallurgie, les expériences sont lentes, et souvent la question commerciale empêche la solution de la question métallurgique. Ces circonstances nuisirent au succès du premier fondage, qui produisit beaucoup moins de fonte qu'on n'espérait en obtenir, et elles accrurent les dépenses de la compagnie au-delà de ses ressources du moment. M. de Gallois, absorbé par la partie d'art de son entreprise, ne put pas donner tous les soins nécessaires à toutes les branches de la partie administrative. Peu secondé, sous ce rapport, par les personnes placées sous ses ordres, il souffrait vivement des retards, des obstacles qu'éprouvait le développement du projet auquel il s'était consacré depuis huit ans avec un dévouement si absolu; il se résolut, en 1823, à donner sa démission de directeur-administrateur de la compagnie, ne se réservant que la bienveillante faculté d'aider son successeur de ses conseils.

« Je crois avoir rempli ma tâche », écrivait-il à cette époque à M. le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines ; » avec d'autres circonstances j'aurais fait mieux et » plus vite. Je ne crois point qu'il ait dépendu de moi » d'obtenir immédiatement un succès plus complet. L'édu- » cation des hommes et la disposition des choses qui se » rattachent à une industrie nouvelle forment un pro- » blème très-complicé, dont les élémens inconnus ne » peuvent se résoudre tous à-la-fois. Il a fallu un certain » courage pour, le premier, oser le tenter seul ; et c'est » tout le mérite que je prétends avoir eu. Quels que soient » les inconvéniens qu'on a rencontrés, l'établissement » subsiste, ses bases sont bonnes, et il ne peut manquer » de prospérer et de remplir le vœu des actionnaires. » L'exemple ne tardera pas à être suivi par de nombreux » imitateurs, et la France y trouvera un grand ensemble » de ressources qui manquaient jusqu'à présent à son in- » dustrie, etc. »

L'expérience a fait reconnaître la justesse de ces prévisions : un second haut-fourneau a été construit à Terre-Noire à côté du premier, et la machine soufflante de ces deux fourneaux suffira encore à l'établissement du troisième, pour lequel tous les travaux de fondation ont été exécutés par M. de Gallois ; d'autres usines du même genre se sont élevées depuis et s'élèvent tous les jours, soit aux environs de Saint-Étienne, soit ailleurs, et une fabrication d'une haute importance est acquise à l'industrie française.

Un résultat aussi précieux des talens et du dévouement d'un ingénieur ne pouvait manquer d'être aperçu même d'avance et apprécié par l'administrateur éclairé qui avait encouragé ses efforts. En juillet 1823, M. le Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines fit un voyage à Saint-Étienne, et visita l'usine de Terre-Noire : le haut-fourneau donnait peu de produit, le directeur était sur le point de quitter l'administration de l'entreprise ; mais ces apparences fâcheuses n'empêchèrent pas que justice fut rendue à M. de Gallois, et le 23 août 1823 il fut nommé chevalier de l'ordre royal de la Légion-d'Honneur ; l'année suivante, il fut promu à la première classe de son grade.

La santé de M. de Gallois, toujours faible, souvent tout-à-fait dérangée, avait encore reçu une atteinte grave des fatigues et des chagrins que lui avait causés son entreprise : plusieurs fois, dans ses dernières années, il fut obligé de demander des congés pour aller chercher à la rétali, soit dans son pays natal, soit en passant l'hiver en Provence. Dans un de ces voyages, il séjourna quelque temps à Vence et à Nice, et rédigea un mémoire sur la géologie des rives du Var. Plusieurs objets de service, et notamment l'instruction des demandes en concession des mines de houille de la Haute-Loire et du Puy-de-Dôme, furent aussi pour lui l'occasion de travaux pénibles et longs. Cependant l'établissement qu'il avait fondé commençait à prospérer : la marche et le produit du haut-fourneau étaient devenus conformes à ce que M. de Gallois avait annoncé dans ses devis ; il jouissait de ce succès, et les actions de la Compagnie avaient acquis une valeur supérieure d'un cinquième à leur valeur première.

En juillet 1825, M. de Gallois alla prendre les eaux du Mont-Dore : loin d'en éprouver de bons effets, il en revint souffrant, faible, tourmenté d'insomnies et d'une grande irritation nerveuse, qu'augmentaient encore le défaut absolu de régime et la continuelle tension de son esprit sur des objets sérieux. Il se disposait à entreprendre des courses de service dans le département du Cantal, et voulut se reposer quelques jours à Clermont.... Le 25 août il y est mort, loin de sa femme et de son fils, dans un violent accès de fièvre, déterminé par un bain froid qu'il avait pris imprudemment dans la matinée.

Un semblable malheur n'avait pas besoin d'être aussi inattendu, pour plonger dans la désolation la famille de M. de Gallois, et pour être déploré par toutes les personnes qui avaient avec lui des relations même éloignées. Son caractère essentiellement bon et inoffensif, sa moralité scrupuleuse, ses sentimens empreints d'une candeur comparable à celle de l'enfance, attachaient à lui tous ceux dont il était connu. Son esprit, étendu et pénétrant, saisissait promptement l'objet qui le frappait, et l'approfondissait ensuite avec autant de vivacité que de persévérance. Il était un excellent homme et un ingénieur très-distingué ;

il a rendu à l'industrie de son pays un éminent service ; il a péri à l'époque où il allait jouir du fruit de ses talents et de ses travaux. Sa fin prématurée laisse de profonds regrets dans le Corps auquel il appartenait, et où il comptait autant d'amis que de camarades.

Nous avons fait mention, dans le cours de cette notice, des principaux écrits publiés par M. de Gallois. Il avait préparé, dans les dernières années de sa vie, plusieurs travaux qui sont restés incomplets, entre autres un mémoire, qui l'avait long-temps occupé, sur les moyens d'agglutiner la houille menue, en la comprimant, de manière à la rendre propre aux mêmes usages que la houille en gros morceaux. Ses cartons renferment en outre un grand nombre de manuscrits et de dessins relatifs à tous les objets qu'il avait étudiés dans ses nombreux voyages, sur-tout à Idria et en Angleterre.

Il est bien à désirer que son fils puisse achever de mettre en état d'être publiés ces intéressans manuscrits, la plus précieuse portion de son héritage. Leur publication serait d'un grand intérêt pour les sciences et pour l'art des mines et usines.

ORDONNANCES DU ROI, CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LA FIN DU PREMIER
TRIMESTRE DE 1826.

ORDONNANCE du 11 janvier 1826, portant concession des mines de houille de Cesseroas (Hérault).

Mines de
houille de
Cesseroas.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I^{er}. Il est fait concession aux sieurs François Jourdan et Jean-Baptiste-Pitorre des mines de houille situées dans la commune de Cesseroas (Hérault), sur une étendue superficielle de six kilomètres carrés cinquante-deux hectares.

ART. II. Cette concession est et demeure limitée conformément au plan joint à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit ; savoir,

Au nord, par la rivière de Cesse, depuis le gué du chemin de Fauzan à Gazels jusqu'à la limite du territoire d'Azillanet;

A l'est, par la limite commune des territoires de Cesseroas et d'Azillanet, jusqu'à son intersection avec le chemin haut de Cesseroas à Azillanet;

Au sud, par le même chemin de Cesseroas à Azillanet et le chemin de Cesseroas à Drage, passant par la bergerie de Taffanel, jusqu'à sa rencontre avec le chemin de Saint-Germain à Fauzan;

A l'ouest, par le chemin de Saint-Germain à Fauzan et celui de Fauzan à Gazels, jusqu'au gué de la rivière de Cesse, point de départ.

ART. III. Une borne sera plantée sur la rive droite de la rivière de Cesse, au point où se trouve aujourd'hui le gué du chemin de Fauzan à Gazels, point indiqué comme sommet d'un des angles du périmètre de la concession.

Procès-verbal de cette opération sera dressé par l'ingénieur des mines, et expéditions en seront déposées, l'une aux archives de la préfecture de l'Hérault, l'autre à celles de la commune de Cesseroas, et il sera donné avis de ce dépôt à notre Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

Verrerie du Lardin.

ORDONNANCE du 18 janvier 1826, portant autorisation à la Société anonyme des mines de plomb de Chabrignac, instituée par ordonnance du 6 janvier 1825, d'établir une verrerie pour la fabrication du verre noir, au lieu dit Le Lardin, commune de Saint-Lazare (Dordogne). Dans cette verrerie, qui sera composée de deux fours renfermant chacun huit pots, les impétrans ne pourront employer d'autre combustible que de la houille.

Haut-fourneau et boccard de Montreuil.

ORDONNANCE du 18 janvier 1826, portant que le sieur Caroillon de Vandeuil, propriétaire du haut-fourneau de Thonance-les-Joinville (Haute-Marne), est autorisé, 1°. à conserver et tenir en activité le haut-fourneau et l'ancien boccard à mine, établis sur le ruisseau de Montreuil, commune de Thonance-les-Joinville, conformément aux plans joints à la présente ordonnance; 2°. à conserver le patouillet établi pour la préparation complète du minerai de fer; 3°. à transformer le boccard à crasses, situé immédiatement au-dessous du fourneau, en un boccard à mines, qui sera muni de dix pilons.

Lavoirs à bras de Vantoux.

ORDONNANCE du 18 janvier 1826, portant autorisation aux sieurs Charles-Rose Poncelin et Charles-Ferdinand Villequez, de construire

deux lavoirs à bras, pour le lavage du minerai de fer, dans un terrain qui leur appartient au lieu dit à Bulland, commune de Vantoux (Haute-Saône).

ORDONNANCE du 18 janvier 1826, portant que le sieur Crozier Lamerlée et ses ayant cause sont autorisés à construire deux hauts-fourneaux et une affinerie pour la fusion du minerai de fer et pour l'affinage de ce métal, au moyen de la houille, dans la commune de Chavanay (Loire); le tout suivant les plans d'ensemble et de détails joints à la présente ordonnance, et sous la condition de ne s'approvisionner de minerai de fer que dans des exploitations légalement autorisées.

Usines à fer de Chavanay.

ORDONNANCE du 2 février 1826, portant que les sieurs Guillaume Bocquet et compagnie, propriétaires de l'usine à fer dite Maka, ou petite forge, située au lieu dit les Crayaux de Milourd, commune d'Anor (Nord), sont autorisés à conserver et à tenir en activité cette même usine, dont la consistance est et demeure fixée, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, à deux feux d'affineries, un feu de chauffe, deux marteaux et un boccard.

Usine à fer d'Anor.

ORDONNANCE du 2 février 1826, portant que le sieur Guy est autorisé à conserver et à tenir en activité les trois lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer existant dans la commune de Traves, au lieu dit le Pré-sous-la-Ville (Haute-Saône), conformément au plan annexé à la présente ordonnance.

Lavoirs à bras du Pré-sous-la-Ville.

Platinerie
de Biesles.

ORDONNANCE du 2 février 1826, portant que le sieur Henri Georges est autorisé à conserver et à tenir en activité, dans l'endroit où était la forge basse du Val-de-Moiron, commune de Biesles (Haute-Marne), une petite platinerie destinée au forgeage des plaques qui s'emboutissent dans les ateliers et fabriques environnans. L'impétrant ne pourra consommer que des combustibles minéraux dans cette usine, dont la consistance est et demeure fixée, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, en une chauffe-rie, un marteau et deux roues hydrauliques.

Patouillet de
Saint-Loup-
lès-Gray.

ORDONNANCE du 8 février 1826, portant que le sieur François-Auguste-Éléonore de Klinglin, propriétaire du haut-fourneau de Saint-Loup, est autorisé, conformément au plan joint à la présente ordonnance, à construire, près de ce haut-fourneau, un patouillet à roue, sur la rivière de Merthe, commune de Saint-Loup-lès-Gray (Haute-Saône).

Martinet de
Boulay.

ORDONNANCE du 16 février 1826, portant que le sieur Aubert est autorisé à construire, conformément au plan joint à la présente ordonnance, un martinet à élargir les scies et un feu de chauffe-rie avec un soufflet, sur le canal du moulin qu'il possède en la commune de Boulay (Moselle). L'impétrant ne pourra employer dans son usine aucun autre combustible que de la houille.

ORDONNANCE du 22 février 1826, portant autorisation d'établir une usine pour le traitement du fer, en la commune de Saint-Jullien-en-Jarret (Loire).

Usine à fer
de Saint-
Jullien-en-
Jarret.

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I^{er}. Les sieurs Ardaillon père et fils, Bessy et compagnie, sont autorisés à établir en la commune de Saint-Jullien-en-Jarret, département de la Loire, une usine pour le traitement du fer.

ART. II. La consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance :

1^o. A trois hauts-fourneaux avec des machines soufflantes mues par la vapeur ;

2^o. A quinze fourneaux à réverbères, deux fineries, un gros marteau et des cylindres étireurs mis en mouvement par deux machines à vapeur.

ART. III. Les impétrans seront tenus de construire le premier haut-fourneau dans le cours d'une année à partir de la notification de la présente ordonnance.

Il leur est accordé un délai de six ans pour la mise en activité de l'usine entière.

ART. VII. Ils ne pourront consommer dans leur usine que des combustibles minéraux.

ORDONNANCE du 1^{er} mars 1826, portant autorisation de construire un martinet près d'une forge catalane, située en la commune de Saurat (Arriège).

(Extrait.)

CHARLES, etc., etc., etc.

ART. I^{er}. Le sieur Pagès, propriétaire d'une forge catalane en la commune de Saurat, département de l'Arriège, Usine à fer de Saurat.

est autorisé à construire près de cette forge et sur le même cours d'eau un martinet à parer le fer.

ART. II. La consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux plans de masse et de détails joints à la présente ordonnance, à un seul feu et à un seul marteau.

ART. III. L'impétrant est également autorisé à construire une digue à l'embouchure du canal de décharge de sa forge dans la rivière de Saurat.

ART. X. L'impétrant ou ses ayant cause ne pourront employer d'autre combustible que de la houille.

Forge de la
Galopperie.

ORDONNANCE du 1^{er} mars 1826, portant que le sieur Beuret est autorisé à conserver et à tenir en activité la forge dite la Galopperie, qu'il possède en la commune d'Anor (Nord). La consistance de cette usine est et demeure fixée, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, à un feu d'affinerie, un feu de chaufferie, un marteau et un petit bocard à crasses.

Patouillet de
Ste. Cécile.

ORDONNANCE du 1^{er} mars 1826, portant que la dame veuve Dornier est autorisée à convertir en un patouillet à roue, destiné au lavage du minerai de fer, à l'usage du fourneau de Pesmes, le moulin de Sainte-Cécile, à elle appartenant, et situé sur le ruisseau de la fontaine de la Résie-Saint-Martin, commune de Valay (Haute-Saône).

de la h

Fig. 3.



g. 4.

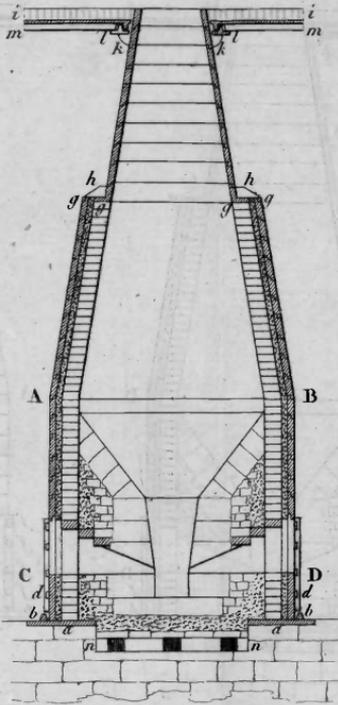


Fig. 5.

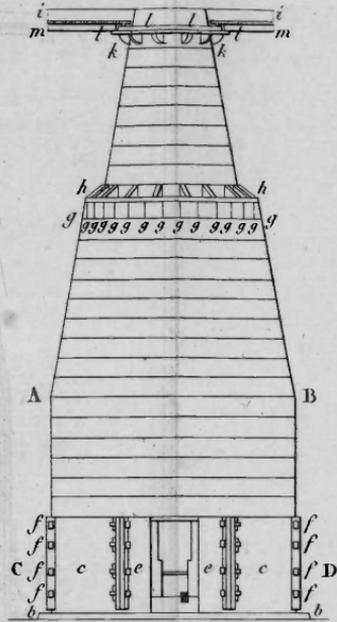


Haut fourneau en fonte.

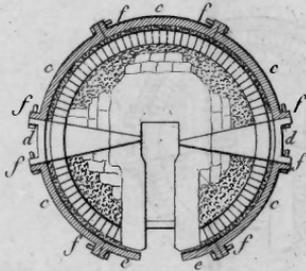
Coupe verticale.



Elevation.



Coupe horizontale à la hauteur de C D.



Coupe horizontale à la hauteur de A B.

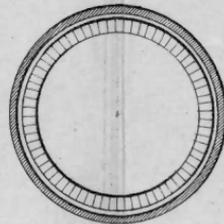


TABLE DES MATIÈRES
CONTENUES DANS LE TOME XIII.

Géologie et Minéralogie.

- MÉMOIRE sur la géognosie du département du Nord ;
par M. *Poirier-Saint-Brice*, Ingénieur au Corps
royal des Mines. Pag. 3 et 287
- DES combustibles minéraux, etc., d'après un ouvrage
allemand de M. Karsten. Extrait par A. M.
Héron de Villefosse, Conseiller d'État, Inspecteur
divisionnaire au Corps royal des Mines de France,
Membre de l'Académie royale des Sciences, etc.
Lu à l'Académie, le 14 août 1826. 111
- MÉMOIRE sur les terrains de la chaîne jurassique ;
par M. *Charbaut*, Ingénieur au Corps royal des
Mines 177
- ESQUISSE géologique de l'île d'Anglesey, et descrip-
tion de l'exploitation et du traitement des mine-
rais de cuivre que renferme cette île ; par M. *Vic-
tor-Frèrejean*. 229
- DES changemens dans le système de minéralogie chi-
mique, qui doivent nécessairement résulter de la
propriété que possèdent les corps isomorphes de se
remplacer mutuellement en proportions indéfinies ;
par M. *Berzélius*. 253
- SUR un quartz gélatineux ; par M. *Guillemin*. 321

*Chimie ; Recherches docimastiques ; Analyses de
substances minérales.*

- ANALYSES de quelques produits métallurgiques ; par
M. P. *Berthier*, Ingénieur en chef au Corps royal
des Mines. 99
- EXAMEN chimique des combustibles minéraux en géné-
ral. 137

| | |
|--|------------|
| ANALYSES de quelques substances minérales ; par M. P. Berthier. | Pag. 213 |
| — 1. Grains verts provenant d'une glauconie (craie chloritée) d'Allemagne | <i>Ib.</i> |
| — 2. Grains verts de Schirneck (département des Vosges) | 214 |
| — 3. Fer titané de Maisdon (Loire-Inférieure) | <i>Ib.</i> |
| — 4. Substance rose de Confolens (département de la Charente) | 218 |
| — 5. Note sur le cuivre carbonaté argentifère de Kaltzenthal , régence de Spire (Bavière) | 219 |
| — 6. Eau minérale de Hombourg | 221 |
| — 7. Eau minérale de Creutznach , près Bingen (grand-duché du Rhin) | 222 |
| — 8. Sel de Saint-Ubes (Sétubal) en Portugal | 224 |
| — 9. Plomb sulfaté argileux de Badenvillers (grand-duché de Bade) | 227 |
| — 10. Minerai de fer magnétique des environs de Saint-Brieux (département des Côtes-du-Nord) | <i>Ib.</i> |
| ANALYSE d'un quartz gélatineux ; par M. Guillemin | 321 |
| ESSAI du minerai de plomb argentifère de Bobenthal , régence de Spire (Bavière) ; par M. Fournet | 331 |
| NOTE sur cet article ; par M. P. Berthier | 333 |
| EXAMEN de quelques produits du traitement métallurgique des minerais d'étain ; par le même | 465 |

*Minérallurgie : Arts qui en dépendent.
État actuel des usines à fer.*

| | |
|---|----|
| PERFECTIONNEMENT dans les fours à chauffer le fer ; par M. Richard Harford | 40 |
| NOTICE sur un moyen particulier de rendre propre à la fonte du minerai de plomb mélangé d'une grande partie de pyrite de fer ; par M. Boüesnel , Ingénieur en chef des Mines des Pays-Bas | 41 |
| MÉMOIRE sur les différens états du fer : traduit et extrait des <i>Mémoires sur différens points importants du traitement du fer</i> , de M. Ant. Muller , de l'Administration des Mines de Prusse ; par M. Aug.-Fr. Engelhardt | 51 |
| DESCRIPTION d'un procédé inventé par M. Chapman , de Whitby , pour brûler la fumée dans les fourneaux des machines à vapeur et autres. (Extrait des | |

| | |
|--|------------|
| <i>Transactions de la Société d'Encouragement de Londres , pour l'année 1824.</i> | Pag. 107 |
| Des combustibles minéraux , etc. | 111 |
| SUR le traitement des minerais de cuivre de l'île d'Anglesey | 234 |
| NOTE extraite d'un mémoire sur un mode de traitement du cuivre argentifère , applicable à l'affinage des monnaies à bas titre ; par M. Serbat | 283 |
| SUR l'affinage du fer au fourneau à réverbère , essayé en Suède. (Extrait des <i>Archives métallurgiques</i> , t. 7 , p. 381) | 316 |
| MÉMOIRE sur l'état actuel des usines à fer de la France , considérées au commencement de l'année 1826 , avec un supplément relatif à la fin de cette même année ; par M. A. M. Héron de Villefosse | 339 |
| Supplément à ce mémoire , ajouté dans le mois de décembre 1826 , présentant un aperçu des mines de houille de la France , et des usines à fer de la Grande-Bretagne | 441 |
| DESCRIPTION du procédé de carbonisation de la houille , employé près de Saint-Étienne , à l'établissement du Janon ; par M. Delaplanche , Élève-Ingénieur au Corps royal des Mines | 505 |
| DESCRIPTION d'une nouvelle construction de hauts-fourneaux avec de la fonte de fer ; par M. Althans , Inspecteur des constructions à Saynahütte près d'Ehrenbreitenstein. (<i>Archives de M. Karsten</i> , t. 12 , p. 249) | 515 |
| PERFECTIONNEMENT au procédé de l'affinage à l'anglaise. (<i>Archives mét.</i> , tome 8 , page 188.) | 520 |
| SUR les grilles de fonte et de fer forgé ; par M. Gill. (<i>Tech. Rep.</i> 1825 , p. 97.) | <i>Ib.</i> |
| AFFINAGE de la fonte de fer au four à réverbère par le moyen de la tourbe. (Extrait d'une lettre de M. Alex , Ingénieur des mines de Saxe , à M. Berthier.) | 521 |

Exploitation des Mines.

| | |
|---|-----|
| NOTE sur le muraillement des puits aux mines de Fins ; par M. Guillemin | 85 |
| SUR l'exploitation des minerais de cuivre de l'île d'Anglesey | 232 |

Mécanique, Arts de construction et Objets divers.

- FORMULES relatives à la force de la fonte et des matériaux de construction en général, d'après M. *Tredgold*, ingénieur anglais; par M. *D'Aubuisson*, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines. . . Pag. 239
- EXPÉRIENCES gazométriques, à l'effet de déterminer la dépense réelle d'un orifice d'où sort un courant d'air; par *le même*. 483

Nécrologie.

- NOTICE nécrologique sur M. *De Gallois*, Ingénieur en Chef au Corps royal des Mines; par M. *de Bonnard*, Inspecteur divisionnaire, Secrétaire du Conseil général des Mines. 523

Ordonnances royales concernant les Mines.

- ORDONNANCES du Roi, concernant les Mines, rendues pendant le premier trimestre de 1826. 175, 335 et 535.

Planches jointes à ce Tome.

- PL. I. Fourneau de grillage de Védrin.
 PL. II. Muraillement des puits aux mines de Fins.
 PL. III. Fourneau fumivore de M. Chapman.
 PL. IV. Carbonisation de la houille menue, à St.-Étienne.
 PL. V. Haut-fourneau en fonte.

ERRATA.

Pour les formules sur la force des matériaux de construction.

Page 242, ligne 15, $\frac{f}{e}$, lisez $\frac{f}{e}$.

Page 243, ligne 7, 6qr, lisez 6qr.

Page 243, ligne 22, 6qr, lisez qr.

Page 252, ligne 15, $\sqrt{1 + \frac{l}{l}}$, . . . lisez $\sqrt{1 + \frac{l}{l}}$.