

EXAMEN COMPARATIF
DE LA
FABRICATION DES PRODUITS CHIMIQUES
EN BELGIQUE ET EN ANGLETERRE.

EXAMEN COMPARATIF
DE LA
FABRICATION DES PRODUITS CHIMIQUES
EN BELGIQUE ET EN ANGLETERRE

PAR

PAUL MARLIN

INGÉNIEUR CIVIL.

MÉMOIRE COURONNÉ

PAR

L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'ÉCOLE DE LIÈGE.

(Extrait de la *Revue universelle des mines*, etc.)

PARIS ET LIÈGE
NOBLET ET BAUDRY

ÉDITEURS

A Paris, rue des Saints-Pères, 15.

1865

LIÉGE. — IMPRIMERIE DE J. DESOER.

EXAMEN COMPARATIF
DE LA
FABRICATION DES PRODUITS CHIMIQUES
EN BELGIQUE ET EN ANGLETERRE,

PAR
PAUL MARLIN,
Ingénieur civil.

MÉMOIRE COURONNÉ

En réponse à la question suivante mise au concours par l'Association des Ingénieurs
sortis de l'École de Liège :

*Comparer les conditions respectives de la fabrication
des produits chimiques en Belgique et en Angleterre,
et, s'il y a lieu, exposer les progrès dont cette fabri-
cation est susceptible dans notre pays.*

La désignation de produits chimiques s'applique aux matières suivantes :
ACIDE SULFURIQUE, SULFATE DE SOUDE ET SEL DE SOUDE.

L'union fait la force.

La question à laquelle ce mémoire a pour but de répondre
est l'une de celles qui présentent le plus d'actualité en Belgique,
car elle a trait à une branche importante de l'industrie nationale,

par laquelle sont activés de vastes établissements, presque tous très-prospères, mais qui ont été un instant ébranlés par la rude concurrence que leur font les Anglais, depuis que les traités de commerce ont livré à ceux-ci la libre entrée de notre marché intérieur. Aussi est-il étonnant que, jusqu'à ce jour, aucun travail un peu approfondi n'ait été publié dans le sens précis de la question posée par l'Association des Ingénieurs, et il faut attribuer ce silence des hommes spéciaux à la difficulté que l'on avait de se procurer des renseignements assez complets sur la fabrication des produits chimiques en Angleterre. Aujourd'hui ces renseignements sont à la portée de tout le monde, grâce au rapport présenté par notre savant professeur, M. Chandelon, sur l'exposition universelle de 1862 (1). C'est à cette source que l'auteur de ce mémoire a puisé la majeure partie des données qu'il possède sur l'état dans lequel se trouve, en Angleterre, la branche d'industrie qui nous occupe; car il se fait un devoir de déclarer que, quoiqu'il ait visité une partie de ce pays dans un but d'études industrielles, il ne s'y est point attaché, d'une façon spéciale, à étudier la fabrication des produits chimiques.

Quant à la fabrication belge, l'auteur croit pouvoir en parler en plus grande connaissance de cause, et il se fera une loi de ne présenter, dans le cours de ce travail, que des renseignements dont il aura pu constater l'exactitude par lui-même.

Certes, il n'entre pas dans sa pensée que ce fruit de ses courts loisirs puisse éclairer d'une lumière bien vive la question qui nous occupe, mais il se trouvera satisfait s'il parvient à y jeter quelques lueurs; car il suffirait, pour faire faire à l'industrie, comme aux sciences, de rapides progrès, que chacun apportât au foyer commun le résultat de ses observations personnelles. Tous alors s'enrichissant des connaissances particulières de chacun, on verrait se vérifier une fois de plus notre belle devise nationale : *l'Union fait la force.*

(1) Les planches I, II, IV, VI et VII sont extraites du Mémoire de M. Chandelon, publié dans le tome XIV de la *Revue universelle*.

EXAMEN COMPARATIF
DE LA
FABRICATION DES PRODUITS CHIMIQUES
EN BELGIQUE ET EN ANGLETERRE.

Les termes mêmes dans lesquels la question qui nous occupe est posée nous obligent à diviser notre travail en deux parties distinctes, dont l'une sera, pour ainsi dire, la conclusion de l'autre. Nous devons, en effet, déduire des observations que nous fournira la comparaison de la fabrication des produits chimiques en Angleterre et en Belgique, les améliorations que l'on pourrait introduire dans ce dernier pays. Quant à cette comparaison elle-même, elle doit porter, nous semble-t-il, tant sur la situation respective des deux pays au point de vue de leur situation commerciale, de leurs relations, de la valeur qu'y possèdent les matières premières, la main-d'œuvre, etc. (en tant que ces points se rattachent à la branche d'industrie qui nous occupe), que sur la fabrication proprement dite.

Le plan de notre travail étant ainsi tout tracé, nous nous efforcerons de mettre dans chaque subdivision autant d'ordre que possible, examinant d'abord les faits les plus généraux avant d'entreprendre l'étude des détails.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

Court examen des conditions respectives de la fabrication des produits chimiques en Belgique et en Angleterre au point de vue de la situation commerciale et économique.

Parler de l'Angleterre, c'est éveiller l'idée d'une incomparable prospérité industrielle et commerciale, à laquelle les peuples voisins peuvent bien porter envie, mais qu'ils ne peuvent guère espérer d'atteindre; car les Anglais ont pour eux, et les richesses de toute nature renfermées dans le sol de leur patrie, et le génie de l'industrie qui seul les rend fécondes et fait naître des prodiges.

Nous n'entreprendrons pas d'entrer ici dans tous les détails relatifs à la supériorité industrielle des Anglais sur presque toutes les nations civilisées : ce sujet nous entraînerait trop loin et il a été du reste trop étudié pour qu'il y ait encore quelque utilité à un pareil travail. Nous nous arrêterons seulement aux points qui nous paraissent se rattacher spécialement à la question qui nous occupe, afin d'établir d'abord quelles sont, en ce qui concerne la fabrication des produits chimiques, les conditions de la lutte entre la Belgique et l'Angleterre, avant d'entrer dans les détails techniques de la fabrication.

L'une des causes les plus incontestables de la prospérité de l'Angleterre est cet esprit d'association qui a présidé aux entreprises les plus hardies et sans lequel on n'aurait pas osé songer à la plupart d'entre elles. Les capitaux accumulés dans certaines

industries, et notamment dans celle qui nous occupe, ont permis bien des essais couronnés du meilleur succès, ont aidé à supporter bien des crises, ont permis de faire bien des sacrifices pendant que des concurrents plus faibles tombaient écrasés.

Les établissements montés sur un très-grand pied ont cependant aussi leur côté faible : produisant énormément (1), ils sont surchargés de produits quand, par une cause quelconque, l'écoulement habituel n'a plus lieu. Mais ici, la bonne entente commerciale des Anglais leur vient en aide, et si le marché est encombré en un point, ils déversent aussitôt vers une autre contrée le trop-plein de leur production. Pouvant faire des sacrifices, ils vendent à des prix tellement bas qu'ils suppriment la concurrence ; satisfaits d'ailleurs si, dans ces moments de crise, le prix de vente atteint le prix de revient réel, ils répartissent sur une quantité toujours très-grande de produits leurs frais généraux et, jusqu'à un certain point, l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés ; et les bénéfices qu'ils font alors sur ce qu'ils vendent à des prix plus avantageux s'accroissent en raison de la plus grande quotité de leur production (2). Aussi, voit-on toujours les produits

(1) Les cinquante fabriques de produits chimiques qui existent en Angleterre produisent par semaine environ :

3000	tonnes de sel de soude.
2000	" de cristaux de soude.
250	" de bi-carbonate de soude.
400	" de poudre de blanchiment.

Ces produits représentent une valeur annuelle de plus de cinquante millions de francs. Dans la seule fabrique de M. Tennant, à Glasgow, on décompose par semaine 500 tonnes de sel, soit 26 millions par an environ.

(2) On prétend même qu'une entente, au moins tacite, existe entre les fabricants anglais qui ne vendent, à l'intérieur de leur pays, au prorata de la fabrication moyenne de chaque établissement, que la quantité exactement nécessaire de leurs produits pour suffire à la consommation. Les prix conservent ainsi un taux élevé et assurent des bénéfices considérables qui permettent de vendre au dehors l'excédant de la production à des prix qui découragent les concurrents.

anglais affluer sur nos marchés quand l'industrie traverse une période difficile.

Sous ce rapport, nous devons avouer que la Belgique est dans un état d'infériorité trop réel, et les fabricants de produits chimiques ont eu d'autant plus à souffrir de cet état de choses dans ces derniers temps que les produits chimiques d'Outre-Manche sont arrivés chez nous, grâce au dernier traité de commerce, à des prix inférieurs à nos prix de vente ordinaires; et cela au moment où, à cause des affaires d'Amérique, l'industrie des verriers traversait une crise dont le contre-coup se faisait sentir dans nos fabriques de soude. N'ayant pas les ressources que les Anglais puisent dans leurs colonies et dans leur puissante marine, les fabricants belges ont dû restreindre leur production et, par cela même, ils ont vu leurs prix de revient augmenter rapidement. Grâce à des efforts qu'on ne saurait trop louer, les fabriques de produits chimiques belges se soutiennent encore et peuvent espérer de se maintenir et même de se développer à l'avenir; mais elles n'ont devant elles que le marché intérieur et l'on ne peut compter de voir s'en ouvrir d'autres au dehors avant qu'il soit longtemps. Comment s'attendre, en effet, à pouvoir lutter à l'étranger contre ces rudes concurrents qui bravent les droits d'entrée (1) et les frais de transport pour venir, jusque chez nous, approvisionner les consommateurs à des prix tellement bas que l'on ne comprend pas d'abord ce que le producteur peut y gagner, et qui, pour des transports lointains, possèdent une marine d'une puissance sans rivale, auprès de laquelle notre marine marchande — qui voit tous les jours diminuer le nombre de ses navires (2) — ne semble qu'une dérision!

(1) Le sulfate de soude anglais paie 1 fr. 50 c. d'entrée en Belgique et le sel de soude 3 frs. aux 100 kil.

(2) Les statistiques officielles indiquent, dans notre marine marchande, une diminution de près d'un tiers des navires depuis six ans. Un autre fait, bien tristement significatif encore, c'est que la moitié environ des navires à vapeur venus à Anvers l'année dernière sont repartis sans prendre de chargement.

Mais nous serait-il impossible de rendre plus égales les chances de la lutte en cherchant à produire à des prix inférieurs aux prix anglais ?

Sans examiner maintenant ce qui concerne la fabrication en elle-même, nous savons que les fabriques de produits chimiques — les Alkali-Works — anglaises ont pour elles l'avantage d'être situées dans un pays où abondent presque toutes les matières premières qui leur sont nécessaires et que ces matières peuvent être transportées aux lieux de consommation dans des conditions tout particulièrement avantageuses, à cause, non seulement des chemins de fer, mais des canaux qui sillonnent presque toute l'Angleterre.

Tout le monde sait que la houille, dont on consomme de si énormes quantités dans les fabriques de produits chimiques, se vend, en Angleterre, la moitié moins cher qu'en Belgique. L'importance de ce fait saute aux yeux ; mais nous croyons que les chiffres suivants en feront comprendre, plus complètement que les meilleures phrases, les conséquences pratiques.

M. Chandelon, dans son rapport sur l'exposition de Londres de 1862 (*Documents et Rapports*, t. I, p. 205), donne le prix de revient de 1,000 kil. de sulfate de soude en Angleterre et il choisit comme type une fabrique située à Widnes, près de Runkorn, où l'on consomme, pour obtenir la quantité de sulfate indiquée, 575 kil. de houille à fr. 5 ‰, représentant une valeur de fr. 2,87. La même quantité de charbon coûte le double, ou fr. 2-87 de plus, en Belgique, c'est-à-dire 5 1/2 ‰ du prix de revient indiqué (fr. 52,07).

La fabrication de 1,000 kil. de sel de soude dans le Lancastre (même vol., p. 220) exige la combustion de 2,250 kil. de charbon à fr. 4,93 ‰, soit en tout fr. 11,07. En Belgique, cette quantité de charbon coûterait fr. 22,50 ou fr. 11,43 de plus qu'en Angleterre, c'est-à-dire plus de 8 1/2 ‰ du prix de revient, celui-ci étant évalué à fr. 130, non compris les frais généraux.

Il est à remarquer que nous prenons les chiffres qui indiquent les consommations les plus restreintes ; pour des chiffres plus élevés, la différence en faveur de l'Angleterre serait, naturellement, plus forte encore.

Le sel marin, d'où dérivent tous les produits chimiques proprement dits, présente, à l'avantage des Anglais, une différence plus sensible encore si l'on compare son prix dans les deux pays. Tandis que les immenses salines du Cheshire, du Worcestershire et de l'Irlande fournissent à l'Angleterre le sel à raison de fr. 8,93 la tonne, nous devons faire revenir cette matière première de l'étranger; et la Belgique en a reçu de l'Angleterre, de la France, de l'Espagne et du Portugal. Aussi payons-nous la tonne de sel fr. 28,50, ou plus de trois fois plus cher que les Anglais. Il est facile d'apprécier la grande influence qu'une pareille différence de prix exerce sur le rapport existant entre nos prix de revient et ceux de nos concurrents. Nous emprunterons encore à M. Chandelon les données nécessaires pour établir en chiffres cette appréciation. Dans la même fabrique de Widnes dont il vient d'être question, on emploie, par 1.000 kilog. de sulfate de soude, 875 kil. de sel qui, à raison de fr. 8,93 ‰, coûtent fr. 7,82. En Belgique, cette même quantité de sel coûtant fr. 24,94, il en résulte, toutes choses égales d'ailleurs, une augmentation de fr. 17,12 aux 1.000 kil. de sulfate, c'est-à-dire beaucoup plus que le droit d'entrée en Belgique du sulfate anglais — qui est de fr. 15 à la tonne — et 32,48 % du prix de revient de ce sulfate.

Ces chiffres sont d'une éloquence irréfutable et n'ont pas besoin de commentaires. Il va de soi que la même augmentation dans le prix de revient se fait sentir dans la fabrication du sel de soude, où l'on emploie entre 1500 et 1600 kil. de sulfate par 1000 kil. de sel produit; c'est-à-dire que le prix de 1000 kil. de sel de soude est majoré, de ce seul chef, de fr. 25,68 à fr. 27,39 (1).

Les calculs qui précèdent supposent nécessairement que les autres agents influant sur les prix de revient soient identiques dans les deux pays. Nous allons voir successivement leur influence propre, en continuant, pour ce qui regarde les ma-

(1) Ce qui n'est guère moins que le droit de 3 fr. aux 100 kil. que paie, à l'entrée en Belgique, le sel de soude anglais.

tières premières, à prendre pour bases les quantités employées dans les fabriques anglaises déjà citées.

La matière première qui coûte relativement le plus en Angleterre est la pyrite (1) dont près d'une moitié doit être importée de l'étranger (2), notamment de la Belgique, qui, en 1862, a fourni aux fabriques anglaises 20,148 tonnes de grosse pyrite (3). Seulement il se présente ici le même fait que l'on observe dans toutes les exportations de matières qui offrent plusieurs variétés: on envoie au dehors les meilleures qualités, qui ne coûtent pas plus de transport que les qualités inférieures, et l'on garde pour sa consommation propre ce qui ne pourrait être vendu avantageusement. Il en résulte que si les Anglais doivent venir nous acheter nos pyrites au prix auquel on peut les compter pour notre propre fabrication et y ajouter en outre les frais de transport, ils ne consomment, en revanche, que de la pyrite riche, brûlant très-facilement et donnant des gaz sulfureux très-purs qui, dans un appareil de même capacité, produiront plus, dans le même temps, que des gaz sulfureux provenant d'une pyrite pauvre et mélangés par conséquent d'un excès d'air, sinon d'acide carbonique provenant de gangues calcareuses.

Mais on va voir que ces frais de transport dont il est question se réduisent à bien peu de chose et ne diffèrent guère de ceux que l'on peut avoir à payer dans l'intérieur même de notre pays; car, à part le transport des lieux d'extraction jusqu'à la mer (qui coûte fr. 4,25 entre Namur, centre d'extraction important, et Anvers), le transport par navire ne se paie pas et la pyrite belge est chargée, transportée et déchargée gratis à

(1) Nous ne parlons pas ici du soufre, qui n'est plus employé dans la grande industrie.

(2) La consommation en 1862 a été de 264,000 tonnes et la production intérieure seulement de 135,670.

(3) Les Anglais ne prennent à l'étranger que de la pyrite en gros morceaux et laissent pour compte toute pyrite dont les fragments ont moins de 2 pouces (5 cent. environ) de côté.

Newcastle, comme lest (1). C'est tout au plus si les acquéreurs donnent aux capitaines de navires 50 cent. par tonne comme une sorte de gratification. De toute façon, du reste, les frais de transport de la Belgique vers l'Angleterre doivent être de beaucoup inférieurs à ceux que l'on paierait pour une circulation inverse, puisque le chiffre des importations en Belgique dépasse beaucoup celui des exportations.

Si l'on néglige cependant les influences que nous avons signalées touchant la qualité des pyrites et que l'on fasse un calcul analogue à celui que nous avons établi à propos de la houille et du sel, on arrive à cette conclusion : que les Anglais, employant par 1000 kil. de sulfate, 537 1/2 kil. de pyrite (à 46 % de soufre) et payant cette pyrite fr. 43 la tonne — fr. 22,91 au total — tandis qu'en Belgique la même quantité de la même pyrite — valant fr. 5 de moins à la tonne — ne se paierait que fr. 20,42, il y a fr. 2,49 à imputer au sulfate anglais de plus qu'au sulfate belge par suite de la cherté plus grande de la pyrite en Angleterre.

Mais les Anglais ont trouvé le moyen, dans bien des localités, non seulement de ne pas payer la pyrite plus cher que nous, mais de faire plutôt des bénéfices sur la matière qui leur fournit les gaz sulfureux. L'Angleterre possède les plus belles fabriques de cuivre du monde (la Belgique n'en possède pas une seule) et les minerais de cuivre sulfurés sont maintenant grillés, dans plusieurs fabriques de produits chimiques, au lieu de pyrite martiale. Les résidus de ce grillage ont plus de valeur après avoir perdu leur soufre sous la forme d'acide sulfureux que lorsqu'ils le contenaient uni au cuivre (2). On conviendra que

(1) On aime à prendre, comme lest, des matières qui, comme la pyrite, peuvent être déchargées au port, tandis qu'un lest sans valeur doit être transporté en mer, à une distance déterminée des bassins.

(2) On jouit en partie du même avantage dans certaines fabriques allemandes où il est permis de griller les minerais sulfureux dans les fours à dalles. L'usine de Stolberg, par exemple, reçoit gratuitement des blendes pour le grillage desquelles on paie encore une redevance et dont les transports sont à la charge des propriétaires du minerai.

c'est là, au bénéfice des Anglais, un avantage de plus à noter et qu'une série très-courte de faits du même genre doit suffire à excuser l'élévation relative de nos prix de revient.

Nous connaissons, en Belgique, une fabrique où certains fours à pyrite sont employés à griller des galènes pyriteuses; mais ce traitement n'est avantageux qu'au point de vue de la métallurgie du plomb et ne serait pas employé si les propriétaires de la fabrique dont il s'agit ne possédaient dans les mêmes lieux une usine à plomb. On sait, en effet, que la galène contient très-peu de soufre et ne le laisse même échapper qu'en partie dans le grillage imparfait des fours à pyrite.

Le nitrate de soude venant toujours de très-loin, la différence dans les frais de transport pour l'Angleterre et la Belgique n'influe pas assez sur sa valeur aux lieux de consommation pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte; elle est cependant à l'avantage des Anglais.

La seule matière première qu'il nous reste à examiner est le calcaire, dont il faut, en Angleterre, 1,550 kil. par 1,000 kil. de sel de soude. Les chiffres indiquant la valeur de cette matière en Angleterre et en Belgique dans le rapport de M. Chandelon sont respectivement fr. 7,075 et fr. 1,60 p. ‰. Nous voudrions éviter de contester l'exactitude des renseignements qui ont été fournis au savant membre du jury international qui représentait à Londres les intérêts des exposants belges, mais nous devons à la vérité de déclarer que, dans des fabriques importantes de Belgique, la valeur de la tonne de calcaire ne diffère guère de fr. 5, quoique la carrière soit peu distante des établissements auxquels la pierre est destinée. D'autres fabriques ont à payer plus de fr. 2 de transport à la tonne de calcaire brut. Il serait étonnant, du reste, que les frais d'extraction et de broyage fussent si différents dans les deux pays, et surtout qu'ils fussent plus élevés en Angleterre qu'en Belgique; d'autant plus que, dans le premier pays, il est tel district manufacturier (le Lancastre) où de grands établissements s'occupent exclusivement du traitement du calcaire en vue des fabriques de soude, et il est clair que ce travail en grand d'une seule matière, analogue à celui qui se fait à Londres pour le malt destiné aux

brasseries, doit apporter une notable économie dans l'emploi ultérieur de la matière traitée. Nous croyons donc pouvoir admettre que la différence moyenne du prix de la tonne de calcaire en Angleterre et en Belgique est de 2 fr. au maximum, ce qui ferait, aux 1000 kil. de sel de soude, une différence de fr. 3,10.

Mais il faut noter que les Anglais ont un grand avantage sur nous dans la qualité du calcaire qu'ils emploient et qui, par sa nature, ne colore pas, à beaucoup près, la soude autant que notre calcaire anthraxifère (1). Celui-ci contient toujours, en effet, outre une certaine quantité d'alumine, un peu de fer qui s'ajoute à ce que le sulfate et le charbon contiennent déjà de cette matière, de sorte que la soude que l'on obtient comme produit de la première évaporation des lessives, est toujours colorée par du sulfure de fer dissous à la faveur du sulfure de sodium que contiennent toutes les dissolutions de soude brute. Il en résulte que notre sel de soude doit toujours subir un raffinage dont les Anglais peuvent se dispenser dans la plupart des cas.

Nous pouvons, dès à présent, résumer ce qui concerne les matières premières et établir le bilan de leur valeur dans les deux pays que nous comparons. Nous prendrons successivement pour base la fabrication du sulfate de soude, puis celle du carbonate.

Il est inutile de dire que nous n'avons nullement l'intention de présenter les chiffres des tableaux qui vont suivre comme étant d'une exactitude mathématique. Des influences commerciales parfois inappréciables font varier les prix des matières considérées, d'une façon souvent très-brusque, et ces prix, du reste, diffèrent d'une usine à l'autre, par suite des conditions particulières du transport, etc., mais comparés entre eux, les chiffres que nous donnons indiquent un rapport peu variable de sa nature, et c'est ce rapport qui est ici la chose importante.

(1) On emploie beaucoup en Angleterre la craie sèche dans le mélange destiné à transformer le sulfate de soude en carbonate.

Nous avons soin de prendre, pour les chiffres indiquant les quantités de matières, ceux que donne M. Chandelon (*Documents et Rapports*, tome I, p. 205 et 221) pour une même fabrique anglaise.

	QUANTITÉS EMPLOYÉES.	VALEUR EN ANGLETERRE		VALEUR EN BELGIQUE		DIFFÉRENCE DE VALEUR	
		par 1000 k.	pour la quantité indiquée.	par 1000 k.	pour la quantité indiquée.	en faveur de l'An- gleterre.	en faveur de la Belgique
Pyrite.	537 1/2 k	43 ^f (1)	23 ^f ,11	38 ^f ,	20 ^f ,42	. . .	2 ^f ,69
Sel.	. 875	8 ,93	7 ,82	28 ,50	24 ,94	17 ^f ,12	
Charbon.	575	5	2 ,87	10	5 ,73	2 ,88	
Totaux						20 ^f ,00	2 ^f ,69

Différence en faveur de l'Angleterre : fr. 17,31.

Ainsi, du seul fait de la différence de valeur des matières premières, il résulte que le sulfate de soude *doit* nécessairement coûter aux fabricants anglais fr. 17,31 de moins que s'il était fait en Belgique; c'est-à-dire que, toutes choses étant supposées égales de part et d'autre et les droits protecteurs étant d'ailleurs plus que compensés, il n'y aurait plus que les frais de transport qui pussent empêcher les Anglais de venir nous faire la concurrence sur notre propre marché, quoiqu'ils soient venus d'abord nous acheter nos pyrites pour les transformer chez eux en acide sulfurique et sulfate de soude. Mais ces frais de transport sont relativement insignifiants; car, au moment où nous écrivons (novembre 1863), on ne paie à la tonne que 8 à 10 fr. tout au plus pour le frêt entre Londres et Bruxelles, et, payant le double, cela ne nous garantirait pas encore; car, depuis le

(1) A l'époque où M. Chandelon écrivait, la pyrite avait une plus grande valeur que dans le moment actuel.

16 août 1856, par l'application de l'art. 40 de la loi du 4 mars 1846, le sulfate anglais entre en Belgique en franchise de droits, quand il est destiné à la fabrication du verre à vitre d'exportation, et cette fabrication était précisément le principal débouché des sulfates belges qui ne sont pas employés à la fabrication de la soude brute. On peut affirmer, du reste, que la presque totalité du sulfate anglais importé en Belgique y est admis sous le nom, apparent ou réel, de sulfate destiné au verre à vitre d'exportation. On a donc à mettre en regard des frais de transport, la totalité des fr. 17,31 que la moindre valeur des matières premières fait économiser aux Anglais et, cela fait, on voit qu'il ne nous reste plus guère de garanties contre la concurrence. En restât-il, nous avons vu précédemment que les industriels d'Outre-Manche peuvent et savent faire des sacrifices qui nous sont impossibles, et rien ne pourrait les empêcher de réduire, à un moment donné, les bénéfices de nos fabricants à ceux dont ils voudraient bien se contenter pour eux-mêmes, si, en vertu de tous les autres avantages qu'ils ont sur nous, et qui ne peuvent s'apprécier en chiffres, ils ne pouvaient les réduire à néant.

Voyons maintenant si nous sommes plus heureux dans la fabrication du sel de soude :

<i>Valeur des matières employées pour produire 1000 kil. de sel de soude (à 52° anglais).</i>	<i>Différence en faveur de l'Angleterre.</i>
1500 kil. de sulfate, coûtant fr. 17,31 de plus à la tonne en Belgique	fr. 25,965
2250 kil. de charbon, coûtant fr. 5 de plus à la tonne en Belgique	» 11,25
Total, fr.	37,215
1530 kil. de calcaire, coûtant fr. 2 de moins à la tonne en Belgique	» 3,10
	Différence, fr. 34,115

On voit que cette différence fait bien plus que compenser

les droits protecteurs et qu'elle correspond, en outre, à plus de la moitié des frais de transports. On pourrait donc reproduire ici un raisonnement analogue à celui qui a été fait à propos du sulfate de soude.

Il serait injuste, cependant, de ne pas reconnaître que, si les Anglais ont sur nous d'immenses avantages, quant au prix qu'ils paient des matières premières, nous avons sur eux l'avantage présumé de payer moins cher la main-d'œuvre. Mais il ne faudrait pas se hâter d'en conclure que nous faisons de ce chef une grande économie dans nos frais de fabrication; car, sans vouloir porter atteinte à la réputation de nos braves ouvriers, dont nous apprécions toutes les excellentes qualités, nous sommes forcés de reconnaître aux artisans anglais une vigueur et une intelligence peu ordinaires; qualités auxquelles ils joignent une activité que rien ne décourage et qui leur fait faire, en peu de temps, des travaux auxquels ne résisteraient pas des travailleurs moins bien payés, mais aussi plus faibles et moins heureusement doués sous le rapport de l'énergie.

A l'appui de ce que nous avançons, nous pouvons rappeler ce fait bien connu : c'est que la même méthode de traitement des minerais de plomb, employée en Angleterre et dans l'Andalousie, est plus coûteuse dans ce dernier pays au point de vue de la main-d'œuvre, quoique les ouvriers y gagnent environ trois fois moins qu'en Angleterre. Il est vrai que, dans ce cas, le climat exerce une influence marquée; mais si, en Belgique, on ne jouit pas du climat de l'Espagne et si nos ouvriers sont plus actifs que les Andalous, nous les payons aussi bien davantage et l'on pourrait dire que les frais de main-d'œuvre sont en général proportionnels au travail dont les ouvriers sont capables, surtout depuis que les relations internationales sont si faciles et si fréquentes. Nous verrons, au surplus, d'une manière plus spéciale, l'influence de la main-d'œuvre, en étudiant les détails techniques de la fabrication et en établissant le prix de revient de chaque produit.

Nous n'avons pas encore terminé l'examen de toutes les causes qui agissent différemment sur la fabrication des produits chimiques dans les deux pays où nous l'étudions.

L'action du Gouvernement qui, en Angleterre, ne tend qu'à activer le développement de l'industrie, ne lui est pas toujours aussi favorable en Belgique, il faut bien l'avouer. Nous ne parlerons pas de toutes les restrictions apportées à la fabrication des produits chimiques — restrictions que nécessitaient des réclamations dont quelques-unes peuvent être fondées — et qu'il y aurait, du reste, peu de générosité à regretter, puisque les fabricants anglais doivent en subir d'analogues (1), à partir du 1^{er} janvier 1864, en ce qui concerne la condensation des vapeurs chlorhydriques. Mais il y a, dans les arrêtés de notre Gouvernement, des inconséquences fâcheuses et que l'on ne peut expliquer que par l'ignorance où se trouvent nécessairement les chefs du pouvoir de ce qui concerne des industries spéciales, peu connues en elles-mêmes.

On a bien obtenu, il est vrai, depuis le 1^{er} janvier 1863, l'abolition, si longtemps réclamée, du droit d'accise de fr. 0,425 sur le sel, et un arrêté royal a même eu la gracieuseté de nous accorder, quelques mois après, un abaissement du minimum d'acide sulfurique à employer aux fours à sulfate par 100 kil. de sel, et de le réduire à 65 kil. d'acide à 66° B. ; mais cette dernière concession est illusoire, en ce sens qu'il est presque impossible, dans les fours que l'on emploie actuellement, de fabriquer un sulfate vendable avec la quantité d'acide à laquelle le Gouvernement permet de descendre et qu'il faudrait compléter la mesure en permettant de donner au tirage des vapeurs chlorhydriques tel degré de force que l'on jugerait convenable — ce qui ne nuirait en rien à la condensation, moyennant certaines précautions.

Quant à l'abolition du droit d'accise, cette mesure est parfaitement insuffisante en bien des cas, tels que celui-ci : il arrive souvent que les besoins du commerce exigent des sels de soude

(1) Les fabricants anglais sont obligés de condenser les 0,95 des vapeurs chlorhydriques provenant de la décomposition du sel. — Loi votée par le Parlement anglais à la suite de l'enquête ordonnée sur la motion de lord Derby, le 9 mai 1862.

à 80° Descroisilles, par exemple, tandis que la fabrication courante, quand elle est bien conduite, ne produit que des sels à 85° et 90°. Pour bien des usages, il serait indifférent que le mélange du sel de soude avec des matières neutres destinées à abaisser son degré (1), se fasse avec du sulfate de soude ou du sel marin; mais, pour le fabricant, il y aurait un grand bénéfice à employer celui-ci, qui coûte en Belgique trois fois moins que le sulfate. Il ne le peut pas, cependant : la loi, après avoir autorisé le libre emploi du sel, mélangé seulement de 1 1/2 % de goudron (matière que l'on peut, à la rigueur, en séparer sans grands frais), se refuse à permettre le mélange du même sel avec seize fois son poids de carbonate de soude, d'où on ne pourrait le retirer pur (2).

Une inconséquence plus frappante encore des mesures administratives est celle en vertu de laquelle il est permis aux fabricants de zinc et de plomb de griller leurs minerais sulfureux dans des fours à réverbères, semblables sous beaucoup de rapports aux fours à dalles interdits en Belgique pour la fabrication des produits chimiques. Les gaz sulfureux provenant de ce grillage peuvent être lancés dans l'atmosphère en quantités énormes, sans que le gouvernement y mette le moindre obstacle; mais si l'on s'avisait, pour les empêcher de nuire, d'interposer entre les fours de grillage et la cheminée d'appel des chambres de plomb qui en condenseraient la plus grande partie sous la forme d'acide sulfurique, on entrerait par le fait même dans la catégorie des fabriques de produits chimiques et il serait alors interdit de continuer le grillage dans les fours où il est autorisé quand on ne prend aucune précaution pour s'opposer aux ravages qu'il peut causer.

(1) Mélange qu'il est toujours bon de faire en dissolution, avant la fin de la fabrication.

(2) Depuis que ce mémoire a été couronné par l'Association des Ingénieurs, un arrêté ministériel a autorisé, jusqu'à concurrence de 10 %, l'emploi du sel brut en exemption de droit pour abaisser le degré alcalimétrique des sels de soude.

On pourrait citer d'autres cas analogues, mais ceux qui précèdent suffisent pour faire comprendre la différence qui existe entre des fabricants qui, comme les Anglais, n'ont à prendre conseil que de leurs intérêts (1) et ceux qu'une surveillance perpétuelle et coûteuse — tant pour les fabricants que pour le gouvernement — (2) oblige à n'employer que tel procédé, tel mélange et tel appareil, à l'exclusion d'autre, et cela à travers les minuties sans nombre d'employés subalternes qui, naturellement, ne savent jamais ce que leur permettent leurs instructions (qui ne remplacent pas une instruction absente) et croient toujours que l'on cherche à les tromper.

De tout ce qui précède, on peut, nous semble-t-il, arriver à conclure que les fabricants de produits chimiques n'avaient pas complètement tort, quand ils déclaraient que le dernier traité conclu avec l'Angleterre allait leur causer de graves préjudices, s'il ne ruinait complètement leur industrie. Il va de soi que l'intérêt général doit être préféré, en bonne économie politique, à l'intérêt de quelques fabricants dont la ruine n'est rien en présence du profit de la masse des consommateurs (quoique ceux-ci ne puissent gagner que quelques centimes là où les fabricants gagnaient des milliers de francs); mais on aurait pu faire acte de justice en cherchant les moyens de ne pas rendre la lutte impossible, et, puisqu'il est permis aux Anglais de fabriquer comme ils l'entendent et de faire, par

(1) Les fabricants anglais peuvent employer le sel comme ils l'entendent et le décomposer avec telle quantité d'acide qu'ils trouvent convenable; aucune restriction, autre que celles relatives à la condensation des vapeurs nuisibles, n'est apportée à la fabrication des produits chimiques.

(2) Les fabriques de produits chimiques sont soumises, en Belgique, à la surveillance de cinq employés d'accise formant deux brigades, auxquelles on doit fournir un local convenable, éclairé la nuit et chauffé en hiver. Les employés, non-seulement assistent au pesage du sel et à son introduction avec une quantité déterminée d'acide sulfurique, dans les fours à sulfate, mais ils sont chargés de constater la marche des chambres de plomb, l'état des marcs de soude, etc., etc.

exemple, des sulfates de soude à grand excès de sel et coûtant, par conséquent, aux producteurs beaucoup moins que des sulfates neutres ou gras, il aurait été juste de permettre aux fabricants belges de produire aussi des sulfates salés dans tels appareils qu'ils jugeraient convenables — sans toutefois répandre au dehors de vapeurs nuisibles — car tout le monde appréciera le peu fondé d'une mesure qui donne la libre entrée à certains produits, tout en nous interdisant d'avance d'y opposer des produits similaires.

Nous n'insisterons pas davantage sur ce point. Nous croyons avoir passé en revue les principales conditions générales dans lesquelles s'exécute, en Belgique et en Angleterre, la fabrication des produits chimiques. Nous regrettons d'avoir à conclure, de tout ce qui précède, que la Belgique est inférieure, en bien des points, à sa puissante rivale. Toutefois, et nous nous empressons de l'ajouter, cette infériorité dépend de la nature même des choses et ne porte en rien atteinte à la réputation d'intelligente activité que méritent nos industriels. Nous l'avons dit, du reste, en commençant : les fabriques de produits chimiques se soutiennent en Belgique, malgré les conditions défavorables dans lesquelles elles se trouvent, et cela seul démontre, après l'examen que nous venons de faire, avec quelle énergie nos fabricants soutiennent la lutte, même quand elle est inégale.

C'est cette énergie qui les sauvera et l'on verra, nous l'espérons bien, le succès couronner les efforts du champion le plus faible, dans ce tournoi industriel, où l'on nous a, non pas con-viés, mais forcés d'entrer en lice, quoique les armes n'y soient point égales.

CHAPITRE SECOND.

**Examen des conditions respectives dans lesquelles s'exécutent
les diverses opérations de la fabrication des produits
chimiques en Belgique et en Angleterre (1).**

En commençant cette partie de notre travail, nous croyons utile de déclarer, tant pour éviter les redites que pour faciliter la vérification des faits sur lesquels nous baserons nos appréciations, que nous emprunterons au rapport de M. Chadelon sur l'exposition universelle de Londres de 1862, les données principales relatives à la fabrication anglaise. Nous ne pourrions puiser à meilleure source, ni présenter des renseignements plus complets.

S'il nous arrive parfois, en parlant de la fabrication belge, de présenter des chiffres différents de ceux que rapporte le savant chimiste que nous venons de citer, ce ne sera jamais sans avoir constaté, d'une façon indubitable, que nos renseignements son exacts, au moins pour certains grands établissements.

On comprend qu'il importe de comparer, non pas deux fabriques quelconques de Belgique et d'Angleterre, mais de

(1) Nous nous occuperons seulement des produits chimiques indiqués dans la note mise à la suite de l'énoncé de la question que l'Association des Ingénieurs a posée, c'est-à-dire de l'acide sulfurique, du sulfate de soude et du sel de soude.

choisir les établissements où l'on fabrique dans des conditions économiques et où l'on emploie les procédés les plus perfectionnés. S'il est des établissements où des défauts graves se font remarquer dans la fabrication, ce n'est pas ceux-là qu'il faudra prendre pour types, d'autant plus que les nécessités de la concurrence les obligeront à changer de marche, sous peine de devoir renoncer bientôt à une lutte impossible.

Nous avons donc cru rester fidèle à notre programme et faire chose utile au point de vue de la comparaison, dans les deux pays où nous l'étudions, de la branche d'industrie qui nous occupe, en prenant nos renseignements sur la fabrication belge, là où ils indiquaient une marche soignée et perfectionnée. On ne doit donc pas s'attendre à trouver ici la description de tous les procédés employés dans les usines belges, mais seulement de ceux qui nous ont paru les meilleurs et dont nous avons pu apprécier personnellement les résultats. Nous devons ajouter que des motifs de discrétion que tout le monde peut comprendre, nous font un devoir de ne point citer les noms des établissements belges où nous avons puisé nos données pratiques.

Les perfectionnements que l'on pourrait introduire en Belgique dans la fabrication des produits chimiques devant faire l'objet d'un chapitre spécial, nous n'aurons à examiner ici que les différences caractéristiques des divers procédés anglais et belges, nous réservant d'en tirer plus tard les conséquences relatives aux progrès à faire.

Nous passerons successivement en revue toutes les opérations relatives à la fabrication de l'acide sulfurique, du sulfate de soude et du carbonate de soude, en recherchant de quelle manière les lois théoriques connues influent sur la marche des procédés employés.

A. — Fabrication de l'acide sulfurique.

On sait que l'acide sulfurique peut être obtenu industriellement par deux méthodes tout-à-fait distinctes, c'est-à-dire par la calcination du sulfate de fer ou par la combustion du

soufre; mais la première de ces méthodes n'étant employée qu'en Bohême (où elle a été importée de la Basse-Saxe) pour la fabrication de l'acide dit de Nordhausen, nous n'avons pas à en parler ici et nous ne nous occuperons que de la seconde, dite méthode anglaise, dans laquelle on peut distinguer deux systèmes, selon que l'on brûle le soufre à l'état de corps isolé, plus ou moins pur, ou bien qu'on l'expulse, tout en l'oxydant, d'une combinaison binaire, telle que le bi-sulfure de fer connu sous le nom de pyrite martiale. Ce dernier procédé étant de beaucoup le plus économique à cause de la valeur proportionnellement très-grande du soufre naturel (1), on ne fabrique plus l'acide sulfurique au soufre que dans certains établissements spéciaux où l'on veut obtenir un acide très-pur et exempt, notamment, d'arsenic (2) dont toutes les pyrites contiennent des traces. Nous pourrions donc passer sous silence ce qui a rapport à cette fabrication, qui n'est plus de la grande industrie, mais nous préférons en dire quelques mots, ne fût-ce que pour enregistrer, à l'honneur de la Belgique, la place distinguée qu'occupent, parmi les établissements du même genre, deux fabriques belges: la raffinerie de soufre de MM. de Wyndt J. et C^e, à Merxen, près d'Anvers, et la fabrique d'acide sulfurique au soufre de M. de Hemptinne, à Bruxelles. M. Chandelon fait le plus grand éloge de ces établissements, dans son rapport, déjà cité, sur l'exposition de Londres de 1862.

Avant d'aborder l'examen de la fabrication, qu'elle se fasse à l'aide du soufre ou de la pyrite, nous croyons devoir rappeler en quelques mots les principes sur lesquels elle repose. Le soufre enflammé au contact de l'air absorbe de l'oxygène et se transforme en acide sulfureux. Celui-ci, mis en présence de vapeurs nitriques sous l'influence de l'eau vaporisée, absorbe une nouvelle quantité d'oxygène qu'il emprunte aux composés

(1) Le soufre vaut, pour le moment de 16 à 17 fr. les 100 kil., tandis que de la pyrite à 45 % de soufre ne coûte, au maximum, que 30 à 35 fr. la tonne.

(2) A l'état d'acide arsénique.

nitriques, et passe à l'état d'acide sulfurique hydraté. Les vapeurs nitreuses reprennent à l'air auquel elles sont mélangées, l'oxygène qu'elles avaient perdu et peuvent prendre part à de nouvelles réactions. L'air seul fournit, de la sorte, la quantité d'oxygène nécessaire à la transformation du soufre en acide sulfurique, d'où résulte, entre autres, ce principe de fabrication : que la quantité d'air admise dans les appareils où les réactions s'opèrent doit être exactement proportionnée à la quantité de soufre que l'on brûle. S'il en vient trop peu, la transformation du soufre n'est pas complète, tandis que, s'il en vient trop, la quantité en excès occupe un volume inutile dans les appareils employés, et la capacité utile de ceux-ci diminue ; de plus, les gaz réagissants sont alors dilués dans un excès de gaz inerte et la combinaison devient moins active. On affirme, cependant, qu'un léger excès d'air est utile pour empêcher les composés nitreux de se désoxygéner au point de ne plus pouvoir participer aux réactions (1).

Nous n'insisterons pas davantage sur ces considérations théoriques très-connues, mais nous chercherons à voir de quelle manière on en tient compte dans la pratique. Les appareils destinés à produire l'acide sulfurique peuvent se diviser en quatre classes distinctes, quelle que soit la matière employée pour produire les gaz sulfureux. Nous les étudierons successivement dans l'ordre suivant :

1° Appareils destinés à produire les gaz réagissants : ce sont les fours de grillage pour le soufre, la pyrite ou d'autres composés sulfurés. On produit en même temps dans ces fours les vapeurs nitriques. La vapeur d'eau est fournie par des générateurs ordinaires.

2° Appareils où les réactions s'opèrent : ce sont les chambres de plomb.

(1) Ce qui pourrait arriver si les gaz sulfureux et la vapeur d'eau était en excès. L'oxyde azotique (résultant des réactions connues entre l'air et les acides azotique, hypo-azotique et azoteux) se transformerait en oxyde azoteux sur lequel l'air n'aurait plus d'action.

3° Appareils destinés à retenir les vapeurs nitriques que la circulation des gaz tend sans cesse à expulser des chambres de plomb.

4° Appareils dans lesquels on amène l'acide sulfurique formé dans les chambres de plomb aux degrés de densité exigés pour les usages ordinaires.

Les appareils de la première classe sont de tous les plus importants et les plus difficiles à bien disposer. Non seulement ils doivent être exactement proportionnés, en nombre et en puissance, à la capacité des chambres de plomb, puisque, de celle-ci dépend la quantité de mélange gazeux que l'on peut avantageusement produire; mais leur forme, le rapport de leurs principales dimensions doivent varier avec la nature des matières premières et même avec les diverses variétés d'une même matière, s'il s'agit, par exemple, des fours à pyrite. Aussi remarque-t-on de notables différences dans les fours de grillage de la plupart des fabriques.

Nous étudierons, en premier lieu, les fours les plus anciennement employés, c'est-à-dire ceux qui servent au grillage du soufre naturel.

Pendant longtemps les fours à griller le soufre n'ont différé, dans les fabriques anglaises et belges, que par leurs dimensions. De part et d'autre, on a employé des espèces de chambres voûtées, en briques, à section horizontale ordinairement carrée, quelquefois ronde et dont la sole, placée à 0^m,60 environ au-dessus du sol de l'usine, peut être chargée facilement à la pelle. L'ouverture d'introduction, ménagée dans la paroi de face, se ferme par une porte en fonte ou en tôle au centre de laquelle est une ouverture à glissière qui permet d'admettre l'air en quantité convenable.

Mais tandis que ces fours conservaient, en Belgique, une surface de sole de 4 à 5 mètres carrés, les fours anglais n'avaient guère que 1^m,10 à 1^m,25 de côté, s'ils étaient carrés et 1^m,25 à 1^m,50 de diamètre, s'ils étaient ronds.

Ces fours se détérioraient rapidement et la combustion n'y était pas toujours bien réglée, surtout dans les fours belges, qui présentaient une trop grande surface en ignition, de sorte

qu'on pouvait facilement , ou laisser passer un excès d'air, ou volatiliser une partie du soufre , qui se déposait alors dans l'acide. En outre , la chaleur développée dans le four était extrême et les gaz s'échauffaient au point que la marche des chambres en était entravée , ainsi que nous aurons lieu de l'expliquer plus loin.

Les Anglais ont d'abord essayé , sans succès , de faire la sole en fonte et la voûte en tôle , sans changer la disposition de l'appareil. Ils ont aussi formé des briquettes de soufre aggloméré à l'aide d'argile infusible , mais sans une meilleure réussite. En Belgique , on a cherché à rendre les briques , et surtout les joints , plus durables en employant un ciment formé d'asbeste délayée dans du silicate de soude.

Un perfectionnement important a été appliqué par M. de Hemptinne , à Bruxelles : la cheminée de sortie du four a été mise en communication avec un tuyau en tôle , muni d'une valve , et dont l'orifice inférieur est placé à un niveau moins élevé que la sole du four. On peut admettre ainsi l'air en quantité convenable , quand , par suite de l'échauffement du four, une partie du soufre se volatilise sans brûler.

En Angleterre , dans ces dernières années (1861) , M. Harrison-Blair a imaginé un four à brûler le soufre , dont l'emploi a déjà donné de fort beaux résultats et paraît devoir se généraliser dans les établissements où l'on fabrique encore de l'acide au soufre. Ce four, décrit avec soin par M. Chandelon , est formé de deux parties distinctes : dans l'une , le soufre est soumis à une combustion incomplète , qui développe toutefois assez de chaleur pour volatiliser le soufre non brûlé. L'acide sulfureux et la vapeur de soufre arrivent ensemble dans le second compartiment du four, où un courant d'air ménagé achève la combustion. La chaleur développée dans le second compartiment suffit pour rendre complète la décomposition , par l'acide sulfurique , du nitrate de soude destiné à produire les vapeurs nitriques. Celles-ci et l'acide sulfureux se rendent à la chambre , en même temps que l'air nécessaire , en passant sous une voûte en fonte qui les refroidit. Ce refroidissement , en contractant les gaz , leur permet d'occuper un moindre

volume et la capacité utile de la chambre de plomb s'en trouve augmentée. La planche I donne les détails du four de M. Harisson-Blair.

- a* Sole de volatilisation.
- b* Compartiment de combustion.
- c* Chariot à nitrate.
- g* Porte d'introduction de l'air.
- h* Chicanes en maçonnerie.
- i* Ouvertures dans les dalles qui forment le ciel du compartiment *b*.
- k* Canal conduisant les gaz à la chambre de plomb.

Les principales dimensions de ce four sont indiquées sur la figure par une échelle portant les subdivisions du mètre.

M. Chandelon cite ce fait, qu'une chambre de 709 mètres cubes de capacité, qui produisait par semaine 11000 kil. d'acide sulfurique — ce qui est déjà très-beau — en a produit 21000 kil. dans le même temps, après l'adoption du four de M. Harisson-Blair.

On sait que dans les fours à soufre disposés à la manière ordinaire, on peut brûler utilement, en 24 heures, 60 à 65 kil. de soufre par 100^m cubes de capacité des chambres de plomb, ce qui revient à une production de 2 kil. 3556 décigr. d'acide sulfurique à 60° par mètre cube de capacité. Or, on vient de voir qu'en employant le four de M. Harisson-Blair, on est parvenu à produire, dans une chambre de 709 m. c. de capacité, 21000 kil. d'acide par semaine, ou 300 kil. par 24 heures, soit 4 kil. 231 par mètre cube, ou pas loin du double de ce que l'on *pouvait* produire avec l'ancienne disposition.

Ce magnifique résultat tient autant, croyons-nous, à la façon dont les gaz se contractent par un refroidissement convenable, qu'à la manière avantageuse dont la combustion du soufre et l'admission de l'air supplémentaire peuvent se faire dans le four de M. Harisson-Blair; aussi sommes-nous convaincus que les établissements belges où le soufre est encore employé comme matière première de la fabrication de l'acide sulfurique, ne tarderont pas à se mettre à la hauteur des fabriques an-

glaises en adoptant, soit le même four, soit des dispositions analogues.

Nous avons vu que la matière première employée le plus généralement pour produire l'acide sulfureux est le bi-sulfure de fer (Fe S^2) connu sous le nom de pyrite (pyrite martiale). Cette matière, moins facile à brûler que le soufre à cause de sa nature même, présente, en outre, de si grandes variétés dans la texture, la dureté, la manière de se comporter au feu ; elle est aussi tellement variable dans sa teneur en soufre selon sa provenance et même l'état dans lequel se trouvent ses fragments, que les fours dans lesquels on la grille doivent être différents, au moins sous certains rapports, dans presque toutes les fabriques. Certaines pyrites ; s'exfoliant au feu, pourront être brûlées en couches plus épaisses et en fragments plus volumineux que certaines autres, plus compactes, qu'il faudra briser en menus fragments et griller en couches minces. Il en sera de même pour certaines pyrites fusibles, qui pourraient se scorifier si la chaleur s'élevait trop dans les fours. La mise en fragments elle-même, qui peut se faire, dans la plupart des cas, au simple marteau à la main, devra se faire par l'intermédiaire des plus puissants concasseurs mécaniques pour certaines pyrites d'une dureté exceptionnelle. Certaines pyrites, très-arsenicales, donneront un acide moins estimé que d'autres pyrites plus pures. Enfin, la même espèce de pyrite, selon qu'elle sera en gros morceaux ou en sable, demandera — outre un traitement préalable pour la mise en boulets de ceux-ci — des précautions différentes dans le grillage, les sables étant d'ordinaire plus pauvres que les gros fragments et contenant peut-être aussi plus d'arsenic. Il faut noter encore, d'une façon générale, que les pyrites d'une faible teneur en soufre sont désavantageuses à griller, à cause de l'excès d'air qu'elles exigent pour être bien brûlées, ce qui diminue beaucoup la capacité utile des chambres. Il est rare, du reste, même avec des pyrites assez riches, que la capacité des chambres, où se forme de l'acide à la pyrite, ne doive pas être à peu près double de celle des chambres où se formerait la même quantité d'acide au soufre.

La pyrite fine ne pouvant être grillée en Belgique dans des fours à dalles et ceux-ci n'étant pas non plus employés en Angleterre d'une manière générale, on est obligé de l'agglomérer en boulets, afin de pouvoir la traiter comme la pyrite en roche. Cette agglomération se fait à la main, à l'aide d'argile délayée dans de l'eau. On emploie de 15 à 20 % d'argile. Les boulets sont séchés sur des dalles en fonte chauffées en dessous. Le moulage et le séchage réunis coûtent environ 2 fr. par tonne de pyrite. En Angleterre, on donne aux boulets de 3 à 5 cent. de diamètre. En Belgique, on va jusqu'à 7 centimètres.

Les fours où l'on grille la pyrite sont maintenant construits à peu près sur les mêmes principes en Belgique et en Angleterre. Dans ce dernier pays, on a d'abord employé des fours coulants de grande capacité (6^m cubes), mais on y a généralement renoncé pour employer des fours à grille, de section horizontale carrée, où l'on est mieux maître de la combustion. La hauteur de ces fours varie de 1^m,65 à 3^m,40. Ils ont généralement 1^m,20 de côté intérieur au sommet et 0^m,90 à la grille, qui est élevée de 0^m,45 au-dessus du sol. On brûle la pyrite riche dans les fours dont la profondeur est la plus faible, tandis que la pyrite pauvre est grillée dans des fours plus élevés. On peut charger, dans ces fours, 400 k. de pyrite à 45 % de soufre en 24 heures, ou 500 k. de pyrite fine en boulets. La planche II (fig. 1, 2, 3, 4) indique les principales dispositions des fours anglais.

a, porte de chargement — *b*, porte pour secouer les matières en ignition — *c*, porte pour retirer les résidus grillés — *d*, porte pour secouer les grilles. L'air est admis sous la grille par des ouvertures circulaires ménagées dans la porte *c*.

La combustion ne se faisant pas toujours d'une manière uniforme en tous les points de ces fours, on a imaginé de rendre mobiles les barreaux de grille autour de leur axe, et de les faire déborder sur l'une des faces du four, afin que l'on puisse les manœuvrer à l'aide d'une clef. Leur distance est calculée de telle sorte que l'air soit complètement intercepté quand les diagonales des barreaux sont en prolongement les unes des autres, tandis que l'espace libre de la grille est à son maximum quand les faces des barreaux sont parallèles verti-

calement. Il en résulte que l'on peut toujours régler le passage de l'air en chaque partie du four de façon à rendre la combustion parfaitement uniforme (fig. 4 à 5, pl. II). On peut reprocher à ce système d'être exposé à ne pas résister à l'oxydation et à l'encrassement. Des dispositions analogues ont été essayées sans succès pour des foyers ordinaires.

En Belgique, les fours à pyrite ne diffèrent pas sensiblement des fours anglais (1); seulement leurs parois sont verticales et les dimensions principales sont plus égales entre elles. La longueur, la largeur et la hauteur des fours sont intérieurement de 1^m,40 à 1^m,60 environ. L'air est admis sous la grille par deux portes à glissières fixées sur une plaque de tôle que l'on enlève pour dégriller. Chaque four n'a ordinairement qu'une porte de chargement et une autre porte destinée à l'introduction du chariot en fonte où l'on décompose le nitrate de soude, à moins que cette décomposition ne se fasse dans le canal où se réunissent les produits du grillage de tous les fours (ce qui présente des inconvénients dont nous parlerons).

La charge des fours en Belgique varie ordinairement entre 350 et 400 kil. de pyrite, selon la teneur en soufre. On fait, autant que possible, les fours destinés à la fine pyrite plus larges que les autres, afin d'augmenter leur capacité sans gêner l'accès de l'air, et d'y laisser séjourner ainsi plus longtemps les boulets de pyrite dont la combustion est alors plus complète.

La différence de charge par four, en Belgique et en Angleterre, provient de ce qu'il nous est interdit de donner aux chambres de plomb un tirage supplémentaire en les mettant en communication avec une haute cheminée, tandis que les Anglais, n'étant soumis à aucune contrainte de ce genre, peuvent appeler l'air plus rapidement dans la chambre et activer la combustion de la pyrite en même temps que la

(1) Dans un de nos grands établissements, on vient de construire des fours coulants. Ailleurs, les fours ont des dimensions supérieures à celles que nous indiquons. Quelques-uns ont plusieurs portes.

production d'acide, tout en conservant un nombre restreint de fours.

Dans le but de griller plus facilement la fine pyrite, un Anglais, M. Spence, a imaginé un four (breveté le 3 juillet 1861) qui ressemble beaucoup au four à dalles interdit en Belgique et qui présente les mêmes inconvénients sous le rapport de l'excès d'air qu'il laisse admettre et de la consommation de combustible qu'il occasionne. Aussi est-il douteux que son usage se répande, quoique trois grands établissements anglais l'aient adopté.

Le grillage de la pyrite n'est jamais parfait et les résidus contiennent toujours une certaine quantité de soufre ; ce qui présente le double inconvénient de causer une perte de matière utile et de diminuer, sinon d'enlever complètement la valeur des résidus comme minerai de fer. En Angleterre, on laisse dans les résidus de pyrite grosse, de 3 à 4 % de pyrite. Nous connaissons, en Belgique, des établissements où l'on va souvent en dessous de cette moyenne, mais les résidus de pyrite fine contiennent rarement moins de 10 % de pyrite. Du reste, on ne pourrait pas conclure qu'une fabrication est mal conduite, de ce que les résidus de pyrite contiendraient beaucoup de soufre ; car, s'il est évident que, mieux la pyrite est brûlée, moins il en faut pour produire une même quantité d'acide, il est clair aussi que si l'on pouvait encore, en Belgique, donner, comme jadis, aux chambres de plomb, un tirage actif, il y aurait économie à brûler de très-fortes quantités de pyrite, qui produiraient beaucoup plus d'acide dans le même temps et avec des appareils et une main-d'œuvre donnés, que lorsqu'on brûle, beaucoup plus complètement même, des quantités de pyrite plus faible. Or, il va de soi qu'en brûlant peu de pyrite dans un appareil donné, on peut facilement la brûler beaucoup mieux que lorsqu'on force la production. Tout ce que l'on est en droit d'exiger des fabricants, c'est que la quantité d'air admise dans les fours soit toujours proportionnée à la quantité de pyrite à brûler, de façon à épuiser les résidus autant que possible et à éviter la volatilisation d'une partie de soufre.

Nous avons dit que les vapeurs nitriques sont ordinairement

produites, tant en Belgique qu'en Angleterre, dans les fours même où l'on brûle la pyrite. A cet effet, il y a une porte spéciale, sur la face de chaque four, par laquelle on donne passage à un petit chariot en fonte qui repose dans le four sur deux rails en fer ou sur un socle en maçonnerie. C'est dans ce chariot que se placent le nitrate de soude et l'acide sulfurique dont la réaction doit donner lieu au dégagement d'acide nitrique.

On a soin d'employer l'acide sulfurique à 60° au moins de concentration, afin que le chariot métallique ne soit pas trop rapidement attaqué.

Comme il n'est pas indispensable que toutes les vapeurs nitriques soient au maximum d'oxydation, on n'emploie que des quantités égales de nitrate sodique et d'acide sulfurique à 60°, tandis que, théoriquement, il faudrait employer plus d'acide à 60° ou une quantité à peu près égale d'acide à 66°. Une partie des gaz nitriques s'échappe ainsi à l'état de vapeurs rutilantes, mais on sait que les réactions n'en sont pas modifiées.

Quand, au lieu de former les vapeurs nitriques dans chaque four à pyrite, on décompose le nitrate sodique dans un grand chariot placé dans le canal général qui reçoit les gaz sulfureux de tous les fours, il peut arriver que la chambre devenant *malade*, il soit nécessaire de forcer momentanément la production d'acide nitrique et c'est précisément dans ce cas que la chaleur — toujours plus faible dans le canal qu'auprès de la pyrite en ignition — venant encore à diminuer par suite de la marche entravée des fours, il devient plus difficile d'activer la décomposition du nitrate sodique. Il est, du reste, toujours avantageux de chauffer autant que possible les gaz *nitriques* qui se forment, parce qu'ils n'ont que trop de tendance à se condenser par refroidissement et à se dissoudre dans l'acide que contient la chambre, où ils cessent alors de prendre part aux réactions.

Avant de terminer ce qui concerne les fours de grillage, il nous reste à signaler une manière nouvelle de produire les gaz sulfureux, employée dans certaines fabriques, placées dans des conditions spéciales. On sait que l'on emploie maintenant assez souvent, pour remplacer la chaux dans l'épuration du gaz d'éclairage, de l'oxyde ferrique, qui absorbe le soufre du sulfide

hydrique et se transforme en sulfure ferreux en donnant naissance à de l'eau. Le sulfure métallique se transforme, au contact de l'air, en oxyde pouvant servir encore, tandis que le soufre se sépare à l'état de corps isolé. Après un certain nombre d'épurations (le même oxyde peut servir jusque 40 fois), il s'est déposé à la surface de l'oxyde de fer une couche de soufre qui en obstrue les pores et qui peut constituer les $\frac{4,5}{100}$ de la masse. C'est donc une matière sulfureuse très-riche, capable de rendre, en pratique, une moyenne de 125 % d'acide sulfurique à 60°.

Certaines fabriques anglaises, situées à proximité de grandes usines à gaz, se servent avantageusement de la matière que nous venons d'indiquer pour produire l'acide sulfurique. Un brevet a été pris le 3 septembre 1857 par M. F. C. Hills pour un four destiné à griller ces résidus. Ce four (pl. II, fig. 6) se compose de sept soles superposées, séparées entre elles de 25 centimètres environ. Chaque sole est accessible par une porte spéciale, munie de glissières pour l'admission de l'air. Des flèches indiquent, sur la figure, le sens de la circulation des gaz, qui, partant de la seconde sole, se mélangent successivement à ceux qui se forment sur la troisième, la première, la quatrième, la cinquième, la sixième et la septième; après quoi, ils se rendent à la chambre par le canal C.

Quelle que soit la matière première employée et le système de fours dans lequel on la grille, il existe un rapport que l'on doit observer entre la quantité de gaz sulfureux que l'on peut utilement produire et la capacité des chambres de plomb où ils doivent se transformer en acide sulfurique. On a constaté — nous l'avons dit — par la pratique qu'il est possible de griller avantageusement 60 et même 65 k. de soufre en 24 heures par 100 mètres cubes de capacité dans les chambres de plomb, en employant les anciens fours à soufre. Comme on ne peut charger sur la sole qu'une épaisseur restreinte de matière, il en résulte que le rapport de la surface totale de sole doit être aussi dans un certain rapport avec la capacité des chambres, et, si l'on admet que l'on peut brûler, en 24 heures, 75 kil. de soufre par mètre carré de sole, il en résulte qu'un mètre

carré de sole correspond à 120 ou 130 mètres cubes de capacité dans les chambres. Nous avons vu que, pour le four de M. Harisson-Blair, ce rapport n'est pas exact et que l'on peut brûler deux fois plus de soufre pour une même capacité dans les chambres.

Quand on emploie la pyrite, les bases du calcul sont différentes. Dans les fours ordinaires, on brûle environ 350 kil. de pyrite à 45 % de soufre sur 2 mètres carrés de grilles. C'est près de 79 kil. de soufre par mètre carré, ce qui, dans le cas du soufre seul, correspondrait à 132 mètres cubes de capacité pour les chambres de plomb. Mais il faut près de 1/6 d'air en plus pour brûler la pyrite que pour brûler le soufre, à cause de l'oxygène absorbé par le fer pour se peroxyder. En outre, la pyrite laisse échapper de la vapeur d'eau et, quelquefois, de l'acide carbonique; aussi peut-on compter facilement qu'il faut 1/4 de volume en plus dans la chambre, quand on brûle de la pyrite riche au lieu de brûler du soufre. Si l'on grillait de la pyrite pauvre, cette proportion serait beaucoup trop faible. Nous croyons donc n'être pas éloigné de la vérité en disant que, dans les circonstances ordinaires, il faut au moins 170 mètres cubes de capacité aux chambres de plomb par mètre carré de surface de grille, si l'on veut que les fours aient un tirage convenable.

Nous disons que ce rapport peut être admis dans les circonstances ordinaires; mais nous devons ajouter qu'il est possible d'utiliser mieux la capacité des chambres en refroidissant les gaz avant de les y admettre, ce qui leur permet d'y occuper un moindre volume. Les injections de vapeur d'eau suffisent, à elles seules, pour entretenir la chaleur nécessaire aux réactions et il est nuisible à la bonne marche des chambres de les remplir de gaz dont la température peut s'élever considérablement si on ne les refroidit pas à leur sortie des fours. Aussi, dans beaucoup de fabriques anglaises, voit on les gaz sortant des fours de grillage n'arriver à la chambre qu'après un long parcours dans des tuyaux en plomb; et l'on prétend que, sans cette précaution, il est impossible d'obtenir que les chambres soient aspirantes.

Dans d'autres fabriques, les gaz traversent à leur sortie des

fours, des tuyaux en fonte qui les refroidissent, et, dans une fabrique belge de premier rang, on fait circuler les gaz sulfureux dans un circuit de tuyaux en fonte, puis dans un tambour qui reçoit les vapeurs nitriques condensées à la suite des chambres et enfin dans des tuyaux en plomb aboutissant à la chambre principale.

On ne peut guère mettre directement les fours en communication avec des tuyaux en plomb, à cause de la grande chaleur des gaz dans le voisinage des fours; c'est pourquoi l'on est obligé d'employer l'intermédiaire de la fonte, malgré les inconvénients qu'elle présente sous le rapport de la durée. Cependant, et surtout en isolant les vapeurs nitriques, la fonte résiste assez longtemps aux gaz acides. Dans les fabriques où l'on ne refroidit pas les gaz avant leur entrée dans les chambres de plomb, on les y amène par des canaux en maçonnerie.

Nous n'avons plus à citer, comme appartenant à la première classe d'appareils, que les générateurs à vapeur. Leur forme, leur système sont indéterminés et nous n'entreprendrons pas ici une discussion technique de la valeur des différentes espèces de chaudières; mais, quelle que soit celle que l'on préfère, il faut que l'on puisse y produire facilement la vapeur à 2 ou 2 1/2 atmosphères de pression, afin que les injections aient une puissance suffisante pour mélanger intimement les gaz qui circulent dans la chambre. On sait, quant aux dimensions des chaudières, qu'il faut injecter 2^k,185 de vapeur d'eau par kilogramme de soufre transformé en acide sulfurique pour obtenir, dans les chambres, un acide à 50° B (1). Naturellement, la chaudière doit pouvoir en fournir davantage, afin de parer à toutes les éventualités.

Nous croyons qu'il est bon, quand la fabrication est assez importante, de ne pas employer de trop grandes chaudières, mais d'en avoir plutôt un certain nombre pouvant se relier aux mêmes conduites de vapeur. On n'a pas à craindre alors de

(1) C'est le degré le plus favorable à la fabrication. Un degré inférieur entraînerait à de grands frais de concentration et un degré supérieur offrirait du danger pour la conservation des parois des chambres de plomb.

devoir arrêter une ou plusieurs chambres de plomb quand l'une des chaudières demande des réparations. Une précaution indispensable, et qui n'est cependant que trop négligée dans la plupart des fabriques, c'est de mettre les conduites de vapeur à l'abri des intempéries et du refroidissement par rayonnement en les couvrant, soit de paille et de terre, soit d'un autre enduit préservatif. La difficulté de se procurer un bon enduit réside dans la décomposition que beaucoup d'entre eux éprouvent de la part des gaz acides, dont il est impossible d'éviter complètement les émanations. La paille même est rapidement décomposée. On pourrait se servir avantageusement de brai, fondu avec une forte proportion de sable quarzeux et appliqué à chaud sur les tuyaux.

En abordant l'examen des appareils de la seconde classe, c'est-à-dire les chambres de plomb, nous devons commencer par déclarer qu'il est presque impossible d'indiquer, d'une manière générale, les dispositions employées dans les diverses fabriques anglaises et belges. Partout, ce sont de vastes réservoirs en plomb, soutenus par des charpentes; mais, tandis que, dans certaines fabriques, on n'emploie qu'un seul grand réservoir par série de fours de grillage, ailleurs la chambre principale est précédée d'un *tambour* et suivie d'une ou deux chambres *en queue*. Les dimensions des chambres varient aussi dans des limites extrêmement étendues. On voit des chambres de 30^m,50 de longueur, 24^m,40 de largeur et 6^m,10 de hauteur; d'autres, de 21 mètres sur 12 mètres et 12 mètres; d'autres enfin, et c'est le plus grand nombre, de 40 à 50 mètres de longueur sur 6 mètres de hauteur et 7 mètres de largeur.

Il serait extrêmement intéressant de savoir quelle est, entre ces dispositions, la plus avantageuse; mais les avis sont tellement partagés à ce sujet qu'il serait impossible de découvrir avec certitude le meilleur.

Toutefois, il paraît évident que le but que l'on doit chercher à atteindre est de mettre le mieux et le plus longtemps possible en contact les gaz réagissants, et, à cet effet, il semble assez rationnel d'allonger les chambres en leur donnant une hauteur et une largeur modérées.

On atteint mieux encore le but, en forçant les gaz à traverser plusieurs chambres successives ; mais on rencontre alors un écueil assez difficile à éviter ; c'est la perte des vapeurs nitreuses, lesquelles se dissolvent dans l'acide des chambres quand elles passent trop souvent auprès de sa surface, ou qu'elles traversent des tuyaux dans lesquels il se forme de l'acide qui ruisselle sur les parois formant alors un véritable appareil de condensation.

On a cherché à faire faire aux gaz un long parcours, tout en évitant les frais qu'occasionne la construction de chambres en queue séparées de la chambre principale, en suspendant dans celle-ci des feuilles de plomb faisant l'office de chicanes. On obtenait ainsi une augmentation de production, mais les feuilles de plomb s'altéraient tellement vite que l'on a dû renoncer à leur emploi. On a repris ces essais à la manufacture de St-Gobain (France), mais en remplaçant les rideaux en plomb par des glaces brutes et il paraît que l'on obtient ainsi des résultats excellents. Du reste, les expériences faites par M. Frésenius, chimiste de la fabrique de Floreffe, mettent hors de doute le bon effet des surfaces interposées sur le parcours des gaz destinés à produire l'acide sulfurique.

Les injections de vapeur d'eau sont ordinairement placées sur le ciel des chambres de plomb et agissent de haut en bas ou bien obliquement dans le sens du mouvement des gaz. Or, la vapeur ne peut agir de la sorte à une grande distance avec la pression de une à deux atmosphères qui lui est ordinairement donnée et l'on doit craindre que les gaz ne soient pas assez mélangés ; aussi est-il avantageux, toutes les fois que la largeur des chambres est moindre que le double de leur hauteur, de placer les injections sur les deux longues parois de la chambre, au premier tiers environ de la hauteur pour la plupart, et quelques-unes disséminées à des hauteurs différentes. On obtient ainsi un mélange beaucoup plus parfait des gaz et l'on peut même les faire circuler alternativement d'une paroi vers l'autre, comme si des obstacles étaient disposés en chicane dans la chambre. On a adopté cette disposition dans une grande fabrique du pays. Il n'est peut-être pas inutile de remarquer

que les injections de vapeur sont plus faciles à bien disposer quand on fabrique de l'acide au soufre que lorsqu'on emploie la pyrite, attendu que celle-ci, donnant moins d'acide dans le même temps pour un appareil de capacité donnée, on ne peut injecter dans la chambre qu'une quantité moindre de vapeur d'eau et, partant, au moyen d'un nombre restreint d'injections, qui doivent être disposées avec un soin minutieux si l'on veut obtenir un bon mélange des gaz dans la chambre.

En Angleterre comme en Belgique, les chambres de plomb sont généralement en plein air (1) et c'est tout au plus si, dans quelques fabriques anglaises, on abrite le côté du nord et celui du midi par des planches clouées aux poutrelles de soutènement. Il en résulte que les chambres sont exposées à toutes les variations de température de l'atmosphère et qu'elles reçoivent toute l'eau des pluies.

On évite une partie des inconvénients qui en résultent en donnant au ciel de la chambre une double pente du milieu vers les longues parois, afin que les eaux de pluie s'écoulent rapidement et n'occasionnent pas une surcharge sous laquelle les attaches du plomb aux poutrelles pourraient se rompre.

On évite aussi l'introduction de l'eau pluviale dans l'acide de la chambre en soudant la cuvette aux parois verticales. Ces deux dispositions, quoique plus générales en Angleterre qu'en Belgique, sont cependant adoptées chez nous, depuis plusieurs années, dans de grands établissements.

La circulation des gaz dans les chambres entraîne forcément au dehors, outre l'azote de l'air qui a réagi, mélangé d'air en excès et du gaz sulfureux non condensé, des quantités notables de vapeurs nitriques qui pourraient servir encore. Gay-Lussac avait proposé de les retenir en faisant tomber sur le mélange gazeux qui les contient de l'acide sulfurique concentré, qui les dissout aisément. M. de Hemptinne a perfectionné l'emploi du procédé en faisant traverser aux gaz sortant des chambres,

(1) Un grand établissement belge et certaines fabriques secondaires font exception.

d'abord une série de bombonnes contenant de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique, puis une colonne pleine de sphères creuses, en grès, sur lesquelles un tourniquet hydraulique déverse, par intervalles, sous forme de pluie, de l'acide concentré que lui fournit une bascule Perrot.

Cet appareil a présenté plusieurs inconvénients dont le principal est que l'acide, n'étant jamais complètement exempt de matières étrangères, les orifices du tourniquet hydraulique s'obstruaient bientôt et l'appareil ne marchait plus; aussi son emploi est-il plutôt supposé que réel dans beaucoup d'usines. Cependant on peut éviter le principal inconvénient de ce système en ne laissant arriver l'acide au tourniquet ou au simple syphon en verre qui le remplace dans certaines usines, qu'après lui avoir fait traverser une couche de plusieurs centimètres d'amiante. L'appareil, alors, fonctionne très-bien et le filtre n'a besoin d'être nettoyé qu'au bout de deux mois environ.

M. le docteur Kunheim, de Berlin, membre du jury de la seconde classe à l'exposition universelle de Londres, est l'auteur d'un appareil de condensation dont on dit beaucoup de bien et avec lequel l'inventeur est parvenu à réduire la consommation du nitrate à 6 % du soufre employé pour une chambre marchant au soufre. On sait que, dans ce cas, la consommation de nitrate est de 8 à 10 % du soufre employé, quand on ne condense pas les vapeurs nitriques.

L'appareil se compose d'une série de bombonnes d'une forme spéciale, à fermetures hydrauliques, disposées en gradins et recevant un filet continu d'acide sulfurique concentré qui s'écoule de l'une à l'autre. Les gaz, au sortir des chambres de plomb, arrivent aux bombonnes en sens inverse du mouvement de l'acide et celui-ci se charge de vapeurs nitreuses. La bombonne dans laquelle les gaz passent en dernier lieu communique avec la cheminée du générateur de vapeur, ce qui soumet le système à l'action d'un tirage sans lequel la marche de la chambre pourrait être entravée par suite de la circulation des gaz dans les coudes de l'appareil. La disposition imaginée par M. Kunheim serait donc difficilement employée chez nous avec succès, puisqu'il faudrait pouvoir donner aux chambres

de plomb un tirage supplémentaire qui nous est interdit. Dans l'appareil complet décrit au t. VIII de la *Revue universelle de mines*, on doit élever l'acide jusqu'à un niveau supérieur à celui des chambres, attendu que les bombonnes déversent l'acide chargé de gaz nitreux au-dessus d'un tambour placé en tête de la chambre principale. M. Kunheim emploie, à cet effet, un véritable monte-jus, dans lequel la pression est donnée par de la vapeur d'eau qui doit avoir, sans doute, une forte tension pour que le transport de l'acide se fasse rapidement; car un contact prolongé entre la vapeur d'eau et l'acide abaisserait le degré de celui-ci au point de le rendre impropre à la condensation. Cette élévation de l'acide à une certaine hauteur est l'une des grandes difficultés que les colonnes ordinaires de condensation rencontrent aussi dans la pratique. On est parvenu à rendre ce transport assez commode en employant des pompes complètement en plomb et dont les soupapes sont formées par de simples boules en plomb. On a aussi employé des monte-jus, mais dans lesquels on foule de l'air et non de la vapeur comme dans celui de M. Kunheim. Le réservoir métallique dans lequel l'air foulé exerce sa pression est doublé en gutta-percha. Cet appareil est employé en Angleterre, où il a été imaginé par M. Robert Calvert-Clapham. Cependant on l'emploie aussi dans certaines fabriques allemandes.

L'acide sulfurique chargé de vapeurs nitriques rentre ordinairement, dans les fabriques belges, dans l'une des chambres de plomb et l'on doit craindre que les gaz nitreux qu'il contient ne restent en grande partie dissous dans l'acide et sans effet sur le mélange gazeux. On a essayé de faire arriver l'acide de condensation dans une bombonne placée dans la chambre principale et recevant une injection de vapeur qui en faisait sortir les composés nitreux; mais cette disposition n'a pas présenté d'avantages sérieux par suite de l'impossibilité où l'on se trouve de rétablir la circulation de la vapeur quand le tuyau qui l'amène est obstrué à l'intérieur de la chambre; ce qui ne tarde pas à se produire en présence des vapeurs azotiques.

Nous avons dit que l'on produit l'acide sulfurique, dans les chambres de plomb, à 30° B. environ de densité. A ce degré,

l'acide n'est propre à presque aucun usage, surtout depuis que l'emploi des cuvettes en fonte, pour la fabrication du sulfate de soude, s'est généralisé. Il est donc nécessaire de le concentrer. Pour beaucoup d'usages, la concentration à 60° B. suffit et l'on y arrive en chauffant simplement l'acide pris aux chambres dans des cuvettes en plomb reposant sur des dalles en fonte sous lesquelles passe la flamme d'un foyer. Un seul foyer chauffe plusieurs cuvettes et l'acide passe successivement, à l'aide de syphons (1), de la cuvette la plus éloignée du feu à celle qui est le plus fortement chauffée.

Une disposition assez ingénieuse consiste à disposer les cuvettes en gradins et à faire écouler l'acide en trop plein, d'une façon continue, d'une cuvette à l'autre; l'acide des chambres arrivant aussi à l'appareil d'une façon continue. Toutefois il est difficile d'obtenir avec cet appareil, que l'acide ait bien 60° B. et, en outre, il faut une grande surveillance pour éviter qu'une cuvette, recevant plus d'acide qu'elle n'en laisse échapper, il y ait débordement et perte d'acide en même temps que détérioration de l'appareil.

La concentration à 66° B., après avoir d'abord été tentée avec de mauvais résultats dans des appareils en verre, tant en Belgique qu'en Angleterre, a été essayée ensuite avec succès dans des alambics en platine. Le prix élevé de ces appareils a fait, toutefois, reculer beaucoup de fabricants, qui ont continué à se servir du verre et sont enfin parvenus à éviter en grande partie les frais de casse qui avaient d'abord rendu son emploi si défectueux. On est alors revenu peu à peu aux ballons en verre et leur usage est maintenant très-général. On concentre, en moyenne, dans les grandes fabriques, 2,000 kil. d'acide dans un même ballon avant qu'il soit mis hors d'usage. On a proposé, comme moyen de diminuer la casse, d'employer des ballons à larges goulots, afin que les vapeurs acidulées,

(1) Les syphons, en plomb, portent une poche à chaque extrémité, de sorte qu'on peut les transporter sans qu'ils se démorcent et qu'il suffit de les plonger dans l'acide pour qu'ils s'amorcent d'eux-mêmes.

qui se dégagent pendant la concentration, aient un écoulement aisé. Les ballons deviennent alors très-difficiles à manier et il faut un instrument spécial pour les enlever des chaudrons en fonte où ils reposent quand on doit les vider. La patrique a démontré que les ballons à larges goulots ne présentent pas d'avantages sérieux, et l'on est revenu, dans l'établissement où on les avait essayés, aux ballons ordinaires d'une contenance de 30 litres environ, avec un goulot de 8 centimètres de diamètre. Seulement on a trouvé avantageux d'activer la circulation des vapeurs qui s'en dégagent, en les faisant arriver *au sommet* d'un serpentin, dans lequel elles sont entraînées et condensées par un courant d'eau.

En Angleterre, on emploie maintenant de grands ballons en verre, cylindriques sur la plus grande partie de leur hauteur et d'une contenance de 136 litres. Chaque ballon peut fournir, par opération, 160 kil. (87 litres) d'acide à 66° B. Ces ballons reposent dans une chaudière en fonte et ils sont protégés, à leur partie supérieure, par une chape en grès qui les préserve des courants d'air. Un tuyau en verre amène les vapeurs dans une conduite en plomb où les *petites eaux* se condensent. (Fig. 7, 8 et 9, pl. II.)

Depuis quelque temps, on fabrique des alambics en platine beaucoup moins coûteux que ceux que l'on avait construit dans le principe. On est parvenu à les rendre très-légers en leur donnant la forme d'un tronc de cône. Le fond seul étant chauffé, l'épaisseur des parois a pu être considérablement diminuée; aussi ces alambics coûtent-ils tout au plus le quart des anciens pour une même contenance et leur poids est-il réduit des six ou sept huitièmes. (Fig. 10, pl. II.) Il est probable que l'on trouvera avantage à substituer ces alambics aux ballons en verre, du moins dans les localités éloignées des verreries.

Un industriel des environs de Namur a imaginé de concentrer l'acide dans des espèces de cornues en grès céramique et il paraît obtenir de bons résultats. Son appareil est semblable à ceux où l'on emploie les ballons en verre, c'est-à-dire que la cornue en grès repose sur un bain de sable dans un chaudron en fonte. La cornue est de deux pièces et le col de la partie supérieure

aboutit à des canaux réfrigérants pour la condensation des basses-eaux. La pièce supérieure s'enlève pour syphoner l'acide quand il a atteint 66° B. Il nous semble que cet appareil n'utilise pas la chaleur autant qu'il serait possible de le faire et que l'on doit pouvoir fabriquer des cornues en grès qui supporteraient l'action directe de la flamme, sans l'intermédiaire du bain de sable.

La proportion d'acide à 60° B. que l'on emploie, en pratique, dans les fabriques belges, pour produire de l'acide sulfurique à 66° B. dans les appareils en verre, est de 120 % en moyenne. On brûle, par 100 kil. d'acide concentré, 65 à 70 kil. de charbon.

Nous pourrions établir, dès à présent, le prix de revient approximatif de l'acide sulfurique dans les fabriques anglaises et belges; mais il nous paraît préférable de ne pas multiplier les chiffres outre mesure, afin de ne pas abuser de la patience de nos lecteurs, s'il nous est donné d'en avoir, et nous réunirons le prix de revient du produit dont nous venons d'esquisser la fabrication, à celui que nous établirons, à l'article suivant, pour le sulfate de soude.

B. — Fabrication du sulfate de soude.

Le principe sur lequel repose la fabrication du sulfate de soude est fort simple : le chlorure sodique (sel ordinaire) (1), mis en présence de l'acide sulfurique hydraté, prend à l'eau son oxygène pour se transformer en oxyde sodique qui s'unit à l'acide sulfurique, tandis que le chlore et l'hydrogène mis en liberté de part et d'autre s'unissent en donnant naissance à de l'acide chlorhydrique. Une chaleur modérée suffit à produire

(1) Le sel que l'on emploie maintenant presque partout pour la fabrication du sulfate de soude est le sel gemme et non le sel provenant des marais salants. Ce dernier, quoique plus pur que certains sels gemmes de France et d'Angleterre, coûte en général plus cher et son emploi est, presque partout, abandonné.

la double décomposition que nous venons d'indiquer ; mais une forte chaleur est nécessaire pour expulser l'eau non décomposée et volatiliser l'excès d'acide qui altérerait la pureté du sulfate produit. Aussi la fabrication de ce corps présente-t-elle deux périodes : on met d'abord les matières en présence dans un récipient, nommé *cuvette*, où les réactions chimiques s'opèrent presque intégralement ; après quoi on fait passer le sulfate formé sur une sole où il est soumis à l'action d'une haute température. Cette sole se nomme la *calcine* et la réunion de la calcine et de la cuvette dans un même appareil constitue ce que l'on nomme le *four à sulfate*.

Les vapeurs chlorhydriques qui se dégagent pendant la fabrication du sulfate de soude doivent être condensées, ou, plus correctement, dissoutes dans de l'eau ; et cela, non seulement à cause des prescriptions légales, mais aussi parce qu'elles forment un produit commercial dont la vente a pour effet de diminuer le prix de revient du sulfate de soude. Il en résulte que les appareils de condensation des vapeurs chlorhydriques sont l'objet de l'attention soutenue des fabricants et c'est peut-être dans ce genre de constructions qu'il y a eu le plus de modifications dans notre pays, depuis que les fabriques de produits chimiques y sont en activité.

Les premiers fours à sulfate que l'on ait construits, tant en Belgique qu'en Angleterre, étaient formés d'une sole réfractaire chauffée directement par la flamme produite sur un foyer placé à l'une de ses extrémités, tandis qu'à l'autre bout se trouvait la cuvette. La flamme arrivait sous celle-ci par un canal ménagé à un coin de la sole, puis s'échappait par un autre canal, mélangée à toutes les vapeurs acides provenant de la calcine. On a calculé que le mélange gazeux ainsi formé se composait, en moyenné, d'un volume de gaz chlorhydrique dilué dans 85 volumes des gaz produits par la combustion de la houille. Il était presque impossible de dissoudre dans l'eau une partie un peu notable des vapeurs acides ainsi diluées, et les réclamations que les habitants des localités qui avoisinent les fabriques de produits chimiques avaient élevées, ont forcé le gouvernement belge à interdire l'usage des fours à sulfate dans lesquels les

vapeurs acides ne sont pas complètement séparées des produits de la combustion.

Jusqu'à présent, on avait conservé ce système de four dans certaines fabriques anglaises, mais ils disparaissent à partir du 1^{er} janvier 1864, par suite de la nouvelle législation adoptée par le Parlement anglais, en ce qui concerne les fabriques de produits chimiques; aussi nous croyons-nous dispensé d'en parler avec plus de détail. Nous dirons seulement que ces fours avaient l'avantage d'utiliser, autant qu'il est possible, la chaleur produite par le combustible et d'être, en eux-mêmes, d'une construction simple et peu coûteuse.

La nécessité d'isoler les vapeurs chlorhydriques étant admise, on a dû recourir, pour fabriquer le sulfate de soude, à l'emploi de fours à moufle ou à double voûte. Ces fours ont été employés depuis longtemps en Angleterre dans les fabriques situées au centre de populations agglomérées, là où il aurait été impossible de laisser s'échapper dans l'atmosphère les vapeurs acides provenant de la décomposition du sel. En Belgique, leur emploi ne remonte pas au delà de l'année 1851.

Les fours présentent de sérieuses difficultés de construction et la chaleur, ne se transmettant qu'à travers une paroi réfractaire, ne peut être aussi complètement utilisée que si la flamme arrivait directement en contact avec les matières à chauffer. Par contre, on peut condenser d'une façon bien plus complète les vapeurs chlorhydriques qui se forment, vapeurs dont la dissolution est maintenant un produit commercial important.

Dans les fours à double voûte, la flamme, formée sur la grille d'un foyer, passe entre deux voûtes réfractaires qui recouvrent la sole de calcination (la *calcine*), puis elle descend sous cette sole, qu'elle chauffe en circulant dans des carneaux disposés à cet effet, après quoi (dans les fours belges) elle passe sous la cuvette, d'où elle se rend à la cheminée d'appel.

Les vapeurs acides formées dans la cuvette et sur la calcine se rendent, de leur côté, aux appareils de condensation en traversant les voûtes du four dans des canaux spéciaux. Nous reproduisons pl. 14 et 15, les détails d'un four anglais et d'un four employé dans un grand établissement belge.

Dans ces deux fours la cuvette est en fonte, de 5 centimètres d'épaisseur moyenne. Les cuvettes en plomb étant maintenant complètement abandonnées en Angleterre et n'existant plus en Belgique que dans des cas exceptionnels, nous n'en parlerons que pour mémoire. Ces cuvettes ont le grave inconvénient de se fondre à la moindre négligence de l'ouvrier et il en résulte des frais qui grèvent souvent beaucoup le prix de revient du sulfate. Des analyses répétées ont prouvé, du reste, que, moyennant certaines précautions, les cuvettes en fonte donnent un sulfate presque aussi exempt de fer que les cuvettes en plomb.

Dans le four belge dont nous donnons le dessin (pl. III), la cuvette (B) est séparée de la calcine (A) par une cloison (C) en maçonnerie, percée d'une ouverture (D) qu'un registre maintient fermée et qui ne doit s'ouvrir que pour laisser passer sur la sole de calcinage les matières qui ont réagi dans la cuvette.

E est une trémie qui sert à introduire le sel dans la cuvette. G, G sont des portes qui se ferment au moyen d'une dalle de fonte que l'on maintient contre le four à l'aide d'une vis de pression et G' est l'ouverture qui permet d'introduire, dans la cuvette, la pelle à l'aide de laquelle on fait passer les matières qui ont suffisamment réagi sur la sole de calcinage, où le sulfate s'achève.

Les vapeurs chlorhydriques formées sur la cuvette et la calcine se rendent, par H et par H', aux appareils de condensation dont il sera parlé plus loin.

Le sulfate dont le *calcinage* est terminé tombe par une ouverture placée vis-à-vis de l'une des portes, dans un étouffoir (F) fermé par une sole mobile et qui communique avec une cheminée d'appel par un canal (S).

La flamme est produite sur un foyer (I) où l'on brûle du charbon gras. Les produits de la combustion passent directement (en K) entre les deux voûtes réfractaires V et V' (1), puis

(1) Ces voûtes ont été construites d'abord au moyen de briques creuses, dont la simple juxtaposition formait les deux voûtes et l'intervalle K. On emploie aussi, maintenant, de simples petites briques, d'une forme

descendent, par les canaux LLL, dans les espaces libres (M,M) ménagés sous les dalles en terre réfractaire qui forme la sole de calcinage. Enfin, ils passent sous la cuvette par les canaux N ou N', dont l'un ne les reçoit qu'après leur passage sous la sole, tandis que l'autre peut les admettre, au besoin, au sortir des canaux LL. Les figures de la pl. III étant faites au $\frac{1}{100}$, il est facile d'apprécier les dimensions du four dont il est question.

On charge dans les fours 250 kil. de sel et 295 kil. (1) d'acide sulfurique à 60° B (174 litres), produisant ensemble de 314 à 316 kil. de sulfate de soude, si les matières premières sont suffisamment pures. On fait six opérations par 24 heures ou à peu près 1900 kil. de sulfate. Nous établirons plus loin le chiffre des consommations dont on doit tenir compte lorsqu'on fait usage du four qui vient d'être décrit.

Nous reproduisons, d'après le rapport de M. Chandelon auquel nous avons eu si souvent recours, le dessin d'un four anglais à double voûte, construit par M. Muspratt, fondateur de la première fabrique de produits chimiques du système Leblanc en Angleterre. Ce four nous paraît moins simple que le four belge dont nous venons de parler. Le lecteur peut en juger facilement. La légende suivante donne les détails du four de M. Muspratt, représenté pl. IV. »

speciale, portant d'un côté une languette et de l'autre une rainure de même dimension, de sorte que les points de contact des briques entre elles sont considérablement multipliés et la solidité des voûtes s'en trouve, par conséquent, augmentée. On construit, avec ces briques, les deux voûtes séparément, ce qui les rend indépendantes l'une de l'autre et permet de les réparer et même de les reconstruire l'une sans l'autre.

(1) Théoriquement, 269 kil. d'acide à 60° seraient plus que suffisants pour décomposer 250 kil. de sel, mais une partie notable de l'acide sulfurique étant volatilisée en même temps que les vapeurs chlorhydriques à cause de la température élevée du four, on est obligé d'en mettre un excès, sous peine de ne pas décomposer tout le sel.

LÉGENDE.

- « A Sole à calciner ;
- » BB Foyers dont les flammes passent en C , arrivent en
- » dessous de la sole par les gargouilles c, c', c'' et se rendent
- » ensuite à la cheminée de l'usine par le canal D ;
- » FF Portes de travail ;
- » G Conduit par lequel les vapeurs acides se rendent au
- » condenseur sans se mêler ni à l'air, ni aux gaz du combustible ;
- » H Chaudière de décomposition qu'enveloppent de toutes
- » parts les flammes des foyers ; elle est surmontée d'une sorte
- » de dôme en fer II , qui supporte la maçonnerie ;
- » J Porte de chargement et de travail ;
- » K Ouverture communiquant avec la calcine ;
- » L Conduit pour la sortie des vapeurs acides ;
- » M Canal menant les gaz du foyer à la cheminée. »

Nous regrettons de ne pouvoir donner une échelle exacte qui permette d'évaluer les dimensions réelles des différentes parties de ce four. Nous dirons seulement qu'il est notablement plus grand que les fours belges. La cuvette et la calcine sont d'une contenance à peu près double des parties analogues de nos fours. En outre, la cuvette et la calcine étant chauffées séparément, il en résulte que ces deux parties peuvent être amenées chacune au degré de température nécessaire, pour que les matières que l'on y traite y séjournent le même temps exactement et l'on évite ainsi les chômages de la calcine, qui sont si préjudiciables à l'économie du combustible et que l'on n'est pas encore parvenu, chez nous, à supprimer complètement.

Le four de M. Muspratt présente donc sur les nôtres de notables avantages, malgré les défauts qui résultent, nous semble-il, des difficultés de construction et de réparation qu'il doit présenter; mais ces avantages consistent surtout en ces deux points, mieux traités chez les Anglais que chez nous :

Le four présente de grandes dimensions, et l'on y produit, en un temps donné, une plus forte quantité de sulfate.

La cuvette et la calcine étant chauffées isolément, on peut

activer le travail de la première en la chauffant fortement, ce qui est impossible quand la flamme n'y arrive qu'après avoir échauffé la calcine.

C'est en cherchant à augmenter jusqu'à sa limite la production de la cuvette en un temps donné que l'on est parvenu, dans le Lancashire, au point de lui faire desservir deux calcines; de sorte que l'on obtient, avec un four qui n'est que d'une moitié, au minimum, plus grand que les fours ordinaires, une production double, et cela avec trois foyers au lieu de quatre (1), et un homme seulement en plus par 12 heures (en tout, 6 hommes par 24 heures). Cette combinaison nous semble être l'une des plus heureuses que l'on puisse rencontrer dans la fabrication du sulfate de soude et c'est à elle surtout que l'on doit d'être parvenu, en Angleterre, à produire, par 24 heures et par four, 15,000 kil. de sulfate.

Un travail conduit avec une pareille activité présente, cependant, certaines difficultés pratiques, dont l'une est le boursofflement très-vif qui se produit dans la cuvette. On y obvie par un moyen analogue à celui dont on se sert dans les brasseries et les distilleries pour remédier à une fermentation trop active dans les cuves-matières; c'est-à-dire que l'on projette de temps à autre dans la cuvette un peu de graisse, qui suffit à rompre les bulles de gaz chlorhydrique et à faire retomber les matières sur elles-mêmes.

Une difficulté plus grave dans la conduite de ces fours provient, à notre avis, de l'énorme quantité de vapeurs chlorhydriques qui se produisent en un temps donné et dont la condensation, pour être complète, doit demander des appareils d'une capacité très-grande et dans lesquels il nous semble difficile d'obtenir une proportion notable d'acide chlorhydrique suffisamment concentré pour être vendable. Nous allons examiner de plus près cette question en étudiant les appareils de condensation; mais nous devons constater auparavant que les difficultés que nous craignons n'ont pas fait reculer certains

(1) Ou six au lieu de huit.

établissements belges; car on monte, en ce moment, en Belgique, un four à sulfate du système anglais dont il sera très-intéressant de suivre le travail. On place, dans la cuvette du four anglais, jusqu'à 500 kil. de sel par opération et l'on y ajoute une quantité d'acide sulfurique variable d'après les fabriques, mais toujours moindre, relativement, qu'en Belgique, ce qui est encore une cause d'économie. Cependant la quantité de sulfate obtenue n'est pas aussi grande en Angleterre qu'en Belgique, proportionnellement au sel employé; car nous produisons 1,000 kil. de sulfate avec 800 à 810 kil. de sel seulement, tandis qu'il en faut 875 1/2 kil. aux Anglais pour la même production (1).

Le four belge est desservi par deux ouvriers, qui se relaient de 12 en 12 heures. Il en faut six pour desservir un four anglais à deux calcines; mais la production étant plus de trois fois forte, la main-d'œuvre est encore, somme toute, plus économique à ces fours qu'aux nôtres.

De ce que nous avons dit touchant les fours à sulfate, on peut conclure que les différences caractéristiques entre les systèmes anglais et belges sont principalement:

D'une part, les dimensions plus grandes des fours en Angleterre, ce qui permet d'y traiter à la fois une plus grande quantité de matières; d'autre part, l'indépendance complète, en ce qui concerne l'échauffement, de la cuvette et de la calcine, en sorte que l'on peut activer autant que l'on veut la production de la première, au point de pouvoir lui faire desservir deux calcines.

Nous apprécierons en chiffres la valeur de ces perfectionnements en établissant les prix de revient.

(1) Le calcul montre que, pour produire 1000 kil. de sulfate de soude pur, il faut employer 823 1/2 kil. de sel supposé pur, ce qui se rapproche beaucoup du chiffre pratique que nous venons de citer à propos des usines belges, si l'on tient compte de l'acide en excès et de l'humidité que renferme toujours le sulfate ordinaire et qui font que 1000 kil. de sulfate ne renferment que 970 kil., au plus, de sulfate pur.

Il nous reste à examiner les systèmes employés ici et en Angleterre pour condenser les vapeurs chlorhydriques.

Nous avons dit déjà que c'est peut-être dans cette classe d'appareils qu'il y a eu le plus de changements et d'essais en Belgique, et, cependant, on n'est pas encore parvenu à trouver un système qui soit complètement exempt de défauts sérieux. Il est vrai que le problème que les fabricants belges se sont posé est complexe ; il faut non-seulement condenser d'une manière efficace les vapeurs chlorhydriques qui se dégagent des fours à sulfate, mais encore les condenser à l'aide d'une quantité d'eau assez faible pour que la plus grande partie de la dissolution marque au moins 19 à 20° B, sinon l'acide chlorhydrique ne serait plus vendable. Or, il importe beaucoup de pouvoir en livrer le plus possible à la consommation, attendu que ce produit a maintenant un assez grand débit et les fabriques qui possèdent des appareils de condensation bien établis parviennent à faire, par la vente de l'acide chlorhydrique, une économie de 15 à 16 % net sur les frais de fabrication du sulfate de soude.

Les Anglais n'ont pas attaché jusqu'à présent une aussi grande importance à la condensation, dans une faible quantité d'eau, des vapeurs chlorhydriques qu'ils produisent et, comme les fabriques situées dans de grands centres de population, avaient seulement pour but de ne pas laisser s'échapper dans l'atmosphère des vapeurs acides qui eussent excité des plaintes, on se contentait de dissoudre dans d'énormes quantités d'eau les gaz sortant des fours à sulfate.

L'appareil employé à cet effet est fort simple et date de 1836, époque à laquelle il fut indiqué par M. W. Gossage. Il se compose de deux ou trois tours en grès, consolidées par des ancrages en fer ou en bois et dont les joints sont cimentés au brai. Ces tours sont pleines de coke qu'une pluie d'eau tient constamment humide. La première tour donne de l'acide assez concentré pour pouvoir être livré au commerce, mais l'acide formé dans les tours suivantes est trop faible et on le rejette, à moins qu'on n'en fasse repasser une partie, au lieu d'eau, sur la première tour. On emploie alors pour l'y élever l'appareil

de M. Robert Calvert Clapham, qui a été indiqué à propos de la condensation des gaz nitreux.

Les dimensions des tours de condensation sont naturellement variables d'après l'importance des fabriques, et leurs limites ordinaires sont de 6 à 15 mètres d'élévation, avec une section de 37 à 111 décimètres carrés. Quand la venue d'eau est suffisante sur ces appareils, on parvient à y condenser jusqu'à 98 % du gaz chlorhydrique qui les traverse, mais l'acide produit est, comme nous l'avons fait observer, dilué en majeure partie dans de très-grandes quantités d'eau.

En Belgique, on a aussi essayé d'employer le coke comme surface condensante et sa porosité semble le rendre très-propre à cet usage; mais malheureusement on a reconnu qu'il s'encrasse rapidement, ses pores se remplissant soit de poussier de charbon, soit de particules entraînées des fours. Il s'écrasse, en outre, à la longue, de sorte que les appareils s'obstruent et doivent être complètement vidés à des intervalles assez rapprochés, ce qui amène des interruptions préjudiciables à l'économie du travail. L'emploi du coke a été, par suite, généralement abandonné. Au surplus, la question de la condensation se présentant différemment aux fabricants anglais et aux fabricants belges, il n'est pas étonnant que ceux-ci aient employé, pour la résoudre, d'autres moyens que leurs concurrents.

L'appareil employé en Belgique se compose, le plus souvent, de trois petites tours, suivies d'une série de bombonnes placées sur plusieurs rangs, et enfin de trois tours semblables aux premières.

Les gaz acides arrivent dans la première tour (A), pl. V, qu'ils traversent en montant; puis ils descendent dans les deux tours ou colonnes (B) qui suivent et, de là, ils traversent la série de bombonnes (C), à l'extrémité de laquelle ils s'élèvent dans deux colonnes (D), où ils reçoivent une pluie d'eau. Ils se réunissent enfin dans la dernière colonne (E), où ils sont encore arrosés par de l'eau en quantité suffisante pour dissoudre les vapeurs chlorhydriques non condensées. L'eau qui tombe sur les deux colonnes D passe dans les bombonnes et s'écoule de l'une à l'autre de celles-ci en sens inverse de la marche des gaz, de

sorte que ceux-ci sont condensés presque entièrement avant d'arriver à la dernière colonne, où ils cessent de donner un produit commercial.

Les bombonnes sont reliées entre elles, pour la circulation des liquides, par des tubes en caoutchouc, placés à un tiers environ de la hauteur et les gaz acides, circulent d'une bombonne à l'autre à travers des tuyaux recourbés, en poterie, dont les branches verticales doivent être assez hautes, afin de permettre un refroidissement rapide du gaz chlorhydrique. La dissolution acide, qui se forme dans l'appareil, se rend dans des bombonnes spéciales qui servent de réservoir et d'où on la soutire dans les tourilles. Chaque bombonne est d'une contenance de 100 à 120 litres environ.

Les colonnes ont de 6 à 8 mètres de hauteur et 0^m,60 à 0^m,70 de diamètre intérieur. Elles sont formées de plusieurs tronçons, en poterie, de même pâte, à peu près, que les bombonnes. On y place, pour augmenter les surfaces de condensation, des sphères creuses, en grès céramique. Chaque four à sulfate a son appareil de condensation particulier. Ce système d'appareil donne de bons résultats, car il rend, en acide chlorhydrique à 19°, jusqu'à 120 % du sel décomposé, ce qui est très-beau (1); mais il a présenté de graves inconvénients à cause de la fragilité des colonnes en poterie qui reçoivent les gaz à leur sortie du four. La haute température à laquelle elles étaient portées, les rendait sujettes à se rompre au moindre refroidissement extérieur et il n'était pas rare de les voir éclater sous l'action d'un coup de vent et surtout de la moindre pluie, si elles étaient placées en plein air. On a essayé de les construire en grès naturel, comme en Angleterre, mais les frais que cette construction entraîne l'ont rendue d'un emploi très-rare jusqu'à présent.

Les constructions en briques ou en briques et poterie, essayées aussi, n'ont pas donné de bons résultats : elles ne refroidissent

(1) On sait que si toutes les vapeurs chlorhydriques pouvaient être condensées dans un volume d'eau donné, on pourrait obtenir de l'acide chlorhydrique à 19° B. dans la proportion de 206 % du sel; mais en pratique, on ne compte pas habituellement sur plus de 100 %.

pas assez les gaz, et la corrosion due aux acides les met rapidement hors de service.

On est parvenu à rendre la casse des colonnes en poterie un peu moins fréquente en mettant les premières parties au moins des appareils de condensation, à l'abri des intempéries. On a essayé aussi de refroidir les gaz les plus chauds, c'est-à-dire ceux qui s'échappent de la calcine, par une circulation dans des tuyaux en fonte ou simplement en terre réfractaire, placés sur le four. La fonte résiste assez longtemps à l'action des vapeurs chlorhydriques sèches et chaudes, mais les tuyaux s'obstruent rapidement par les poussières entraînées du four et leur emploi ne s'est pas propagé, quoiqu'on y eût ménagé des regards qui permettaient de les vider facilement sans les démonter et sans arrêter le travail.

Dans certains établissements du pays, on a monté les appareils de condensation d'une façon différente de celle que nous avons décrite: les gaz, après avoir traversé un tuyau en poterie placé dans une colonne de condensation arrosée d'eau, s'engagent dans une série de bombonnes, puis dans un canal en maçonnerie cimentée au brai et dans lequel l'eau, qui s'est déjà chargée d'acide dans les bombonnes, achève de se saturer. Après un circuit dans ce canal, les gaz acides rentrent dans une seconde série de bombonnes disposée à côté de la première et reposant, comme elle, sur le massif même qui renferme le canal maçonné.

Il serait impossible de décrire en détail toutes les dispositions adoptées dans les différentes fabriques pour la condensation des vapeurs chlorhydriques, car il faudrait, pour ainsi dire, autant de descriptions qu'il y a d'établissements, mais celles que nous venons d'indiquer sont les principales ou du moins présentent l'ensemble assez complet des dispositions spéciales adoptées, en tout ou en partie, dans la plupart des fabriques de produits chimiques.

Les fabriques anglaises n'ayant pas de débit suffisant de leur acide chlorhydrique, sont obligées de l'utiliser elles-mêmes autant que possible, en s'adjoignant des industries qui réclament l'emploi de cet acide; telles que la fabrication du chlo-

rure de chaux, chlorate de potasse, bi-carbonate de soude, chlorures divers, sel ammoniac, gélatine, etc., etc.; mais les fabriques belges n'ont pas intérêt à suivre cet exemple, puisque c'est à peine si certaines d'entre elles parviennent à condenser assez d'acide chlorhydrique pour répondre à la demande. Il pourrait arriver, cependant, que les besoins de certaines industries spéciales, qui réclament l'emploi d'un dérivé de l'acide chlorhydrique, devinssent assez importants pour que l'intérêt commun des fabricants et des consommateurs demandât l'érection, à côté des fabriques de produits chimiques, d'industries accessoires qui fourniraient des produits d'un transport moins onéreux que l'acide chlorhydrique. C'est une question que l'avenir éclaircira.

Nous devons maintenant jeter un coup-d'œil sur la qualité des sulfates obtenus par les deux méthodes de traitement que nous avons décrites.

M. Chandelon a publié un tableau d'analyses des sulfates anglais et belges où l'on trouve des chiffres intéressants. Sans nous occuper de toutes les matières étrangères qui souillent le sulfate de soude et qui dépendent beaucoup plus de la pureté du sel employé que du mode de travail (1), nous constaterons seulement les quantités de sel non décomposé et d'acide resté libre, que la marche plus ou moins bien soignée de l'opération a laissées dans le sulfate. La proportion d'acide libre est seulement de 1,442 % en Angleterre (moyenne), tandis qu'en Belgique, elle atteint ordinairement plus du double, soit 2,525 %, et cela doit être, puisque les Anglais emploient moins d'acide que nous pour décomposer une même quantité de sel, mais aussi, et pour la même cause, leur sulfate contient 1,662 % de sel non décomposé, tandis qu'en Belgique il est rare que la proportion de sel atteigne 0,14 %. Nous devons ajouter que l'auteur de ce mémoire a trouvé, comme moyenne de plus de 2,000 analyses faites par lui, ou sous sa direction, sur le sulfate d'un même éta-

(1) Nous supposons que, de part et d'autre, on emploie des cuvettes en fonte.

blissement, seulement de 0,07 à 0,08 % de sel non décomposé. Dans certaines fabriques, les employés proposés à la surveillance des fours à sulfate sont soumis à une amende, quand la quantité de sel atteint 0,09.

Comme dernière base de la comparaison entre l'Angleterre et la Belgique, en ce qui concerne le sulfate de soude, il ne reste plus qu'à établir les éléments du prix de revient de ce produit. Les points qu'il importe d'examiner ici sont, outre la main-d'œuvre, les *quantités* de matières consommées, attendu que la différence de leurs valeurs dans les deux pays entraîne forcément une différence très-grande entre les prix de revient, quels que soient les procédés de fabrication employés, ainsi que nous l'avons établi dans la première partie de ce travail.

La tableau qui va suivre indiquera, en même temps que le prix de revient du sulfate de soude, les éléments nécessaires pour établir séparément celui de l'acide sulfurique. Nous prenons, pour les chiffres qui concernent la fabrication anglaise, la moyenne de deux prix de revient indiqués par M. Chadelon (p. 205 et 206 de son rapport), tandis que nous extrayons les chiffres relatifs à la fabrication belge de tableaux de fabrication dressés, dans un des principaux établissements du pays, pour la période qui s'est écoulée entre le mois de juillet 1862 et le mois de décembre 1863. Nous négligeons les frais généraux, l'entretien du matériel, etc., parce que leur valeur dépend bien moins des procédés de fabrication que de la direction imprimée aux établissements et surtout de l'importance de la production, laquelle est réglée seulement par les influences commerciales.

PRIX DE REVIENT.

ANGLETERRE.				BELGIQUE.			
OBJETS.	QUANTITÉS EMPLOYÉES.	VALEUR PAR TONNE DE SULFATE % ₀₀	VALEUR PAR TONNE DE SULFATE	OBJETS.	QUANTITÉS EMPLOYÉES.	VALEUR % ₀₀	VALEUR PAR TONNE DE SULFATE
Pyrite (à 46 %) . . .	559 ^k ,75	43,10	24 ^r	Pyrite (à 35 %) . . .	975 ^k	25 ^r	24,37
Nitrate sodique . . .	32	344,82	10,93	Nitrate sodique. . .	28	37,50	10,50
Sel gemme	875,50	8,93	7,82	Sel gemme	805	28,50	22,94
Charbon	450	4,97	2,93	Charbon	650	10	6,50
Coke	100	13,55	1,95				
Main-d'œuvre			8,00	Main-d'œuvre			8,50
Acide sulfurique pour le nitrate	44,50	50	2,22	Acide sulfurique à 60° pour le nitrate	28	4,50	1,26
		Total,	56 ^r ,55			Total,	74 ^r ,07

Il faut retrancher de ces chiffres la valeur du sulfate de soude fourni par la décomposition du nitrate. La moitié environ de la consommation totale de charbon doit être imputée à la fabrication de l'acide sulfurique.

L'influence de la condensation de l'acide chlorhydrique n'est pas comprise dans ces prix de revient et nous manquons malheureusement de données suffisantes pour évaluer la proportion dans laquelle elle diminue les frais de fabrication du sulfate de soude en Angleterre ; mais nous pensons que le bénéfice retiré par les Anglais de la vente de l'acide chlorhydrique doit être bien petit, vu le faible débit relatif de ce produit dans les Iles Britanniques ; tandis qu'en Belgique, où l'on consomme à peu près toute la production, on compte que les frais de fabrication du sulfate de soude sont compensés dans la proportion de 15 % net, ou environ, par la vente de l'acide chlorhydrique, en supposant que l'on en retire 100 % du sel à degré vendable et que le prix de vente en soit de fr. 1,25 aux 100 kil. Les tableaux de prix de revient qui précèdent sont faits dans l'hypothèse que l'on brûle de la pyrite grosse en Angleterre et de la pyrite fine en Belgique, de sorte que les éléments de comparaison n'y sont pas exactement les mêmes ; mais les fabriques anglaises et belges sont le plus souvent dans ces conditions relatives et nous avons cru convenable d'établir les prix de revient pour l'allure de fabrication la plus ordinaire à chacun des deux pays.

L'examen des chiffres que nous venons de poser confirme les remarques que nous avons eu l'occasion de faire dans le cours de ce travail : nous consommons, pour une même production, plus de pyrite et de charbon que les Anglais ; c'est ainsi que pour produire une tonne de sulfate, nous brûlons 975 kil. de pyrite contenant ensemble 390 1/2 kil. de soufre, tandis que les 559 3/4 kil. de pyrite que brûlent les Anglais n'en contiennent que 277 1/2, soit une différence de 133 kil. Mais il faut tenir compte ici de l'influence qu'exerce la qualité de la pyrite brûlée ; car, en employant de la pyrite fine, on laisse habituellement 10 % de pyrite dans les résidus, même avec une fabrication bien soignée. Cela correspond à 39 kil. de soufre par

1000 kil. de sulfate, tandis que les Anglais n'en perdent que 5 à 6 kil. pour la même production, de sorte que la différence signalée plus haut se réduit à 100 kil. de soufre environ, ce qui, du reste, est encore beaucoup.

On peut remarquer aussi que nous brûlons 650 kil. de charbon, tandis que les Anglais n'en brûlent que 550 pour la même production, ce qui tient à l'heureuse disposition qu'ils ont adoptée pour leurs fours à sulfate. En revanche, ils consomment 70 kil. de sel gemme de plus que nous.

Presque toutes ces différences proviennent, à notre avis, de ce qu'il est libre aux fabricants anglais de faire, comme ils l'entendent, du sulfate aussi maigre qu'ils le veulent, tandis qu'en Belgique les prescriptions administratives obligent les fabricants à ne produire que du sulfate à faible teneur en sel et dans des appareils spéciaux qu'il serait fort difficile de modifier, même pour leur appliquer ce que les dispositions anglaises présentent d'avantageux. La fabrication de sulfates très-salés en Angleterre est un fait tellement avéré que le gouvernement belge a craint même, pendant un certain temps, qu'après son importation, on n'en retirât frauduleusement le sel, qui aurait été soustrait de la sorte aux énormes droits d'accise dont il est grevé.

C. — Fabrication du carbonate de soude (sel de soude).

Tout le monde sait à quelle époque et dans quelles circonstances la fabrication du carbonate de soude fut imaginée par l'illustre et malheureux Leblanc, et l'on sait aussi que cette invention avait été amenée, dès son principe, à un tel degré de perfection que l'on suit encore aujourd'hui les indications données par son auteur et publiées en 1794.

Cependant les savants ne se sont pas encore entendus sur la formule exacte des réactions qui se passent dans la transfor-

mation du sulfate de soude en carbonate (1). Les auteurs français (2) indiquent les réactions suivantes :

Le sulfate de soude, mis en présence du carbonate de chaux et du carbone à une haute température, se transforme en sulfure de sodium, qui cède ensuite son soufre à une partie du calcium existant à l'état d'oxyde, par suite de la décomposition du carbonate calcaire; le sulfure de calcium se combine à la chaux en excès pour former un oxy-sulfure insoluble dans l'eau froide et l'acide carbonique provenant de l'oxydation du carbone s'unit à l'oxyde de sodium en donnant naissance à du carbonate de soude. On admet qu'il faut deux équivalents de sulfate de soude, trois de carbonate calcaire et neuf de carbone pour que ces réactions soient complètes. La formule de l'oxy-sulfure de calcium qui se forme dans l'hypothèse des chimistes français serait alors : $2 \text{Ca S}, \text{Ca O}$. Ce composé étant insoluble dans l'eau froide, on comprend qu'il suffit de traiter par cet agent la soude brute formée pour en séparer le carbonate de soude qui en constitue la seule partie soluble.

La manière de voir des chimistes français est combattue depuis 1838 avec beaucoup d'énergie et un rare talent par M. William Gossage, à qui la fabrication des produits chimiques est redevable, en Angleterre, de nombreux perfectionnements. Ce savant industriel pense que le mono-sulfure de calcium (Ca S) n'est pas combiné dans la soude brute à la chaux caustique qui l'accompagne et qu'il ne forme avec elle qu'un simple mélange. Il se base, pour soutenir son opinion, sur les faits suivants :

(1) A l'époque où ce mémoire a été écrit, les expériences de M. Scheurer-Kestner n'étaient pas encore publiées. Elles ont paru dans la livraison de mars 1864 du *Bulletin de la Société chimique de Paris*. Plus complètes que les nôtres, elles sont peut-être de nature à modifier notre manière de voir. Nous ne changerons rien, toutefois, au présent mémoire, nous réservant d'étudier de plus près cette intéressante question, qui ne nous semble pas encore complètement élucidée par le travail que nous venons de citer.

(2) Sauf M. Dumas et ses adhérents.

1° Les marcs de soude, analysés à leur sortie des appareils de lessivage, ne renferment que du mono-sulfure de calcium et du carbonate de chaux, quand la soude brute a été bien faite (le carbonate de chaux se forme par la réaction de la chaux caustique sur le carbonate de soude). On remarque, en effet, que si on lessive de la soude brute de bonne qualité dans beaucoup d'eau, on peut obtenir la transformation totale de l'oxyde de calcium en carbonate de chaux, sans qu'il se forme de sulfure de sodium; ce qui ne manquerait pas d'arriver, dit M. Gossage, si, par suite de la décomposition du prétendu oxy-sulfure insoluble, du sulfure de calcium soluble se trouvait en présence du carbonate de soude. D'après M. Gossage, le mono-sulfure de calcium est complètement insoluble dans l'eau.

2° Il est possible de fabriquer de la soude de bonne qualité en n'employant qu'un équivalent de carbonate de chaux pour un de sulfate de soude, ce qui serait impossible si la présence d'un composé d'oxyde et de sulfure de calcium était nécessaire. L'excès de chaux employé ordinairement n'est utile que pour augmenter les points de contact et éviter la formation d'un poly-sulfure de calcium soluble.

3° Enfin, si l'on traite de la soude brute par de l'alcool, il ne se forme pas de soude caustique, tandis qu'il s'en forme toujours dans les lessivages à l'eau.

Nous ne nous sentons certainement pas de force à discuter avec un savant de l'importance de M. Gossage; aussi n'avancerons-nous que timidement quelques remarques, basées sur des faits que nous avons eu l'occasion d'observer et qui nous paraissent de nature à affaiblir l'importance de ceux sur lesquels s'appuie l'opinion de M. Gossage. Ainsi il nous paraît difficile d'expliquer, dans l'hypothèse du savant anglais, l'action que la température exerce sur les résultats du lessivage. En supposant insoluble le mono-sulfure de calcium, comment pourrait-il être si désavantageux pour la qualité des lessives d'élever au-delà de certaines limites la température du lessivage, puisque la chaux caustique est moins soluble à chaud qu'à froid. Or, la pratique prouve qu'il est impossible de fabriquer du sel de soude de bonne qualité, même avec de l'excellente soude brute,

quand on dépasse, au lessivoir, un certain degré de température, surtout après que la soude a été soumise pendant un certain temps à l'action de l'eau ; et toutes les personnes, qui ont observé avec quelque attention la marche d'un lessivoir, ont pu s'assurer que la formation de sulfure de sodium, de soude caustique et par conséquent de carbonate de chaux est d'autant plus grande que la température du lessivage et sa durée ont été plus fortes. L'importance de la durée du lessivage s'apprécie aisément par une expérience fort simple et que tout le monde peut faire. Si l'on met en digestion de la soude brute dans de l'eau, même chaude (60° par exemple), et qu'on en soutire les lessives qui se forment peu de temps après que la soude a été mise en contact avec l'eau, on peut s'assurer, par un réactif approprié, que les lessives ainsi obtenues ne contiennent que très-peu de sulfure de sodium ; mais si la même soude brute est laissée en contact avec de l'eau, même froide, pendant une douzaine d'heures, une égale quantité de lessive, à la même densité que celle employée pour l'expérience précédente, contiendra une proportion de sulfure trois ou quatre fois plus forte, d'autant plus forte que le contact de la soude avec l'eau aura été plus prolongé.

Ne pourrait-on pas conclure de ces faits que le composé, insoluble à froid, formé entre l'oxyde et le sulfure de calcium existe réellement, mais qu'il se décompose au bout d'un certain temps (1), en présence de l'eau par une influence de contact, de sorte que son insolubilité serait réelle dans les premiers temps du lessivage, mais qu'ensuite ses deux éléments (car nous ne pouvons admettre la complète indissolubilité du mono-sulfure de calcium, du moins dans l'eau chaude) venant à se séparer, décomposeraient partiellement le carbonate de soude et en transformerait une partie en soude caustique et en sulfure de sodium ? Cette hypothèse expliquerait les faits qui servent de base à l'argumentation de M. W. Gossage, ainsi que nous allons le voir, en même temps qu'elle ferait comprendre les

(1) De 12 à 24 heures probablement.

effets désastreux pour la fabrication, d'un lessivage fait à trop haute température ou avec trop de lenteur. Les faits signalés par M. Gossage s'expliqueraient facilement comme suit :

1^o Les marcs de soude sont formés d'un mélange de mono-sulfure de calcium et de chaux carbonatée, attendu que la décomposition de l'oxy-sulfure n'étant pas instantanée, mais se faisant seulement après un certain temps, le lessivage est ordinairement terminé avant que le sulfure de calcium, qui est très-peu soluble, ait eu le temps d'être complètement décomposé, tandis que la chaux, à cause de son affinité pour l'acide carbonique, aidée de sa solubilité plus grande, s'est déjà transformée en carbonate de chaux en présence du carbonate alcalin.

2^o La faible solubilité du mono-sulfure de calcium permet de lessiver un mélange de ce corps avec du carbonate de soude sans qu'une partie notable de ce dernier soit transformée en sulfure ; mais cela ne peut réussir qu'avec un lessivage rapide, et M. Gossage avoue lui-même qu'il vaut mieux employer, pour faire la soude brute, une proportion de chaux plus forte que celle qui produirait le simple mélange que nous venons d'indiquer.

3^o Enfin, le lessivage de la soude brute dans l'alcool peut fort bien ne pas donner de soude caustique, non-seulement à cause de l'insolubilité de la chaux dans ce dissolvant, mais aussi parce que l'alcool ne décompose peut-être pas l'oxysulfure calcique que nous supposons exister dans la soude brute (1).

Nous avons tenu à présenter ces quelques observations, non pas à cause de l'importance scientifique que nous leur supposions, mais parce qu'elles peuvent servir à expliquer bien des faits dans l'examen que nous allons entreprendre des procédés de fabrication anglais et belges.

La fabrication de la soude brute ne se fait plus, depuis bien des années déjà, dans les grands fours qui avaient été employés d'abord à cet usage et l'on ne construit plus actuelle-

(1) Ce qui s'expliquerait par l'affinité de la chaux anhydre pour l'eau et son indifférence chimique pour l'alcool.

ment que des fours dont la sole présente environ 10 mètres carrés de surface et même moins. L'avantage bien connu de ces fours sur ceux dont la sole avait jusqu'à 24 mètres carrés de surface, est que l'on n'a pas à craindre, comme dans ces derniers, un échauffement inégal des différentes parties du four, occasionnant un manque d'homogénéité dans le produit; en outre, les ouvriers n'ont pas à manier les outils excessivement lourds que comportaient les grands fours et il en résulte, avec moins de fatigue dans le travail, une économie proportionnelle dans la main-d'œuvre. Le seul inconvénient des fours actuels provient de ce que leur longueur est trop faible pour que le combustible soit complètement utilisé; mais on y a obvié très-heureusement, en Angleterre comme en Belgique, en utilisant pour l'évaporation des lessives la chaleur perdue des fours à soude, ainsi que nous aurons l'occasion de le voir plus loin.

Si la grandeur des fours à soude est à peu près la même en Belgique et en Angleterre, on doit dire que l'opération qui s'y exécute diffère sensiblement, quant aux détails, dans les deux pays. En Belgique, la sole est généralement tout unie et l'on enfourne à la fois, mais sur deux de ses points, le mélange de matières qui doit faire l'objet d'une opération. Nous pouvons citer les chiffres suivants comme étant ceux d'un mélange employé avec succès dans une fabrique belge dont les fours à soude ont une très-bonne marche; on enfourne à la fois 400 kil. de sulfate de soude, 440 kil. de calcaire broyé et 200 kil. de charbon menu assez gras. L'opération dure 3 heures environ et l'on peut, par conséquent, en faire huit par 24 heures à chaque four; mais on trouve ordinairement avantageux de n'en faire que sept. Le poids total des matières enfournées par 24 heures est donc compris entre 7,280 et 8,320 kilogrammes. Le four est à deux portes de travail et deux brigades de deux ouvriers chacune suffisent pour le desservir.

A mesure que le mélange se ramollit sous l'action du feu, on l'éloigne du foyer et l'on remue la matière, en se servant alternativement d'un râble et d'une pince ou d'une spatule. On défourne par la porte la plus éloignée du feu, en attirant la soude

formée dans un chariot en tôle où on la travaille à l'aide d'un petit ringard.

Dans le rapport de M. Chadelon, on trouve le dessin et la description de deux systèmes de fours à soude anglais dans lesquels l'opération se conduit tout autrement qu'en Belgique; dans le Lancastre, les fours, disposés extérieurement comme chez nous, ont la sole divisée en deux parties de niveaux différents (voir pl. VI, fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6) A foyer — B sole du four — C sole de chauffe. Une porte de travail donne accès à chaque sole. L'opération se fait en deux fois : la partie supérieure de la sole (C) reçoit le mélange de matières, mélange formé de 152^k,3 de sulfate, 158^k,7 de calcaire en fragments de 2 à 3 centimètres de côté et 92 k. de houille. Après un peu moins d'une heure de séjour sur le gradin C, le mélange est attiré sur la sole de fusion B où la chaleur ne tarde pas à le ramollir. Pour éviter qu'une fusion prolongée ne rende la soude trop compacte et d'un lessivage difficile, l'ouvrier veille à ce que la fusion, une fois commencée, soit complète en 10 minutes. Comme la sole supérieure, ou sole de chauffe, est rechargée aussitôt que le mélange est amené en B, on peut faire, dans un tel four, treize cuites par jour, représentant un poids total de matières traitées de 5,239 kil., soit, par 24 heures, 10,478 kil., ce qui est supérieur de 20 à 25 % au travail des fours belges que nous avons décrits; mais aussi le travail au four du Lancastre est beaucoup plus rude et la main-d'œuvre doit y être, à cause de cela, comparativement plus chère. Le mélange renferme aussi beaucoup plus de charbon, proportion gardée, qu'en Belgique, de sorte qu'il contient, en réalité, moins de matière utile.

Cependant le travail anglais est probablement avantageux. On a essayé un travail analogue en Belgique, mais sans succès, attendu que la sole de chauffe devenait trop chaude; le sulfate contenu dans le mélange se liquéfiait et coulait sur la sole inférieure, altérant ainsi les proportions que doivent garder entre elles les différentes matières qui prennent part aux réactions.

Cet inconvénient ne pourrait se produire en conduisant l'opération comme on le fait dans la fabrique de MM. J. E. Stevenson et J. Williamson, à South Shields (Newcastle), où, pour éviter

que du sodium réduit puisse se volatiliser (1), on enfourne le sulfate après que le charbon et le calcaire ont séjourné pendant une heure sur la sole de chauffe. Le mélange dont on fait usage se compose de 139^k,7 de calcaire ou craie sèche et 50^k,8 de houille menue.

On y ajoute au moment des réactions, quand le calcaire s'est transformé en chaux caustique, 139^k,7 de sulfate, mêlé à 38 kil. de houille menue.

Il paraît que la soude provenant de ce travail contient moins de cyanures que la soude brute ordinaire.

Le défournement de la soude brute fabriquée au four à réverbère s'opère souvent en Angleterre, en l'attirant simplement sur un lit d'escarbille où elle s'étale en couche assez mince et se refroidit par conséquent plus rapidement que dans les chariots. Parfois même, pour hâter ce refroidissement, on défourne sur de la soude d'une opération précédente, mise en fragments, et l'on mélange ceux-ci à la soude pâteuse qui sort du four. Le but de ces modes de défournement est d'empêcher la soude brute, arrivée à un point de réaction convenable, d'être partiellement décomposée par le charbon non brûlé qu'elle pourrait contenir et qui transformerait en soude caustique une partie du carbonate de soude, en même temps qu'il pourrait peut-être donner naissance à des cyanures. Le refroidissement empêche ces altérations, mais les systèmes de défournement que nous venons d'indiquer sont extrêmement pénibles pour les ouvriers, qu'ils exposent à une chaleur presque intolérable.

Un système de four tout différent de ceux que nous venons de voir est employé par la Jarrow-Chemical-Company, à South-Schild. Ce four, pour lequel un brevet a été pris en 1853 par MM. G. Elliot et W. Russel, se compose d'un cylindre, animé d'un mouvement de rotation et dans lequel se placent les matières à traiter. Ce four est représenté (fig. 1 à 4, pl. VII) à l'échelle de $\frac{2}{100}$ ou 2 centimètres par mètre. Voici la légende explicative de la planche, d'après M. Chandelon :

(1) Ce qui arrive, d'après M. Stromeyer, quand la cuite se fait à une température élevée.

- » A, cylindre formé de douves (a) en fonte et revêtu intérieure-
- » ment de briques réfractaires B ;
- » C C, rails circulaires roulant sur les molettes D D. Celles-ci
- » commandent la rotation et reçoivent leur mouvement de
- » l'arbre E ;
- » F, foyer. La flamme entre dans le four par H, en sort par I
- » et se rend, soit à un four à évaporer, soit au canal J ;
- » K, ouverture pour admettre l'air ;
- » L, ouverture pour la surveillance de l'opération ;
- » M, trémie ;
- » N, ouverture de chargement fermée par le tampon O ;
- » P P, ouvertures fermées par les portes Q Q ;
- » R, pièces fixées au revêtement B pour mélanger les matières
- » pendant la rotation du four, »

Le travail, dans cet appareil, se fait de la manière suivante : on introduit dans le cylindre, porté à la température du rouge, 762 kil. de craie sèche et 381 kil. de charbon menu et l'on donne ensuite le mouvement au cylindre, de façon à lui faire faire cinq révolutions par heure. Après une heure, on ajoute aux matières contenues dans le cylindre 762 kil. de sulfate et 141¹/₂ de charbon menu, puis on laisse tourner le cylindre avec la même vitesse pendant une demi-heure. Les réactions commencent alors avec la fusion des matières en présence et l'on donne au cylindre une vitesse de 45 tours à l'heure. Une demi-heure après l'opération est terminée et l'on fait tomber la soude brute formée dans des récipients en fer, au-dessus desquels les ouvertures de défournement viennent se placer. Les frais de fabrication de la soude brute, y compris le charriage et le chargement des matières premières, ne s'élèvent avec ce système qu'à fr. 2-60 par tonne.

Les chiffres cités plus haut montrent que l'on peut traiter avec ce four 24,552 kil. de matières en 24 heures, c'est-à-dire deux fois et demie à trois fois plus que dans les fours ordinaires. Il paraît que le rendement en soude brute est, en outre, plus fort, proportionnellement à la quantité de matières traitées et que le produit est de meilleure qualité. On comprend, en effet, que le mouvement régulier du cylindre doit donner à la

soude une homogénéité qui ne pourrait être obtenue dans les autres systèmes. En outre, le cylindre reste toujours plein de gaz réducteurs, l'air n'y ayant pas d'accès. On reproche à ce four d'être trop sujet aux accidents à cause de sa complication et aussi de ne pas permettre une surveillance suivie de l'opération. Un tel four serait peu à conseiller pour les usines belges, dont aucune n'est montée sur un assez grand pied pour produire les fortes quantités de soude que l'on fabriquerait avec cet appareil. Il arriverait ainsi qu'un seul de ces fours étant plus que suffisant pour les besoins de la fabrication, on serait à chaque instant obligé d'arrêter tout une usine par suite des accidents qui arrivent, dit-on, si fréquemment à ce système.

En supposant qu'un tel four soit trop fort pour une fabrication ordinaire, on ne pourrait profiter de son excès de production dans les moments de bonne marche pour parer aux éventualités de retard causés par des accidents, attendu que la soude brute n'est pas une matière dont on puisse faire de grands approvisionnements. Il va de soi que construire deux fours aussi coûteux, pour n'en laisser marcher qu'un seul à la fois, serait une cause de frais permanente par suite du chômage d'un matériel de grande valeur, et nous croyons que, pour ceci comme pour plusieurs autres procédés du même genre, le plus sage est, pour les industriels de notre pays, d'admirer ce que font les Anglais, mais de ne pas trop se hâter de les imiter.

La fabrication du sel de soude repose nécessairement sur la fabrication de la soude brute, que nous venons d'esquisser rapidement; mais nous croyons que, pour obtenir des produits de bonne qualité en même temps qu'un rendement élevé, il est tout aussi important de procéder avec les plus grandes précautions au lessivage de la soude brute — c'est-à-dire à la séparation du carbonate de soude d'avec les matières stériles qui l'accompagnent — qu'à sa fabrication même; car un lessivage mal conduit détruit nécessairement du carbonate de soude, en le transformant en soude caustique et sulfure de sodium qui régénère ensuite du sulfate de soude par le grillage, et ces transformations se font dans des proportions parfois beaucoup plus fortes que les pertes qu'occasionnerait un mauvais travail au four

à soude. De plus, si le lessivage n'est pas complet, une assez grande quantité de sel de soude existant dans la soude brute est entièrement perdue avec les marcs de soude. Aussi, la plus grande partie de l'écart, parfois considérable, que l'on remarque dans toutes les fabriques entre le degré alcalimétrique de la soude brute et le rendement en sel, doit-il être attribué aux pertes faites dans le lessivage.

A ce propos, nous ferons remarquer que les évaluations en degré Descroisilles, telles qu'elles se font en Belgique, sont de nature à induire les fabricants en erreur au sujet des pertes faites dans le cours de la fabrication. C'est ainsi que l'on dit habituellement dans les fabriques : la soude brute a rendu (par exemple) 37 % de sel de soude; elle avait 40° alcalimétriques, l'écart est donc de 3 %. Or, la perte faite dans l'hypothèse que nous citons est, non pas de 3 %, mais de 4,95, comme il est facile de le calculer en se rappelant que les évaluations de rendement se font, dans les fabriques, en ramenant le sel produit à 90° Descroisilles, tandis que le degré de la soude brute indique ce qu'elle contient de sel pur, c'est-à-dire à 94°,5 Descroisilles (1). En outre, la perte devrait être comptée, non pas sur la soude brute formée, mais sur le sel qu'elle contenait, et l'on voit alors qu'un rendement de 37 % de la soude brute — celle-ci ayant 40° — constitue une perte de plus de 13 % du sel *fabriqué*. Certes, il est impossible d'éviter complètement toute perte dans le cours d'une fabrication aussi longue que celle qui nous occupe, mais nous croyons qu'il est très-possible d'en diminuer l'importance dans une très-forte proportion en apportant au lessivage plus de soin qu'on ne le fait généralement. Nous allons, du reste,

(1) Le véritable degré Descroisilles que doit donner du carbonate de soude pur est 92°,49; mais la liqueur alcalimétrique se faisant souvent, dans les fabriques, en abaissant simplement par l'eau la densité de l'acide sulfurique au point de lui faire marquer 8°,3/4 Beaumé (8°,78), et l'acide ordinaire ayant une densité toujours plus forte que la sienne propre, à cause des matières étrangères qu'il contient, la liqueur ainsi formée est trop faible et l'on en est venu à considérer comme exacte une liqueur donnant 94°,5 pour du carbonate de soude pur.

examiner cette question de plus près, en étudiant les différents systèmes de lessivoirs employés en Belgique et en Angleterre.

Tout mode de lessivage, pour être satisfaisant, doit remplir certaines conditions indispensables dont la première est, sans doute, l'efficacité, et il est clair qu'un procédé économique, sous le rapport du matériel et de la main-d'œuvre, ne devrait pas cependant être adopté, si l'on ne pouvait, en l'employant, retirer la presque totalité de la matière utile contenue dans la soude brute. Mais cette efficacité elle-même ne pourrait être atteinte par tous les moyens indifféremment, et l'on ne devrait pas songer, par exemple, à extraire de la soude brute tout le carbonate de soude qu'elle contient en la traitant par de l'eau portée à une température très-élevée : car une forte chaleur produit, dans les dissolutions faites sur de la soude brute, un effet désastreux dont nous avons déjà parlé.

Nous avons vu que le lessivage doit être fait aussi rapidement que possible, si l'on veut éviter la formation, dans les lessives, d'une certaine quantité de soude caustique et de sulfure de sodium. Cette condition de rapidité est tellement importante, quelle que soit d'ailleurs l'hypothèse qui serve à l'expliquer, que nous avons vu un établissement où, pendant quelque temps, on ne pouvait plus fabriquer du sel de soude à 90°, uniquement parce qu'on laissait séjourner trop longtemps la soude brute dans les lessivoirs pour éviter une imperfection imaginaire du lessivage, et la fabrication est redevenue excellente dès que celui-ci a été rendu plus rapide par une alimentation suffisante en soude brute de l'appareil employé.

D'un autre côté, il est évident que la rapidité et l'efficacité du lessivage dépendent, avant tout, de la quantité d'eau mise en contact avec la soude brute, et, comme on ne peut augmenter au-delà de limites restreintes la *capacité dissolvante* de l'eau en élevant sa température, il faut bien en conclure qu'un bon lessivage ne pourra se faire que dans des quantités d'eau assez fortes; c'est-à-dire que l'on ne devra pas chercher à obtenir, avant tout, des lessives saturées de sel de soude, mais qu'il sera presque toujours avantageux de les faire sortir du lessivoir à un degré inférieur à celui qui correspond à la saturation,

fût-ce même au détriment de l'économie à apporter dans les frais d'évaporation. Il y a là toutefois un juste milieu assez difficile à tenir entre l'augmentation exagérée des frais d'évaporation que demanderaient des lessives faibles et l'imperfection du lessivage qui résulterait de la production de seules lessives concentrées. Nous croyons que, dans les conditions ordinaires de fabrication, il serait avantageux de soutirer du lessivoir les lessives qui ont atteint de 22° à 25° Beaumé (degré inférieur à celui qui est admis dans la plupart des fabriques). Les lessives concentrées ont, du reste, l'inconvénient de se décanter très difficilement, et il y a, sous ce rapport, une grande différence entre des lessives à 25° et à 30° B.

On peut dire encore, *à priori*, qu'un système de lessivoir sera avantageux au point de vue économique, si sa capacité est occupée par une quantité proportionnellement forte de soude brute, attendu que l'eau circulant sans frais dans l'appareil, il n'est pas nécessaire qu'elle y occupe un grand espace, tandis que le travail de l'appareil croît en proportion de la quantité de soude qu'il contient. Les parties d'eau qui se sont chargées de soude sont toujours soutirées et en quantité d'autant plus grande qu'il y a plus de soude brute dans l'appareil, puisque la saturation de l'eau est d'autant plus rapide.

Il en résulte que, pour une même quantité de soude brute, il circule toujours dans le lessivoir une quantité constante de liquide, ce qui doit être; la *rapidité* seule de la circulation croît en raison inverse de l'espace que l'eau occupe dans l'appareil et elle peut être augmentée sans inconvénient dans de très grandes proportions. Aussi les appareils de lessivage peuvent-ils suffire souvent à des productions qui semblent exagérées au premier abord, mais dont on se rend compte facilement quand on comprend que, plus ils reçoivent de soude brute, plus est rapide l'évacuation des lessives et, par conséquent, l'arrivée de l'eau qui doit les remplacer. Il est toujours bon — et nous ne pouvons trop insister sur ce point — de faire faire aux appareils de lessivage le plus grand travail possible, pour éviter les longs contacts de la soude avec l'eau; contact que nous croyons fermement devoir être le plus court possible, si l'on veut éviter de graves mécomptes.

Une raison secondaire de l'utilité qu'il y a de faire produire à chaque appareil tout ce qu'il peut donner, c'est que l'on évite ainsi les frais de matériel, comme aussi les pertes de chaleur par rayonnement qui ne manquent pas de se produire quand de grandes masses de lessives, en voie de fabrication, circulent lentement dans des appareils multipliés.

Le lessivoir qui, jusqu'à ces dernières années, était généralement employé en Belgique est très-connu sous le nom d'appareil de Clément. Il se compose d'une série de caisses disposées en gradins sur une ligne, au nombre de 12 à 14, et dans lesquelles plongent des paniers en tôle perforée contenant la soude brute.

Chaque panier reçoit environ 200 kil. de soude concassée en morceaux de la grosseur du poing environ et chaque caisse reçoit cinq paniers. L'eau arrive à la caisse la plus élevée et s'écoule en trop-plein d'une caisse à l'autre, jusqu'à la caisse inférieure, en se chargeant de plus en plus de sel de soude.

La matière placée dans la caisse supérieure est rejetée dès qu'elle est dépouillée de sa partie utile, et elle prend, à partir de ce moment, le nom de *marcs de soude*. Les paniers contenus dans les caisses inférieures sont successivement transportés dans la caisse qui suit en allant de bas en haut et l'on place de la soude fraîche dans les paniers de la caisse du bas.

Ces manœuvres, beaucoup plus longues encore à faire qu'à expliquer, sont effectuées à l'aide d'un cabestan mobile, placé sur rails à une certaine hauteur au-dessus du lessivoir. Il faut au moins trois hommes pour effectuer ce travail et la quantité de soude brute lessivée dans cet appareil, par 24 heures, n'est pas supérieure à 3 ou 4 mille kilogrammes. Ce lessivoir présente le défaut signalé plus haut de mettre dans chaque caisse la soude en présence d'un excès d'eau, de sorte que l'on fait peu de besogne, quoique le lessivoir ait une grande capacité. Toutefois, l'efficacité du lessivage est satisfaisante et l'on peut obtenir avec ce système des lessives de bonne qualité; mais les frais qu'il entraîne en matériel, en main-d'œuvre et même en combustible (employé à fournir la vapeur nécessaire pour maintenir constante la température des lessives) ont fait con-

damner cet appareil depuis longtemps, au moins en principe. Ce n'est, toutefois, que depuis la fin de l'année 1862 que de grands établissements belges ont supprimé le lessivoir de Clément pour le remplacer par un autre appareil plus simple, et qui a donné les résultats les plus avantageux (1). Cet appareil, dans lequel on a cherché à éviter les principaux défauts du lessivoir précédent, se compose d'une série de caisses placées sur un même plan, de sorte que la circulation de l'eau se produit par suite de la faible différence de niveau qui s'établit entre les liquides contenus dans les différentes caisses, quand on soutire les lessives qui ont atteint une densité convenable.

Pour éviter les frais de main-d'œuvre et de matériel que nécessite le transport de la soude brute, d'une caisse à l'autre, on laisse la matière solide en place, mais on change successivement les points d'arrivée de l'eau et de sortie des lessives.

Pour bien comprendre cet appareil, on peut le supposer placé en cercle, de façon que l'eau pure arrivant sur l'une des caisses (que nous nommerons *a*) soit obligée de circuler dans tout l'appareil, de gauche à droite, par exemple, avant d'arriver, chargée de sel de soude, à la caisse placée immédiatement à gauche de *a*. La soude brute contenue dans celle-ci étant épuisée, on fait arriver l'eau claire sur la caisse placée à sa droite, on vide la caisse *a* et on la remplit de soude fraîche. L'eau n'y arrive plus alors qu'après avoir traversé toutes les autres caisses, de sorte qu'elle rencontre en dernier lieu la soude la plus riche, comme cela doit se faire dans tout lessivage méthodique. La disposition en cercle de l'appareil ne pouvant être adoptée en pratique par suite de l'espace trop grand qu'elle occuperait, on place les diverses caisses qui forment le lessivoir sur une même ligne, mais les caisses extrêmes sont reliées par

(1) Dans l'une des fabriques où ce lessivoir a été établi, on s'est trouvé, au moins pendant quelque temps, dans l'impossibilité de lui faire prendre une bonne marche; mais cet échec ne peut venir que d'un défaut quelconque dans la construction de l'appareil, car l'auteur de ce mémoire est, depuis longtemps, le témoin continuel des résultats excellents qu'il fournit.

un long tuyau. La planche 16 montre la disposition d'un appareil de ce genre.

AA sont des caisses en tôle épaisse placées, au nombre de 12, sur des piliers en maçonnerie qui en assurent l'horizontalité. Le nombre des caisses doit être en rapport avec la quantité de soude à lessiver et peut aller jusque 12 ou 14, mais il serait désavantageux d'aller au-delà. Chaque caisse a 1^m,88 de côté et 1^m,20 de profondeur.

A 0^m,15 au-dessus du fond sont des doubles-fonds (BB), en tôle perforée, supportés par des traverses en fer. On place sur les doubles-fonds les pains de soude cassés seulement en six ou sept morceaux, de sorte que les frais de cassage, assez élevés dans le lessivoir de Clément, sont ici réduits à très-peu de chose. Chaque caisse reçoit de 1800 à 2000 kil. de soude.

L'eau pure est amenée par un tuyau C, portant au-dessus de chaque caisse une tubulure que l'on peut fermer par un tampon en bois (1). La circulation du liquide entre les caisses se fait par les tuyaux DD qui sont ouverts à l'extrémité supérieure et munis de deux tubulures : l'une qui prend sous le double fond d'une caisse et, l'autre, à mi-hauteur de la caisse suivante (2). Ces tuyaux changent de diamètre et s'élargissent entre les deux tubulures, présentant ainsi un espace conique qui se ferme aisément par un tampon en bois que l'on introduit par le haut et que l'on prend assez long pour qu'il soit saillant de 15 à 20 centimètres au-dessus de l'orifice supérieur. Les lessives bonnes à prendre s'écoulent par le caniveau G qui les reçoit d'un siphon à robinet que l'on peut transporter d'une caisse à l'autre

(1) On emploie les tampons coniques, en bois, comme moyen de fermeture, de préférence aux robinets en fonte, qui sont coûteux et ne sont presque jamais assez exacts pour ne laisser aucune fuite aux liquides. Le cuivre ne peut être employé en présence des lessives.

(2) On la place à mi-hauteur pour que la communication entre les caisses soit toujours possible, même si, par suite d'un arrêt, par exemple, il se formait dans une des caisses des lessives notablement plus denses que dans la précédente et dont une faible colonne suffirait à équilibrer une colonne d'eau relativement assez élevée.

à mesure des besoins. Cette disposition est plus économique et plus sûre que les robinets placés à chaque caisse ; seulement, comme il est bon de prendre toujours le fond des lessives, afin d'en soutirer constamment la partie la plus dense et, par conséquent, la plus concentrée, on a placé dans chaque caisse un petit cylindre en tôle H qui traverse le double fond et dans lequel on place le syphon. Quand on doit vider une caisse dont la soude est épuisée, on fait écouler les lessives faibles qu'elle contient, aussi à l'aide d'un syphon, et l'on conduit ces lessives dans une caisse E, d'où une pompe les remonte dans la caisse F. De là, par le même tuyau G, qui sert à amener l'eau pure, elles peuvent retourner dans une caisse quelconque du lessivoir. On a soin de ne jamais les faire passer sur de la soude presque épuisée, sans les faire suivre d'un courant d'eau pure qui se charge des dernières parties de la matière utile. L'eau arrive au lessivoir à une température de 30° et cette température est maintenue constante à l'aide d'injections de vapeur données sous le double fond par des tuyaux étirés en fer, qui partent tous d'une même conduite générale placée au-dessus du lessivoir et que la figure n'indique pas. En Allemagne, d'où ce lessivoir est originaire, on préfère ne pas chauffer l'eau claire au-dessus de 15° cent. ; mais on chauffe les caisses qui contiennent la soude fraîche jusqu'à 50 et 60 degrés cent. On prétend — et nous ne sommes pas éloigné de partager cette manière de voir — que cette haute température des caisses fraîchement chargées nuit moins à la qualité des lessives que ne le ferait 30° de chaleur dans des caisses contenant de la soude qui a déjà subi pendant un jour ou deux l'action de l'eau. Dans les deux systèmes, du reste, on peut obtenir un lessivage bien complet. Cet appareil permet de lessiver de 9 à 10,000 kil. de soude brute par jour, en ne travaillant pas la nuit, et l'on arrive, au besoin, à lessiver une moitié ou un tiers en plus quand l'opération est continuée nuit et jour ; de sorte qu'un tel lessivoir, avec un matériel notablement moindre que l'appareil de Clément, peut faire quatre à cinq fois plus de besogne, à moins de frais, ainsi que nous l'établirons en évaluant ce que coûte le lessivage dans chaque système.

On profite de ce que le lessivoir que nous venons de décrire est horizontal, pour établir le long des caisses qui le forment le prolongement du chemin de fer qui sert à transporter les marcs de soude, de sorte que ceux-ci peuvent être chargés directement dans les wagons lors de la vidange des caisses, ce qui était impossible dans l'ancien système.

Un Anglais, M. Shanks, pénétré des idées qui ont présidé à l'invention du lessivoir précédent, a imaginé un appareil analogue, qui s'est de suite généralisé en Angleterre et dans lequel on a poussé jusqu'aux dernières limites la mise en pratique des considérations que nous avons présentées plus haut. Dans le lessivoir de M. Shanks c'est encore l'eau qui circule, tandis que la soude brute reste fixe; mais les caisses employées, au lieu d'avoir une capacité de 4 1/4 mètres, en jaugent 9 1/2, de sorte que, pour un même travail à effectuer, il faut un moins grand nombre de caisses et la soude brute séjourne moins longtemps dans l'eau; mais il est peut-être à craindre que la température ne s'y élève parfois au point de devenir nuisible à la qualité des lessives, à cause de la grande masse de soude brute qui est mise à la fois en contact avec de faibles quantités d'eau. On sait que la soude fraîche, mise dans l'eau, développe une chaleur considérable. Quoi qu'il en soit, ce lessivoir est d'un emploi très-économique. Nous empruntons au rapport de M. Chandelon la description de cet appareil, représenté planche 17.

« Le lessivoir de M. Shanks se compose ordinairement d'une, »
» deux ou trois séries de quatre cuves en fonte, rangées sur un »
» même plan. Il y a, en outre, toujours une cuve en vidange »
» et une en chargement. Les cuves que j'ai vues chez »
» MM. Hutchinson et Earle, à Widnes Docks, près Warrington, »
» mesurent 1^m,73 de hauteur, 2^m,42 de largeur, 2^m,64 de lon- »
» gueur et portent, à 10 centimètres à peu près du fond, un »
» faux fond de tôle perforée, soutenu par une grille assez solide »
» pour résister au poids de la charge. C'est sur ce faux-fond »
» que l'on amoncelle les pains de soude, divisés en gros frag- »
» ments par quelques coups de merlin.

» Le tuyau B, placé au-dessus de la rangée des cuves, y

» amène, par les robinets C C C, l'eau tiède nécessaire au lessivage ; chaque cuve est munie de deux tuyaux en fonte, A, B, » ouverts à leurs extrémités : le premier sert à l'écoulement des » lessives concentrées que reçoit un caniveau c ; l'autre, B, » porte, aux deux tiers de sa hauteur, une tubulure latérale de » même diamètre, qui traverse la paroi de la cuve voisine pour » y amener les eaux du lessivage. La tubulure du tuyau de la » dernière cuve se prolonge contre la devanture du lessivoir, » pour relier cette cuve à la première. On règle et on arrête la » marche des liquides au moyen d'un tampon qu'on introduit » par l'orifice supérieur du tuyau B, au-dessous de la tubulure » latérale ; il y a, en outre, à chaque cuve, en dessous du faux » fond, un robinet de vidange servant à l'écoulement des eaux » faibles quand on veut retirer le marc de soude.

» L'appareil de M. Shanks, qui donne un lessivage parfait, » réalise une grande économie de main-d'œuvre, qu'on peut » apprécier par les détails ci-après se rapportant à un travail de » 1400 pains par semaine, pesant chacun 254 kil., soit 355,600 » kil. de soude brute.

» Main-d'œuvre au lessivoir :

» Deux ouvriers à fr. 3-75.	fr. 52-50
» Deux apprentis à » 2-14.	» 30 00
» Chargement et déchargement des cuves, mise en wagon des marcs de soude.	» 145-80
» Intérêt du capital, entretien, etc.	» 25 00
	<hr/>
	fr. 253-30

» Soit 72 centimes par 1000 kil. de soude brute ou fr. 1-80 par tonne de sel de soude. »

Comme on le voit, M. Chandelon ne parle pas de la consommation de charbon nécessaire pour entretenir à un certain degré de température les eaux du lessivage qui circulent dans l'appareil et l'on doit en conclure que la quantité de soude mise à la fois dans les caisses suffit pour en élever la température au moins aussi haut qu'il convient. Mettons en présence des chiffres qui précèdent le prix de revient du lessivage dans les deux systèmes employés en Belgique. Un lessivoir horizontal tel que

celui que nous avons décrit, employé au lessivage de 9000 kil. de soude brute par 24 heures (c'est-à-dire beaucoup moins que ce qu'il pourrait recevoir proportionnellement au personnel et au combustible employé) est desservi par quatre ouvriers dont trois suffisent pour tout le travail de la journée, y compris le concassage de la soude, son transport et son chargement dans les caisses, et la mise en wagon des marcs de soude. Le quatrième ouvrier est employé la nuit pour veiller à ce que la température ne varie pas et pour soigner la chaudière à vapeur. Ces quatre ouvriers reçoivent ensemble par 1000 kil. de soude brute lessivée. fr. 0-90 (1)

La consommation de combustible peut être évaluée à » 0-45

L'intérêt du capital, l'entretien, etc., sont, au

maximum, » 0-10

Total, fr. 1-45

C'est le double de ce que coûte le lessivage en Angleterre; mais on doit remarquer que ces chiffres sont pris pour un appareil qui ne produit pas tout ce dont il est capable et que les frais de combustible, nuls en Angleterre, entrent ici pour 1/8 du total.

Dans le lessivage de Clément, les frais sont encore bien autrement considérables, ainsi qu'on peut le voir par les chiffres suivants :

Main-d'œuvre au lessivage par 1000 kil. de soude, fr. 1,50

Cassage de la soude » 0,40

Valeur du combustible consommé. » 1,40

Intérêt du capital, entretien, etc. » 1,35

Total, fr. 4,65

Pourrait-on conclure des chiffres qui précèdent que les Anglais ont mieux compris que nous les conditions d'un lessivage économique? Nous ne le pensons pas. Sans doute, si la qualité des lessives obtenues était la même en Belgique et en Angleterre, il faudrait avouer sans détour que le lessivage de

(1) Une partie de ces frais de main-d'œuvre devrait être reportée sur d'autres services, attendu que l'ouvrier de nuit aide au transport du sel évaporé, etc.

M. Shanks est un appareil bien plus parfait que celui qui vient d'être introduit chez nous, puisqu'il est deux fois plus économique; mais nous allons voir que les opérations qui suivent le lessivage n'ont plus le même but dans les deux pays qui nous occupent et que les Anglais, qui retirent généralement de leurs lessives un tiers environ de soude caustique, peuvent sans inconvénient laisser la température du lessivoir s'élever au-delà des limites qui seraient considérées comme extrêmes en Belgique, où la fabrication de la soude caustique n'est guère possible, faute d'un placement suffisant de ce produit. Cela explique la vaste capacité que les Anglais donnent à leurs cuves de lessivage; capacité qui doit amener, comme nous l'avons remarqué, une élévation très-grande de température à cause de la forte quantité de soude brute qui se trouve ainsi mise à la fois en contact avec l'eau. Aussi, nous le répétons, les opérations de la fabrication du sel de soude, peu différentes jusqu'ici en Angleterre et en Belgique, au moins dans leurs conditions principales, commencent-elles à ne plus avoir le même caractère à partir du lessivage de la soude brute.

L'évaporation des lessives se fait encore dans les mêmes appareils, comme nous allons le voir, mais on ne cherche pas en Angleterre à évaporer aussi complètement que possible les lessives brutes venant du lessivoir, attendu que, dans la plupart des fabriques, tout ce qui reste à l'état d'eau-mère est traité pour la fabrication de la soude caustique, dont la production s'élève, dans beaucoup d'endroits, à la moitié de celle du carbonate de soude.

Les lessives sont traitées, comme en Belgique, dans des chaudières en fer, de capacité variable et nous avons vu, en parlant des fours à soude, comment on profite de leur chaleur perdue pour cette évaporation. En Belgique, on a depuis longtemps utilisé la même chaleur perdue pour l'évaporation, soit des lessives brutes, soit des lessives de sel raffiné, se conformant en cela, du reste, aux indications données depuis longtemps même dans les ouvrages de chimie élémentaire (Regnault, etc.). On a même réuni, dans certaines usines, ces deux évaporations en plaçant à la fois des poêles à évaporer le sel

blanc sur la voûte des canaux venant du four à soude, et sous ces mêmes canaux, des chaudières destinées à l'évaporation des lessives brutes.

Un appareil de ce dernier système, qui a fait quelque bruit il y a un certain temps, consistait en deux chaudières en tôles montées sur des trains roulant sur rails et que l'on attirait alternativement sous les canaux de chauffe, à l'aide d'un cabestan. Ce système a dû être abandonné par suite des difficultés de main-d'œuvre et, surtout, des pertes en lessives qui se produisaient lorsque l'ébullition du liquide ou bien la négligence des ouvriers faisait déborder les chaudières, et on a remplacé cet appareil par des chaudières fixes, mises dans la maçonnerie comme les fours à évaporer placés à la suite des fours à soude anglais. Du reste, il serait erroné de croire que l'évaporation en dessous de la flamme perdue des fours à soude constitue un bénéfice net, si l'on place au-dessus de ces mêmes flammes, une série suffisamment longue de poêles à évaporer les lessives de sel raffiné, attendu que les parois des canaux en maçonnerie laissant passer peu de chaleur, celle-ci est absorbée presque en entier par les poêles en question ; quand on en retire une certaine quantité pour l'évaporation des lessives brutes, c'est donc, en grande partie, au détriment des autres appareils.

En Angleterre, l'évaporation des lessives brutes peut donner immédiatement un produit vendable si l'on a conduit le lessivage avec soin, et le sel que l'on obtient n'a besoin que d'être débarrassé de l'eau de cristallisation (18 % environ) qu'il contient, pour pouvoir être livré au commerce. Cela s'explique par la qualité des matières premières employées (comme nous l'avons signalé en parlant du calcaire, par exemple) ainsi que par les différences apportées dans la conduite de l'évaporation. Les Anglais ne recueillent, dans cette opération, que le carbonate de soude qui se dépose pendant l'évaporation des deux tiers des lessives et ils traitent les eaux-mères pour soude caustique. D'autres fois ils purifient leurs lessives avant l'évaporation, en les soumettant à un courant d'acide carbonique, ainsi que cela se pratique à l'usine de MM. Hutchinson et Earle, à Widnes-

Docks. Là, on fait tomber les lessives brutes dans une tour en tôle, sur du coke en fragments, pendant qu'un courant d'air et d'acide carbonique (formé par la décomposition du calcaire à l'aide des *petites-eaux* d'acide chlorhydrique) traverse la tour de bas en haut (1).

En Belgique, au contraire, où les matières premières — et notamment le calcaire — sont moins pures, on n'est pas encore parvenu, malgré certains essais, à obtenir de premier jet du sel de soude vendable, et, comme la fabrication de la soude caustique n'est pas encore possible, faute de débouchés (2), on est contraint d'évaporer à sec les lessives brutes, et l'on obtient ainsi un produit qui doit subir un véritable raffinage, avant de pouvoir être livré au commerce.

Ce raffinage est le même en Belgique et dans les fabriques anglaises où l'on ne fabrique pas encore de premier jet : on soumet pendant plusieurs heures le sel provenant de l'évaporation des lessives brutes à l'action de gaz oxydants chauds, fournis par le foyer d'un four à réverbère. La voûte de ce four est surbaissée de telle sorte que les gaz soient obligés de lécher, en quelque sorte, la matière traitée. Ces fours, nommés fours à carbonater, devraient plutôt porter le nom de fours à sulfater, attendu que leur action principale est moins la transformation

(1) Ces tours sont employées aussi dans la fabrication de la soude caustique, mais alors on les fait traverser, non par de l'acide carbonique, mais par de l'air qui y est appelé par un jet de vapeur et qui oxyde les sulfures et décolore la soude. (Rapport de M. Chandelon, p. 223.)

(2) Nous savons qu'un grand établissement du pays vient d'entreprendre de fabriquer de premier jet le carbonate de soude, et de transformer les eaux-mères, trop impures pour donner encore un sel de soude vendable, en soude caustique ; mais ces essais ont eu trop peu de succès pour que nous croyions devoir en parler ici comme d'une méthode sérieusement introduite en Belgique. Au surplus, on se trouverait toujours, avec ce système, en présence de la presque impossibilité de placer, dans le pays, une quantité suffisante de soude caustique pour se débarrasser de la production, et les fabricants de produits chimiques savent quelles difficultés ils éprouveraient s'ils voulaient soutenir, sur les marchés étrangers, la concurrence anglaise.

de la soude caustique en carbonate que la transformation en sulfate des sulfures colorés que la soude contient toujours. On comprend que le sulfure de sodium étant détruit, le sulfure de fer dissous à la faveur du précédent se sépare, en même temps qu'une partie de l'alumine combinée à la soude caustique (1) et

(1) On examinera peut-être avec quelque intérêt le tableau suivant, indiquant, d'après nos analyses, les différences que l'on peut trouver entre les échantillons d'un même sel de soude avant et après son passage au four à carbonater.

SUBSTANCES CONTENUES DANS 100 PARTIES.	SEL		DIFFÉRENCE EN PLUS	
	évapouré (sec).	carbonaté.	dans le sel carbonaté.	dans le sel évapouré.
Matières à réaction alcaline	54,260	53,763	. . . .	0,497
Carbonate sodique.	70,516	73,844	3,328	
Acide carbonique correspondant .	29,284	30,666	1,382	
Soude à l'état de carbonate	41,233	43,179	1,946	
Soude à l'état caus- tique	12,034	10,544	. . . .	1,490
Cyanure sodique .	0,222	0,064	. . . .	0,158
Soude correspon- dant au cyanure.	0,143	0,040	. . . .	0,103
Sulfure sodique. .	1,069	0,000	. . . .	1,069
Soude correspon- dant au sulfure.	0,850	0,000	. . . .	0,850
Sulfate sodique re- produit par la combustion de sulfure.	0,000	1,948	1,948	
Alumine (colorée par des traces d'oxyde de fer).	1,000	1,000	0	

Le complément nécessaire pour former 100 parties est constitué par du sulfate de soude.

Une trop forte chaleur, au four à carbonater, peut faire entrer en combinaison avec la soude une certaine quantité d'alumine, malgré la présence de l'acide carbonique, tandis que celui-ci l'isole à une température inférieure au rouge.

il suffit de redissoudre dans de l'eau chaude le sel provenant des fours à carbonater pour en séparer, par décantation, les principales matières étrangères. Les dissolutions décantées sont évaporées dans des chaudières à fond plat, ouvertes par le dessus et dans lesquelles le sel de soude se dépose en petits cristaux blancs, qui contiennent environ 18 % d'eau et que l'on n'a plus qu'à sécher dans un four à réverbère analogue au four à carbonater, pour obtenir du sel anhydre de très-belle apparence.

Les eaux mères obtenues en Belgique dans le cours de la fabrication sont souvent évaporées à part et le sel que l'on en retire est *carbonaté* avec plus de soin que le sel ordinaire. On parvient ainsi à le faire rentrer dans la fabrication courante, tout en produisant du sel de soude d'excellente qualité.

Nous aurions voulu décrire la fabrication de la soude caustique en Angleterre, mais ce sujet sort du programme tracé par l'Association des ingénieurs et nous n'aurions du reste rien à ajouter à la description que M. Chandelon donne de cette fabrication dans le rapport que nous avons eu si souvent déjà l'occasion de citer.

Nous ne dirons qu'un mot de la fabrication des cristaux de soude, qui se font le plus souvent au moyen des croûtes de four et des morceaux de sel trop gros et trop compacts pour pouvoir être vendus avec le sel ordinaire. Ces fragments sont redissous et leur dissolution, concentrée par l'évaporation, est placée, après décantation, dans de petites caisses en tôle que deux ouvriers, ou plus communément deux ouvrières, peuvent manœuvrer facilement. Quand le sel de soude est de bonne qualité, on obtient un *pain* de cristaux dans lequel on peut reconnaître des lames cristallines transparentes qui ne tardent pas à s'effleurir à la surface, si on les laisse dans un endroit sec.

Ces cristaux renferment plus de 60 % d'eau et il est étonnant que leur emploi soit encore si général en présence du transport de matière inutile qui résulte de leur circulation dans le commerce et dont les frais ne sont pas compensés par leur pureté, un peu plus grande que celle du sel anhydre ordinaire; mais les exigences des consommateurs ne sont pas toujours d'accord

avec leurs intérêts et il se présente même en ce moment ce fait singulier : c'est qu'on ne peut presque plus placer en Belgique des cristaux de soude de première qualité, tandis que des cristallisations obtenues de solutions mixtes de sulfate et de carbonate de soude sont très-recherchées pour le blanchiment du linge, sous prétexte que ces cristaux sont moins corrosifs et usent moins que les cristaux ordinaires. Cette erreur provient, croyons-nous, des falsifications qui ont été introduites dans la fabrication des cristaux de soude par certains fabricants peu consciencieux, de sorte que les consommateurs ont pris peu à peu l'habitude d'employer une matière dont l'action alcaline est très-faible. Quand, par hasard, des cristaux plus purs leur tombent sous la main, les proportions ordinairement employées se trouvent être trop fortes et l'on rejette sur la qualité des cristaux un mal qui n'a sa source que dans une ignorance peu excusable aujourd'hui.

Établissons maintenant le prix de revient du sel de soude en Angleterre et en Belgique et il ne nous restera plus, pour terminer cette partie de notre travail, qu'à résumer rapidement les influences diverses qui font différer entre elles, d'une manière si sensible, les conditions économiques de la fabrication des produits chimiques dans les deux pays où nous l'avons étudiée.

Le prix de revient de 1000 kil. de sel de soude à 52° anglais (83°,92 Descroisilles) se décompose, dans le Lancastré, comme suit :

(*Rapport de M. Chandelon*, p. 221).

» 1500 kil. de sulfate de soude à fr. 64-97	
» (moyenne des deux prix)	97,45
» 1550 kil. de calcaire à . 7,075.	10,97
» 2250 kil. de charbon de terre à . 4, 93.	11,07
» 37 1/2 kil. de coke. . . à . 13, 53.	00,42
» Main-d'œuvre.	13,74

Total, fr. 133,63

Nous négligeons les frais généraux, l'entretien, etc., qui ne dépendent pas des procédés de fabrication.

En Belgique, la fabrication de mille kilogrammes de sel de soude à 90° Descroisilles peut s'évaluer d'après les chiffres suivants, pour lesquels on suppose que la soude brute rend seulement 37 % de sel :

Fabrication de la soude brute.

1687 kil. de sulfate à 77 fr.	127,89	
1836 kil. de calcaire à 5 fr.	9,28	
810 kil. de houille menue à 6 fr. employée dans le mélange.	4,86	
4162 kil. de houille à 10 fr. employée comme combustible.	41,62	
Main-d'œuvre pour la soude brute	7,03	
	<hr/>	
	160,68	160,68
Lessivage pour 1000 kil. de sel		3,65
Charbon pour l'évaporation des lessives brutes .	430 »	
id. pour les fours à carbonater	270 »	
id. pour l'échauffement de l'eau de disso- lution du sel carbonaté	75 »	
Charbon pour l'évaporation dans les poêles . .	125 »	
id pour le séchage du sel au four dit à blanchir.	290 »	
	<hr/>	
	1190*	à 10 fr. 11,90
Main-d'œuvre pour ces diverses opérations, le blutage et l'emballage du sel, etc.		9,77
		<hr/>
	Total, fr.	186,00

A la vue de ces chiffres, on pourrait croire qu'il y a une différence de 52,35, c'est-à-dire 30 % environ, entre les prix de revient des usines anglaises et belges, mais cette différence n'est pas aussi grande qu'elle le paraît et les chiffres précédents doivent subir une correction assez importante à cause de la différence entre les qualités des sels pour lesquels les prix de revient cités plus haut sont établis. Le sel à 90°, pour lequel nous avons établi le prix de revient des fabriques belges, con-

tient 95,34 % de sel pur, en supposant que toute la matière alcaline qu'il contient soit du carbonate de soude, tandis que le sel à 52° anglais (ou 52 % d'alcali caustique anhydre) ne contiendrait, dans la même supposition, que 88,90 de carbonate. Il y a donc, en carbonate pur, une différence de 6,76 % de matière utile, en moins dans le sel anglais, que dans le sel belge dont il a été question et il convient, pour pouvoir formuler un jugement exact, de faire aux chiffres établis les corrections nécessaires pour qu'ils se rapportent à un même sel de soude, c'est-à-dire à du sel à 90° par exemple et les chiffres anglais deviennent alors :

Consommation pour 1,000 kil. de sel de soude à 90° :

Sulfate de soude .	1,601 kil.	à 64 ^r ,97	fr. 104,17
Calcaire	1,655	» 7,075	» 11,70
Charbon	2,402	» 4,93	» 11,84
Coke	40	» 13,53	» 0,54
Main-d'œuvre			» 14,67

Total. fr. 142,92

En rapprochant ces chiffres de ceux qui se rapportent au travail des usines belges, on remarque que, malgré la correction qui vient d'être faite, les chiffres belges sont encore de 22 1/2 % plus élevés que les chiffres anglais. En recherchant les causes de cette différence, nous aurons l'occasion de revoir les prix de revient de tous les produits étudiés jusqu'ici, puisque tous concourent à la fabrication du sel de soude et nous pourrions ainsi résumer les questions de chiffre et rendre visible la conclusion que l'on peut tirer de leur examen. Nous reprendrons donc successivement les chiffres qui précèdent, examinant ceux qui concernent :

1° *Le sulfate de soude.* — On remarque à la fois, en examinant la consommation de cette matière première, que l'on en use, en Belgique, 86 kilogrammes de plus qu'en Angleterre, pour une même production de 1000 kil. de sel de soude et que cette consommation est beaucoup plus onéreuse chez nous que chez les Anglais, puisqu'elle nous coûte 127^r,89, tandis qu'elle ne coûte aux Anglais que 104^r,17. Quant au premier point, nous

devons dire que le rendement supposé en sel de soude sur lequel est basé notre prix de revient peut, à lui seul, faire cette différence; attendu que nous avons compté seulement sur une production, en sel à 90°, de 37 % de la soude brute, tandis que les Anglais obtiennent jusqu'à 40 % de rendement. En supposant même que cette différence soit réelle, cela tiendrait, en grande partie, à la forte production journalière de la plupart des fabriques anglaises, en vertu de laquelle les pertes inhérentes à toute fabrication — pertes presque constantes quelle que soit la quantité de matières traitées, — sont réparties sur une quantité de produits beaucoup plus forte qu'en Belgique et affectent beaucoup moins, par conséquent, chaque unité de production.

En ce qui concerne la valeur du sulfate de soude, nous avons vu, en établissant les prix de revient de ce produit, que l'on consomme, en Belgique, 100 kil. de charbon et 100 kil. de soufre de plus qu'en Angleterre par 1000 kil. produits; mais nous avons vu aussi que les restrictions apportées en Belgique à la fabrication des produits chimiques ne nous permettraient que difficilement d'introduire dans nos usines les perfectionnements apportés aux fours à sulfate en Angleterre, et l'examen de la valeur des matières premières dans les deux pays nous a conduit à cette conclusion: que, toutes choses égales d'ailleurs, 1,000 kil. de sulfate de soude *doivent* nécessairement nous coûter 17^{fr},31 de plus qu'aux anglais. Or, les prix de revient montrent que la différence n'est que de 17^{fr},52, ce qui prouve que le travail, dans nos usines, n'est pas aussi mal conduit que certaines personnes pourraient le croire. Nous devons encore rappeler que l'immense production des usines anglaises, aidées par toutes les circonstances dont nous avons parlé dans notre premier chapitre, doit abaisser considérablement les frais généraux et autres qui agissent sur les prix de revient. Nous croyons donc qu'en ce qui concerne le sulfate de soude et, réserve faite de certaines modifications que l'avenir introduira chez nous, on ne peut trouver que très-naturelle la différence entre les frais dont il grève la fabrication du sel de soude dans les deux pays que nous comparons;

2° *Le calcaire.* — On en consomme 200 kil. ou 11 % de plus en Belgique qu'en Angleterre, tandis que la consommation du sulfate ne diffère, dans les deux pays, que de 5 %, mais à cause de la différence de prix que nous avons admise, les frais qui en résultent sont peu différents dans les deux cas. Toutefois, l'emploi d'une plus forte quantité de calcaire en Belgique se justifie aisément si l'on se rappelle que les Anglais ne tiennent pas, comme nous, à éviter autant que possible la présence de la soude caustique dans la soude brute et les lessives, puisqu'ils ont supprimé les frais de sa transformation en carbonate en la livrant au commerce à l'état caustique, tandis qu'en Belgique, on n'oserait pas espérer de voir se répandre l'usage de ce produit;


3° *Le charbon.* — Ici il paraîtra peut-être plus difficile d'obtenir l'acquiescement des fabricants belges, attendu que, pour produire 1,000 kil. de soude, ils consomment 900 kil. de charbon de plus que les anglais, quoique ce combustible leur coûte le double de ce qu'il coûte à leurs concurrents. Ceci est, il est vrai, indépendant de toute volonté, mais c'est au moins une raison de plus de veiller avec le plus grand soin à l'économie du combustible. Cherchons cependant s'il n'est pas quelque circonstance atténuante capable d'amoindrir les torts de nos compatriotes. Nous remarquerons d'abord que des 900 kil. de charbon qui forment le corps du délit, 200 kil. environ proviennent de ce que l'on est obligé de chauffer en Belgique les eaux du lessivage, tandis qu'en Angleterre les quantités relatives de soude brute et d'eau mises en présence dispensent de cette consommation par suite de la chaleur que produit ce contact; mais nous avons vu, en parlant du lessivage, que le système anglais ne peut être admis, quant à présent, dans notre pays, où il n'y a pas d'établissement assez puissant pour alimenter convenablement le lessivoir de M. Shanks, lequel du reste nous semble devoir donner des lessives caustiques dont le traitement serait dispendieux en Belgique. Cette impossibilité de fabriquer de la soude caustique dans nos usines augmente aussi nos frais d'évaporation dans une proportion considérable, en nous obligeant à évaporer les eaux-mères à siccité, tandis

que les frais de cette évaporation, beaucoup plus considérables proportionnellement que ceux de l'évaporation des lessives ordinaires, se reportent, en Angleterre, sur la fabrication de la soude caustique. Nous n'hésitons pas à attribuer à ce seul fait une différence de consommation d'un quart au moins du combustible employé à l'évaporation, ce qui justifie l'emploi d'une centaine de kilogrammes en plus que dans le système anglais. Il ne nous reste plus à trouver le placement que de 600 kil. de charbon. Nous remarquerons encore que plus de 450 kil. de combustible sont employés en Belgique au raffinage du sel de soude et que cette série d'opérations est nulle ou du moins insignifiante en Angleterre. Cela réduit la culpabilité de nos fabricants à l'emploi de 150 kil. de charbon au maximum, emploi que nous pouvons hardiment expliquer par la qualité généralement inférieure des houilles belges relativement aux houilles anglaises. Ajoutons que certains appareils tels que les fours à soude à deux niveaux de sole et les fours tournants permettent aux Anglais de faire des économies notables qui ne nous sont guère possibles, nous avons vu pour quelles raisons. Nos industriels doivent donc déplorer les frais de combustible qui grèvent leur fabrication de sel de soude et tous leurs efforts doivent tendre à les diminuer, mais nous ne croyons pas qu'on puisse, à cause de ces frais relativement énormes, les taxer d'ignorance ou de mauvaise entente industrielle.

4° *La main-d'œuvre.* — En Belgique, la main-d'œuvre intervient pour 18 fr. 80 dans le prix de revient du sel de soude, tandis qu'en Angleterre elle n'occasionne qu'une dépense de 14 fr. 67. Les 4 fr. 13 c. de différence que l'on remarque entre ces chiffres sont employés et au-delà, soit à payer les opérations du raffinage, soit comme différence des frais de lessivage, soit pour payer les manœuvres extraordinaires, les corvées et les faux frais de tous genres qui sont inévitables dans toutes les fabriques, mais dont l'influence se fait bien plus sentir quand on ne produit que des quantités relativement faibles, comme c'est le cas pour la Belgique.

Les considérations qui précèdent ne doivent, en aucun cas, tendre à détourner les industriels de notre pays des efforts

qu'ils doivent faire sans cesse pour perfectionner leur fabrication et arriver à rivaliser, comme économie, avec leurs concurrents d'au-delà du détroit; mais elles suffisent, à notre avis, pour excuser au moins la situation actuelle de nos fabriques de produits chimiques et montrer que leur infériorité relative dépend surtout de circonstances auxquelles la volonté de nos industriels est parfaitement étrangère. Nous serons heureux de nos efforts si notre manière de voir est admise par ceux qui peuvent aider à porter remède à la situation présente et nous sommes convaincus que, débarrassée de ses entraves, l'industrie des produits chimiques entrera franchement dans la voie du progrès, où elle n'a fait encore que les premiers pas. Il est impossible, du reste, qu'il en soit autrement: des industries plus anciennes que la civilisation, la sidérurgie à leur tête, font tous les jours des progrès inespérés qui semblent se succéder d'autant plus rapidement que l'on touche de plus près à la perfection. N'en doutons pas, la fabrication des produits chimiques, après être restée presque stationnaire pendant les deux tiers de siècle qui ont présidé à son développement, va marcher désormais d'un pas sûr et rapide dans la voie des améliorations successives. Espérons que les Belges seront les promoteurs de ce mouvement et qu'ils prouveront ainsi que ce n'est pas seulement en Angleterre que l'on possède le génie de l'industrie.



SECONDE PARTIE.

Étude des perfectionnements que l'on pourrait introduire en Belgique dans la fabrication des produits chimiques.

En commençant cette partie de notre travail, nous éprouvons — cela doit se comprendre — un embarras bien légitime : avouer que l'on n'entrevoit aucun moyen de faire disparaître ou, pour le moins, d'amoindrir les différences trop réelles, quoiqu'assez excusables, que l'on constate dans les conditions économiques de la fabrication des produits chimiques entre la Belgique et l'Angleterre, ce serait, en quelque sorte, désertier le champ de bataille au moment du combat, et l'on serait en droit de nous demander dans quel but nous avons entrepris notre travail.

D'un autre côté, nous mériterions certainement l'épithète de présomptueux, dont on ne manquerait pas de nous qualifier, si nous targuant d'un savoir et d'une expérience que nous n'avons pas, nous annoncions avec emphase que nous possédons le secret infailible qui doit placer nos fabriques de produits chimiques au niveau de celles du Royaume-Uni, malgré les conditions exceptionnelles qui ont fait de celles-ci les premières du monde.

Essayons, entre ces deux écueils, de glisser modestement quelques remarques dont nous acceptons d'avance la critique ; car, à part certains procédés anglais ou autres dont nous préconiserions l'adoption en Belgique, les perfectionnements que

nous pourrions entrevoir ne peuvent être que problématiques, tant qu'ils n'ont pas reçu la sanction de l'expérience, tandis que, s'ils l'avaient reçue, ils ne pourraient plus être considérés comme des améliorations à introduire, mais bien comme des procédés existants et dont la description aurait dû prendre place, par conséquent, dans la première partie de ce travail. Nous devons excepter, de ce dernier cas, cependant, certaines améliorations qui pourraient être en voie d'essai, mais qui, par cela même, ne peuvent être divulguées sans préjudice pour les industriels qui les tentent.

Nous n'entreprendons pas d'examiner ici les beaux rêves que l'on pourrait former dans le but de transformer directement le chlorure de sodium en carbonate de soude : ce serait là le *nec plus ultra* du progrès, si celui-ci pouvait avoir une limite en industrie ; mais on sait combien de déceptions et de dépenses ruineuses ces rêves ont causés jusqu'à présent, et, bien que rien n'autorise à penser que la réalisation n'en soit pas possible, ou peut-être même proche, on peut cependant les négliger dans une étude pratique. Sauf de rares exceptions, du reste, on doit se défier des pas de géant en industrie et les perfectionnements lents et continus peuvent, presque toujours, inspirer plus de confiance que les transformations complètes et les prétendus économiques de 50 %. Nous n'avons donc à nous occuper ici que des améliorations qui pourraient être apportées aux diverses branches de la fabrication des produits chimiques qui nous ont occupé et dont nous allons passer en revue, successivement, les différentes opérations.

Nous n'avons pas la prétention de ne proposer que des améliorations inédites et nous aimerions mieux recommander deux fois plutôt qu'une de bonnes choses, qui existent déjà dans certaines usines, que de faire valoir, par vanité, des idées qui nous seraient propres, mais dont la réelle utilité ne pourrait être attestée par personne.

Il est une première amélioration qu'il serait à désirer vivement de voir introduire partout dans les usines belges, qui s'occupent de la fabrication des produits chimiques ; amélioration d'un caractère général et qui pourrait être obtenue sans

modification essentielle avec un peu de soin et de persévérance de la part des industriels. Nous voulons parler de l'économie du combustible.

Nous nous sommes efforcés, dans la première partie de ce travail, de démontrer que la consommation de charbon qui se fait dans les usines belges s'explique par différentes circonstances indépendantes de la volonté des fabricants, mais il n'en reste pas moins constant que les Anglais brûlent moins de charbon que nous et que ce charbon leur coûte moins cher, et c'est, pour les Belges, une double raison de chercher à diminuer, autant que possible, les frais énormes qui résultent pour eux de la grande quantité de combustible qu'ils consomment.

Il est en dehors du cadre de ce travail de rechercher les moyens les plus propres à rendre aussi petite que possible la quantité de combustible qui doit fournir une température donnée dans chaque espèce d'appareil et les ouvrages spéciaux ne manquent pas sur ce sujet. En Belgique, tous les industriels connaissent, entre autres, le *Traité de l'économie du combustible* de M. E. Bède. Nous croyons que les fabricants de produits chimiques ont attaché jusqu'ici trop peu d'importance à l'étude des différents moyens indiqués dans les ouvrages spéciaux dont nous parlons et que des essais entrepris avec prudence et conduits par des gens expérimentés, pourraient amener d'excellents résultats. Sans rien préjuger de l'emploi de ces moyens, nous nous demandons si l'on ne pourrait pas arriver, par exemple, à réaliser d'importantes économies en cherchant à remplacer l'emploi du charbon gras, à longue flamme, par celui du charbon maigre assez menu, qui possède une valeur notablement moindre et dont on trouverait facilement à s'approvisionner.

La province de Namur a mis au concours une question de cette nature dont l'étude amènera peut-être la découverte de procédés économiques qui permettront de réaliser l'amélioration dont nous parlons. Les Anglais ont déjà mis eux-mêmes en pratique un procédé de l'espèce et nous nous rappelons avoir vu, dans une fabrique de fer anglaise, un four à puddler alimenté par de l'antracite.

Il y a une vingtaine d'années que l'on a proposé et même mis

en pratique dans certaines usines (1) l'emploi de la vapeur d'eau comme moyen d'allonger la flamme et d'économiser le combustible en employant des houilles maigres de qualité inférieure et, sans prétendre que ce moyen puisse être mis en pratique dans nos fours à soude ou nos fours à sulfate, par exemple, nous croyons cependant qu'il mérite réflexion et qu'il est digne d'être médité par les intéressés.

Nous ajouterons que, dans certaines fabriques allemandes, on se trouve très-bien de l'usage des grilles dites en gradins pour les fours à sulfate et les fours à soude.

Une cause de perte de combustible, petite en apparence mais désastreuse en réalité parce qu'elle est permanente, est l'impossibilité d'obtenir une alimentation intelligente des nombreux foyers qui se trouvent dans une fabrique de produits chimiques. Sauf, dans certains cas, les foyers des chaudières à vapeur, les autres sont généralement soignés par les ouvriers qui travaillent aux fours dont ces foyers font partie, ouvriers parmi lesquels il est impossible d'avoir toujours de bons chauffeurs. Ce métier présente du reste en lui-même des difficultés sérieuses, puisque ceux qui le pratiquent reçoivent d'ordinaire un salaire élevé et les ouvriers chargés d'une besogne aussi fatigante et aussi absorbante que celle des fours à sulfate ou à soude, par exemple, ne pourraient, pas quand même ils en seraient capables, s'occuper du tisage avec les soins et l'assiduité que ce travail réclame pour être bien fait. Toujours est-il que la manière dont les feux sont conduits en général dans les fabriques de produits chimiques laisse beaucoup à désirer malgré la surveillance des chefs, et il y aurait peut-être économie, là où la disposition des usines le permet, à payer à part de bons chauffeurs qui seraient chargés de soigner chacun les foyers d'une série d'appareils.

(1) Entre autres, à la soudière de Dieuze (*Annales des mines*, t. IV, p. 181. Voir aussi T. III, p. 419). Il paraîtrait que ce moyen économique n'a cessé d'être employé au nord de la France que par suite de l'intervention de Sociétés de charbonnage exploitant des charbons gras et qui ont racheté le brevet, afin d'interdire l'usage d'un procédé qui menaçait de faire diminuer la consommation de leurs produits.

Enfin, il va de soi que partout où la chaleur perdue d'un foyer quelconque peut être utilisée, on doit en profiter le plus complètement possible, même au prix d'installations relativement coûteuses; car le bénéfice que l'on retire de l'utilisation d'une certaine quantité de chaleur représente ordinairement l'intérêt d'un capital assez considérable. On comprend que nous ne puissions cependant pas spécialiser nos recommandations à ce sujet, car la possibilité d'utiliser les flammes perdues des différents appareils dépend surtout de la disposition des usines, c'est-à-dire de circonstances locales. Toutefois les poêles et les fours à évaporer les lessives placés à la suite des fours à soude peuvent être utilisés presque partout et doivent être par conséquent conseillés d'une manière spéciale.

Abordant maintenant l'examen des diverses opérations de l'industrie qui nous occupe, nous rencontrons en premier lieu la fabrication de l'acide sulfurique. La Belgique, qui n'a pas à craindre, sur cet article, la concurrence anglaise, peut cependant faire à sa puissante rivale l'emprunt de certains procédés avantageux. Nous citerons le four de M. Harrisson-Blair pour ce qui concerne la fabrication de l'acide au soufre. Nous avons vu précédemment les avantages de cet appareil et les résultats magnifiques obtenus par son emploi. Il est à regretter qu'un perfectionnement de cette valeur ne s'applique qu'à une branche d'industrie dont l'importance est aujourd'hui très-secondaire (1).

La fabrication de l'acide à la pyrite peut aussi tirer parti de l'exemple des Anglais en ce qui concerne l'emploi de la pyrite fine, toujours assez pauvre, par la construction de fours de grillage plus profonds que ne le sont généralement ceux dont on se sert en Belgique. La faible hauteur de charge que l'on donne chez nous à ces fours convient très-bien à la pyrite riche qui demande une venue d'air rapide pour être brûlée complètement; mais quand la pyrite est pauvre, l'air ne rencontre pas assez

(1) Il va de soi que nous n'affirmons en rien la supériorité du four de M. Harrisson-Blair sur d'autres dispositions du même genre que l'on pourrait imaginer, pourvu qu'elles réunissent des avantages analogues, pour l'étude desquels nous renvoyons à notre première partie.

de soufre sur son passage et il en passe un excès dans la chambre, tandis que, d'autre part, la combustion n'étant pas complète après le court séjour des matières dans le four, on est obligé de dégriller pour pouvoir mettre une nouvelle charge avant que la pyrite contenue au centre des fragments agglomérés ait eu le temps d'être épuisée ; de sorte qu'une partie notable du soufre passe ainsi dans les résidus. Cependant, quand la pyrite séjourne trop longtemps dans les fours, on peut craindre de voir s'y former des scories volumineuses, qui *étouffent* en s'opposant au passage de l'air. Les Anglais ont prévu cet inconvénient et des portes de travail, ménagées sous l'ouverture de chargement, permettent d'introduire dans la masse en ignition des outils à l'aide desquels on peut briser ou retirer les scories qui pourraient se former. Les pyrites ne présentent pas toutes, du reste, les mêmes inconvénients sous ce rapport, mais on ne devrait, en aucun cas, se porter d'un excès dans l'autre et construire d'emblée des fours où l'on donnerait à la pyrite pauvre une hauteur de charge excessive. Une hauteur de 0^m,80 serait, tout au plus, celle à laquelle on devrait s'arrêter dans les premiers essais ; encore faudrait-il que les boulets fussent agglomérés avec une terre très-plastique, afin de ne pas s'écraser sous la charge, surtout s'il devait être nécessaire de travailler beaucoup dans les fours pour en retirer des scories.

Nous avons insisté plusieurs fois, dans la première partie de ce travail, sur la nécessité de refroidir les gaz sulfureux à la sortie des fours, afin de diminuer leur volume et de donner ainsi aux chambres une plus grande capacité utile.

Nous avons aussi fait remarquer que, s'il est avantageux, comme le prouve l'expérience, de ne pas laisser aux gaz sulfureux une température excessive (ce qui est surtout à craindre pour les gaz provenant d'une pyrite riche et, à plus forte raison, du soufre), il est en même temps dangereux de refroidir les vapeurs nitriques, qui n'ont que trop de tendances à se condenser et à se perdre dans l'acide formé en s'y dissolvant. Il est donc plus que probable qu'il serait utile de séparer ces vapeurs des gaz sulfureux et de les maintenir à une haute température jusqu'à leur entrée dans les chambres de plomb. Dès

que les réactions sont commencées, les dangers de condensation deviennent moindres, parce que la majeure partie des composés nitriques passe à l'état d'acide hypoazotique, qui reste gazeux jusqu'à 22° de température. L'isolement des vapeurs nitriques peut s'obtenir facilement, même en plaçant les chariots à nitrate dans les fours à pyrite : il suffit, pour cela, d'employer des caisses en fonte dure, communiquant toutes avec une conduite générale et dans lesquelles on place les chariots. Cependant si la distance des fours à la chambre était trop grande, le système précédent ne pourrait être conseillé, attendu que des vapeurs nitriques se condenseraient infailliblement dans les tuyaux de conduite. Il faudrait alors un foyer spécial pour décomposer le nitrate. Les produits de la combustion pourraient entourer la conduite des gaz nitriques sur la plus grande partie de son parcours. On brûlerait, il est vrai, un peu de charbon pour cet usage spécial, mais nous croyons fermement que cette consommation serait largement compensée par l'économie de nitrate de soude que l'on réaliserait.

Cette économie pourrait être encore considérablement augmentée en interposant, sur le passage des gaz sulfureux seuls, un tambour où se rendraient l'acide versé sur l'appareil de condensation des vapeurs nitriques et celui qui se forme dans les chambres en queue et qui est toujours chargé d'acide nitrique ou de composés nitreux. Une injection de vapeur, plongeant dans le liquide du tambour, pourrait aider efficacement au dégagement des vapeurs nitriques dissoutes, qui rentreraient ainsi dans la circulation.

L'acide chargé de produits nitreux pourrait aussi être amené au tambour en nappe mince ou en pluie, de façon à présenter aux gaz sulfureux le plus de points de contact possible et il serait souvent facile de disposer le tambour de telle sorte que tout l'acide formé dans les chambres pût le traverser sans frais avant de se rendre aux concentrations. Il suffit d'un temps très-court pour faire sortir d'un acide, même très-chargé de vapeurs nitreuses, toutes celles qu'il contient, au point que l'analyse n'en décèle plus même de traces, ainsi que nous avons eu l'occasion de le constater. La quantité d'eau qu'une injection de

vapeur plongeante ajoutée dans l'acide ne peut pas occasionner de frais sérieux de concentration, attendu qu'elle est insignifiante.

Nous n'avons pas besoin de dire qu'il est d'autant plus important d'économiser le mieux possible le nitrate de soude, que la consommation de ce produit entre pour une somme presque égale à celle que coûte la pyrite dans les frais de fabrication de l'acide sulfurique. Sous ce rapport, du reste, les Belges sont en avance sur les Anglais, ainsi qu'on a pu le remarquer en examinant les prix de revient établis pour les deux pays.

Il pourrait y avoir cependant certains inconvénients dans l'emploi d'un tambour en plomb, de dimensions restreintes, où l'on produirait un dégagement continu de vapeurs nitreuses : ces vapeurs attaquent rapidement le métal et l'on devrait peut-être réparer souvent cette partie de l'appareil, ce qui ne pourrait se faire sans temps d'arrêt coûteux. Toutefois, il est peut-être possible d'éviter complètement cet inconvénient en formant le tambour de cinq pans en glaces brutes, faites d'un verre grossier, par économie, et reposant dans une cuvette en plomb. Le fond de celle-ci, toujours recouvert d'acide, ne serait guère attaqué. Les glaces seraient raccordées entre elles à tous les angles par d'épaisses équerres doubles en plomb. Un tambour de 2^m de longueur sur 1^m,25 de côté pour les petites faces suffirait amplement pour une chambre produisant de 2 à 3 mille kilogrammes d'acide par jour; de sorte qu'une telle construction serait peu coûteuse et durerait presque indéfiniment. La seule difficulté de construction que l'on rencontrerait, et elle n'est pas bien grande, résiderait dans la manière de ménager les orifices d'entrée et de sortie des gaz. Il va de soi qu'un tel tambour ne devrait recevoir les gaz sulfureux qu'après qu'ils auraient subi un refroidissement suffisant pour éviter la rupture du verre. Un tambour de l'espèce, avec injection de vapeur, serait toujours utile, si même on reculait devant l'isolement des vapeurs nitreuses, mais son effet ne serait plus alors aussi complet. On perdrait aussi, dans ce cas, l'avantage résultant de la bonne conservation des conduits métalliques employés au refroidissement des gaz et dont la durée doit être bien plus grande quand il n'y passe que de l'acide sulfureux.

Une disposition d'un autre genre, déjà indiquée dans la première partie de ce travail et dont nous croyons l'emploi recommandable, quoiqu'elle ne soit pas adoptée généralement en Belgique, consiste à disposer les injections de vapeur sur les deux faces latérales des chambres de plomb. On comprend que, pour une chambre ayant, par exemple, 6 mètres de hauteur sur 7 mètres de largeur, il vaut mieux, pour obtenir l'intime mélange des gaz, que les injections soient placées latéralement, puisqu'il suffit alors que chaque jet de vapeur agisse à 3^m,50 de distance pour que toute la masse gazeuse soit agitée, tandis que, placé au ciel de la chambre, il n'agirait, avec un tel parcours, que sur un peu plus de la moitié du mélange gazeux. Les injections par le haut ont, du reste, l'inconvénient de diriger les gaz vers la surface de l'acide qui baigne le fond de la chambre et qui dissout aisément les gaz nitriques.

Une difficulté assez sérieuse de la conduite des chambres provient de ce que les ouvriers ne peuvent régler à volonté la quantité de vapeur d'eau injectée. Si, pour amoindrir cette quantité quand cela est nécessaire, on diminue le nombre d'injections, on mélange moins bien les gaz de la chambre. Si, au lieu de fermer tout-à-fait certaines injections, on se contente d'étrangler un point quelconque de la conduite de vapeur au moyen d'un robinet, la pression diminue aux orifices et il y a encore trop peu d'efficacité dans le mélange, ce qui est un grave inconvénient. L'ouvrier est donc obligé de travailler à l'orifice même de l'injection, ce qui n'est possible que quand le bout de tuyau qui pénètre dans la chambre est en plomb. Il est cependant bien préférable d'employer des bouts en porcelaine, qui ne s'attaquent pas, et sur la constante dépense desquels on peut compter.

Peut-être serait-il possible de réunir les avantages de cette matière à celui qu'offre la faculté de faire varier le diamètre des trous (ce qui ne peut se faire, quand on emploie le plomb, qu'en retirant les tubes qui pénètrent dans la chambre et les rebattant au marteau). On pourrait employer, nous semble-t-il, des bouts en porcelaine percés au centre d'une ouverture rectangulaire allongée, devant laquelle se présenterait un obturateur

triangulaire aigu, en plomb durci par alliage (au bismuth, par exemple) (1). Cet obturateur serait porté par deux tiges de même métal, se repliant contre le tube en porcelaine et faisant corps avec un anneau qui s'emboîterait sur un pas-de-vis moulé avec le tube. La malléabilité du métal lui permettrait de se prêter aux légères irrégularités que la cuisson pourrait faire subir à la vis de porcelaine, dont l'effet doit être d'empêcher l'obturateur d'être repoussé par la vapeur. On comprend qu'avec ce système on puisse faire varier à volonté la quantité de vapeur injectée, sans en diminuer la pression, en rétrécissant l'ouverture du bout en porcelaine, de sorte que le jet aurait toujours, à peu de chose près, la même puissance agitatrice. On pourrait faire construire l'obturateur et son support en verre ou en porcelaine, mais alors le prix des injections de ce genre, qui serait peu de chose en suivant nos indications, pourrait devenir assez élevé relativement. Nous laissons, du reste, ce système à l'appréciation des intéressés, en souhaitant qu'il leur rende le plus de services possible. Les mêmes tubes injecteurs peuvent être employés ailleurs qu'aux chambres de plomb et servir, par exemple, à arroser d'eau les colonnes de condensation des vapeurs chlorhydriques et l'on pourrait employer dans ce cas un obturateur conique dans une ouverture ronde, de façon à lancer l'eau sous forme de nappe annulaire.

Nous ne terminerons pas ce qui a rapport à l'acide sulfurique, sans appeler l'attention des industriels sur la nécessité qu'il y a, pour obtenir une bonne marche dans cette partie de la fabrication, d'en suivre pas à pas toutes les phases et de s'assurer, aussi souvent que possible, de la manière dont les réactions s'opèrent, tant par des analyses bien faites que par l'évaluation exacte de la production journalière. Une surveillance continue peut seule assurer l'exécution de tous les détails que comportent l'opération du grillage, la conduite des injections de vapeur, le

(1) Des expériences précises ont prouvé que le plomb pur, à l'inverse des autres métaux, s'attaque plus rapidement par les acides que le plomb altéré par un alliage avec le bismuth, l'étain, etc.

soin des appareils de condensation, la production en quantité strictement convenable, les vapeurs nitriques, etc., etc., et il peut être beaucoup moins onéreux d'avoir un luxe de personnel pour cet objet, que de laisser négliger, faute de bras ou de surveillance, de ces *riens* importants d'où dépend souvent l'économie de la production.

Nous pourrions ajouter à ce qui précède quelques remarques relatives à la concentration de l'acide sulfurique pour l'amener à 66° B., concentration que l'on pourrait rendre plus économique en cherchant à ne pas laisser éteindre les feux entre deux opérations successives quand on emploie les appareils en verre. Des essais doivent être entrepris dans ce sens dans l'un de nos établissements. Toutefois, il est possible que cette amélioration perdra de son importance par suite de la vulgarisation des alambics en platine, que l'on peut se procurer maintenant à des prix abordables.

Le fait dont on a le plus abusé pour jeter la pierre à nos fabricants de produits chimiques et déclarer qu'ils sont en arrière de tous points sur les fabricants anglais, c'est que ceux-ci sont parvenus à décomposer 12 mille kil. de sel par jour dans un seul four à sulfate, tandis qu'en Belgique on atteint tout au plus le chiffre de 1500 à 1800 kil. Cette différence est réellement énorme et doit paraître suffisante pour déterminer nos industriels à faire construire immédiatement des fours du système anglais. Aussi l'un de nos grands établissements a-t-il fait les frais d'un pareil essai, sur la valeur exacte duquel on saura bientôt à quoi s'en tenir. Toutefois on doit prévoir que l'économie qui en résultera ne sera pas, même en cas de réussite complète, ce qu'elle semble devoir être au premier abord. Nous avons dit précédemment que l'on compte, dans les établissements belges, sur une réduction de 15 à 16 % des frais de fabrication du sulfate de soude par suite de la vente de l'acide chlorhydrique condensé, dont on retire plus de cent pour cent du sel à 20° B. (certaines fabriques vont à 120 % et au-delà). Or, dans le système anglais, avec un procédé de condensation coûteux, puisqu'il exige la construction de hautes tours en maçonnerie de grès et goudron, on ne parvient à condenser pour la

vente que le quart ou tout au plus le tiers de l'acide chlorhydrique total, soit environ 50 % du sel; le reste est dilué dans trop d'eau pour pouvoir être d'un emploi utile et il en résulte une cause d'embarras pour les fabriques.

De ce seul chef résulte donc une diminution de 7 1/2 à 8 % du bénéfice que l'on pourrait retirer de l'emploi des fours anglais. On ne pourrait songer à employer, avec ces grands fours, l'appareil de condensation actuellement usité en Belgique; il serait insuffisant pour l'énorme volume de vapeurs acides qui devrait le traverser et les matériaux dont il est construit ne résisteraient pas à la dilatation causée par la température élevée qu'ils devraient atteindre. Quelque développement qu'on lui donne, les premières colonnes et les bombonnes qui les suivent de près seraient à chaque instant mises hors de service. Nous ne voudrions cependant pas conclure de ce qui précède qu'il n'y aura pas de grands avantages à employer, en Belgique, le système anglais; mais il nous semble que les fabricants feront prudemment d'attendre les résultats des essais que l'on fait en ce moment avant de prendre à ce sujet une résolution définitive.

Quoi qu'il en soit et en attendant que l'avenir éclaircisse cette question, on pourrait peut-être augmenter l'efficacité de la condensation des vapeurs chlorhydriques dans l'appareil employé en Belgique, et contribuer en même temps à activer le tirage, en donnant, de bas en haut, dans la première colonne, une injection de vapeur d'eau assez puissante. Le gaz chlorhydrique entrerait en combinaison avec l'eau vésiculaire provenant du refroidissement de la vapeur et ne tarderait pas à se précipiter à l'état liquide. Il serait facile d'obtenir la production économique de la vapeur nécessaire, en utilisant la chaleur perdue des fours à sulfate, dont on ne tire généralement aucun parti.

Nous avons vu précédemment que l'on a trouvé des inconvénients graves à l'emploi du coke comme matière poreuse destinée à augmenter les surfaces de condensation dans les appareils à acide chlorhydrique. Le coke s'écrase, en effet, rapidement, et l'on est obligé alors de vider complètement les tours de conden-

sation, ce qui ne peut se faire sans arrêter les fours. Il en résulte des chômages fâcheux, outre une consommation de coke d'autant plus coûteuse que celui qui a servi dans les colonnes ne brûle plus que très-imparfaitement. D'un autre côté, l'emploi de sphères creuses en verre ou en poterie, par lesquelles on a cherché à remplacer le coke, n'est pas complètement satisfaisant. Ces sphères, outre qu'elles sont coûteuses, ne présentent qu'une surface bien inférieure à celle qu'offrait le coke. L'eau glisse sur leurs parois et arrive facilement au pied de l'appareil sans être suffisamment chargée d'acide chlorhydrique.

On pourrait, nous semble-t-il, réunir les avantages de la porosité du coke à ceux que présente l'inaltérabilité des sphères creuses, en remplissant les colonnes de condensation de fragments de ces trachytes poreux du Rhin et de l'Eifel qui ne coûteraient guère que le transport et dont l'aspect, à part la couleur, rappelle un peu celui du coke. L'acide chlorhydrique est sans action appréciable sur eux, ce qui en assurerait la durée, et leur dureté est trop grande pour qu'ils puissent s'écraser sous des hauteurs de charge, même considérables. S'il arrivait, à la longue, que leur porosité diminuât par suite de l'interposition de matières entraînées par les gaz, un fort courant d'eau suffirait à les laver sur place, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter les fours, ni de rien démonter.

A défaut de trachytes, d'autres roches poreuses pourraient servir au même usage et certains psammites scoriacés de notre pays seraient peut-être assez peu attaqués par l'acide chlorhydrique pour être d'un emploi avantageux. Du reste, rien que les silex du terrain crétacé si abondants dans notre pays, seraient plus économiques et tout aussi convenables que les sphères creuses et pourraient les remplacer avantageusement si l'on craignait de faire la dépense du transport des trachytes dont nous avons parlé.

Nous arrivons maintenant à la partie de la fabrication des produits chimiques la plus étudiée et celle où il y a peut-être encore le plus d'améliorations à espérer pour l'avenir. C'est du reste celle à laquelle toutes les opérations antérieures se rapportent. Nous voulons parler de la fabrication du sel de soude.

Un savant manufacturier anglais dont nous avons eu déjà l'occasion de citer le nom, M. William Gossage, dans un intéressant mémoire dont la traduction a paru dans la *Revue universelle des mines* (novembre et décembre 1862), a indiqué une modification essentielle à introduire dans la fabrication du sel de soude et à l'aide de laquelle la consommation des pyrites serait supprimée. Or, on sait que cette consommation, qui coûte à elle seule plus des deux cinquièmes des matières premières employées, n'a pour résultat final que de faire entrer les neuf dixièmes du soufre qu'elle fournit dans une matière stérile complètement abandonnée : les marcs de soude. M. Gossage voudrait anéantir cette perte sèche en évitant la formation des marcs de soude et reformant, d'une façon continue, une matière sulfurée capable de servir à la fabrication de l'acide sulfurique. Dans ce but, au lieu de transformer le sulfate de soude en carbonate de la même base par l'opération ordinaire faite au four à soude, il ne mettrait en présence du sulfate que du charbon seul et il obtiendrait, comme produit, du sulfure de sodium et de l'acide carbonique. Or, M. Gossage a démontré qu'un équivalent de ce gaz suffit à transformer complètement en carbonate de soude un équivalent de sulfure de sodium, et l'acide carbonique formé au four à soude serait employé à produire cette transformation. Il en résulterait une production d'acide sulfhydrique qui contiendrait le soufre employé d'abord, sous la forme d'acide sulfurique, à la production du sulfate de soude, et nous avons vu précédemment qu'il existe un moyen pratique de faire servir le soufre du sulfide hydrique à la fabrication de l'acide sulfurique, en recevant ce gaz sur de l'oxyde ferrique qui le décompose. Cette série d'opérations ne semble pas présenter de difficultés d'exécution insurmontables, et il est, par conséquent, à espérer qu'elle sera tôt ou tard réalisée. Toutefois, il est à remarquer que si un industriel aussi capable que celui qui propose ce perfectionnement n'est pas encore parvenu à le rendre exécutable, après des recherches qui datent déjà de vingt-cinq ans environ, c'est que les difficultés occultes de ce procédé sont plus grandes qu'on ne le croirait, et, tout en admirant l'idée en elle-même et appréciant l'économie que

sa réalisation amènerait dans la pratique, on ne peut pas se flatter de l'y voir entrer immédiatement.

Il est cependant un point de ces améliorations qui pourrait trouver, dès à présent, en Belgique, une application qui lui est donnée dans certaines parties de l'Allemagne depuis plusieurs années; c'est l'action désulfurante de l'acide carbonique sur les lessives de sel de soude. Les sulfures et la soude caustique sont les corps qui seuls, ou presque seuls, font obstacle à la fabrication du sel de soude de premier jet et il est certain qu'un courant d'acide carbonique peut purifier des lessives, d'ailleurs bien faites, au point de les rendre propres à fournir directement du sel de soude aussi beau que le sel raffiné. Ce mode de fabrication est en usage en Prusse, etc., et donne d'excellents résultats. Nous avouerons cependant que des essais tentés en Belgique, il y a quatre ou cinq ans, n'ont abouti qu'à de grandes dépenses; mais nous croyons que leur insuccès provient surtout de ce qu'on voulait faire agir l'acide carbonique trop rapidement et sans le mettre suffisamment en contact avec les lessives. Nous avons dit un mot, en parlant de la fabrication du sel de soude en Angleterre, d'un procédé qui consiste à faire tomber les lessives sur du coke dans une tour en tôle, traversée de bas en haut par un courant d'acide carbonique. Des essais de ce genre, mais au moyen d'un appareil différent, viennent d'être entrepris en Belgique, et après avoir donné, dans des expériences de laboratoire, des résultats excellents, ils ont été entrepris sur un pied capable de faire apprécier les conditions économiques de la méthode. Il serait prématuré de décrire et d'apprécier ici les moyens mis en usage pour mener à bien ces essais, mais tout fait espérer qu'ils seront couronnés de succès.

Quelles que soient les améliorations qui interviendront dans la fabrication du sel de soude, on devra toujours chercher à obtenir, tant qu'on ne modifiera pas le mode de sa formation, des lessives aussi exemptes que possible de sulfures et de soude caustique; et il est même possible, avec des soins intelligents apportés au lessivage, de faire au moins une bonne partie de sel de premier jet sans recourir à l'emploi de l'acide carbonique: témoin ce qui se passe à l'usine de Stolberg, près de notre

frontière (1). Or, le principal, sinon le seul moyen d'éviter la formation dans les lessives, par voie de double décomposition, des corps nuisibles dont nous avons parlé, c'est de rendre le lessivage rapide et de l'effectuer à la plus basse température possible. Ces deux conditions ne peuvent s'obtenir, conjointement à l'efficacité du lessivage, que si l'on fait passer sur la soude brute de grandes quantités d'eau, c'est-à-dire si on soufre les lessives à une faible densité. Mais alors on se trouve en présence de quantités très-fortes de liquide à évaporer et l'on pourrait craindre de perdre en combustible le bénéfice résultant de la qualité des lessives. Il nous semble que l'on pourrait réaliser une économie très-importante en imitant un fabricant anglais (M. Dale) qui évapore sans frais une grande partie de l'eau contenue dans les lessives étendues qu'il obtient dans la fabrication de la soude caustique, en les faisant simplement servir à l'alimentation de ses chaudières à vapeur. En prenant les lessives à 15° B., on les obtiendrait dans un état de pureté dont on ne peut se faire une idée avant de l'avoir expérimenté (en supposant, bien entendu, que la soude brute soit bien faite), et les fabriques de produits chimiques possèdent toutes des générateurs de vapeur plus que suffisants pour amener ces lessives à 25 ou 30° B. La quantité d'eau évaporée journellement dans les générateurs devrait, du reste, servir de base dans la détermination du degré de prise des lessives dans chaque fabrique.

L'évacuation des lessives concentrées vers les appareils de décantation et d'évaporation se ferait sans frais par la pression de la vapeur agissant sur les lessives de la chaudière, qui seraient élevées à la hauteur convenable par l'intermédiaire d'un tube disposé comme les purgeurs ordinaires. La seule perte appréciable de chaleur qui résulterait de ce système proviendrait du calorique absorbé par les lessives pour être amenées de leur

(1) Une fabrique de notre pays a éprouvé, paraît-il, de graves mécomptes en essayant d'adopter ce mode de procéder; mais ne faudrait-il pas attribuer cet échec à une mauvaise conduite du lessivage ou à d'autres négligences, c'est ce que nous ne prendrons pas sur nous d'apprécier.

température initiale à celle qu'elles auraient au sortir de la chaudière; mais on sait que cette quantité de calorique est peu de chose à côté de celle qui est employée pour réduire l'eau en vapeur, et du reste, on retrouverait plus que l'équivalent de cette faible perte par la perfection de la décantation. La pureté des lessives serait donc obtenue gratuitement et l'on comprend quelle économie il en résulterait si l'on pouvait, par ce moyen, obtenir directement une partie notable de sel de soude en état d'être livré au commerce. Les expériences que nous avons faites nous permettent d'affirmer que l'on y arrivera facilement.

Les lessives de sel raffiné sont évaporées, en Belgique, dans des chaudières ouvertes à fond plat, que l'on nomme poêles à évaporer. Ces poêles peuvent servir également à l'évaporation des premières lessives quand on peut en retirer une partie notable de sel assez pur pour se passer de raffinage. Un inconvénient assez grave de ces chaudières c'est que les petits cristaux de sel de soude qui se déposent contre le fond s'y attachent bientôt dans les endroits où la pelle de l'ouvrier ne passe pas assez souvent et il se forme ainsi des croûtes qui se durcissent et s'épaississent sans cesse et qui empêchent alors la chaleur de se transmettre convenablement aux lessives à évaporer. La tôle se dilate en dessous de ces croûtes; les coups donnés par l'ouvrier pour les briser agissent aussi pour faire subir aux rivets des efforts qu'ils supportent difficilement et des fuites se déclarent souvent dans les joints, ce qui cause, avec des pertes importantes de lessives, des embarras et des temps d'arrêt dont l'effet se traduit toujours en déficit pécuniaire. On a cherché à éviter ces inconvénients et dans une usine française voisine de notre frontière, on emploie maintenant des poêles à fond bombé, à peu près comme dans les anciennes chaudières en *tombeau* ou de Newcomen. La partie cintrée est seule soumise à l'action de la flamme et le sel qui se dépose tombe de lui-même dans les *poches* latérales, où il est ramassé facilement à la drague. Les poêles de l'usine dont nous parlons ont une très-grande longueur, mais il serait probablement avantageux de les réduire à des dimensions plus restreintes, afin qu'ils soient d'un placement plus facile et aussi pour que l'on puisse séparer

les lessives qui ont déposé la plus grande partie de leur carbonate de soude d'avec celles qui en sont encore chargées et qui laissent déposer un sel plus pur. Quoi qu'on fasse, il peut toujours arriver que des fissures se manifestent dans l'une ou l'autre des chaudières qui composent un appareil d'évaporation et il est alors avantageux de pouvoir enlever et remplacer la chaudière défectueuse sans perdre de temps et sans éteindre les feux. Cela est surtout important quand les poêles à évaporer sont chauffés par la chaleur perdue des fours à soude, qu'il ne faut arrêter que le plus rarement possible.

Un moyen de purifier le sel de soude, dont l'emploi serait très-simple et ne demanderait qu'un peu de soin de la part des ouvriers, serait d'arroser de lessives concentrées — mais n'ayant pas encore donné de sel — et que l'on puiserait dans l'appareil même, le sel que l'on retire des poêles à évaporer et qui est ordinairement placé au-dessus de ces poêles sur des tôles perforées où il s'égoutte. Il est évident que les petits cristaux qui se forment dans les lessives sont composés de carbonate de soude dans un grand état de pureté et que l'on obtiendrait toujours de leur séchage un produit de toute première qualité sans les solutions de sulfures et d'oxyde sodique qui les imprègnent; aussi le sel que l'on retire dans les premiers temps de l'évaporation, est-il toujours beaucoup plus pur que celui qui se dépose dans la suite; ce qui tient à ce que les sulfures, etc., restent dans les eaux-mères et ne souillent le sel d'une façon appréciable que lorsqu'ils sont en grande quantité, par rapport au carbonate de soude qui se dépose. Or, il nous paraît fort simple d'éliminer la presque totalité de ces matières, en arrosant le sel que l'on met égoutter, de lessives fraîches, puisées dans l'appareil même et qui sont très-pures, relativement à celles qui restent après un certain temps d'évaporation, pendant lequel une grande quantité de leur partie utile s'est déposée. En un mot, nous voudrions voir appliquer économiquement au sel de soude le procédé mis en usage dans les sucreries, où l'on purifie le sucre en le *clairçant*, c'est-à-dire en l'arrosant d'une dissolution concentrée de sucre blanc qui dissout encore la mélasse mais qui ne peut plus se charger de matière utile. Seulement le procédé serait, ici, plus

économique, attendu que l'on n'aurait pas besoin de former une *clairce* spéciale, puisqu'on se servirait de lessives existantes et qui doivent toujours arriver à l'appareil. On pourrait rendre plus efficace l'action des lessives en plaçant le sel sur des égouttoirs en forme de pyramide renversée, dont le sommet ouvert devrait, en tout cas, correspondre à l'une des poèles à évaporer. Les égouttages se réuniraient dans celle-ci et l'on en retirerait un sel impur qui pourrait être raffiné à la manière ordinaire.

Peut-être avec ce système, joint aux perfectionnements que nous avons indiqués à propos du lessivage, parviendrait-on à obtenir, sans raffinage, un sel de soude de très-belle qualité. On aurait toujours, il est vrai, une petite quantité d'eaux-mères, résultant de l'égouttage; mais comme ce serait en faible proportion, il y aurait peut-être avantage à les traiter pour soude caustique, dont de faibles parties trouveraient toujours un placement chez les savonniers.

Il nous reste à dire un mot de la matière stérile qui porte le nom de marc de soude et qui renferme, nous l'avons dit, les neuf dixièmes du soufre employé dans la fabrication du sel de soude. On a proposé jadis d'en retirer le soufre en les arrosant des basses-eaux de la condensation de l'acide chlorhydrique, afin de produire un dégagement d'hydrogène sulfuré, qui, étant brûlé avec de l'acide sulfureux, aurait pu régénérer le soufre. Cette idée a été abandonnée.

M. Gossage croit que l'on pourrait réussir en décomposant le sulfure de calcium qui forme les deux tiers des marcs de soude par un courant d'acide carbonique et recevant l'acide sulfhydrique formé sur du peroxyde de fer. Ce moyen n'a pas encore reçu la sanction de la pratique.

Une troisième méthode consiste à traiter les marcs de soude par l'eau après qu'ils ont subi une transformation partielle au contact de l'air, qui fait passer une partie du sulfure de calcium à l'état d'hyposulfite. Ce sel est dissous dans l'eau chaude et, après décantation, on précipite la chaux par du carbonate ou du sulfate de soude. Il reste en dissolution de l'hyposulfite sodique qui sert en photographie et dans les papeteries. Malheu-

reusement, on ne tire parti de cette manière que d'une petite partie du soufre que contiennent les marcs de soude (1), et l'on doit encore désirer de voir se produire une méthode plus complète dont la recherche est bien digne d'exercer la sagacité des chimistes.

Nous avons terminé la tâche que nous nous étions imposée : examiner les conditions de la lutte entre l'Angleterre et la Belgique en ce qui concerne la fabrication des produits chimiques ; décrire les opérations principales de cette industrie dans les deux pays ; montrer que les manufacturiers belges s'efforcent de rester dans de bonnes conditions de fabrication et que les économies réalisées par leurs rivaux sont surtout dues aux circonstances spécialement avantageuses dans lesquelles ils se trouvent et qui nous font défaut ; enfin, examiner les moyens à l'aide desquels on peut espérer de voir la fabrication des produits chimiques se perfectionner en Belgique au point de soutenir la concurrence anglaise, tel est le but de ce travail, but trop beau pour que nous puissions nous flatter de l'avoir atteint, mais vers lequel ont tendu nos efforts. Nous serions trop heureux d'avoir réussi au gré de notre désir : puissions-nous seulement avoir été utile dans la mesure de notre bonne volonté !

Décembre 1863.

(1) Il en est de même dans un procédé dû à un ingénieur saxon et employé à Stolberg ; c'est pourquoi nous le passons sous silence ; il n'est pas une solution complète de la question.

TABLE DES MATIÈRES

Examen comparatif de la fabrication des produits chimiques en Belgique et en Angleterre	7
--	---

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER. — Court examen des conditions respectives de la fabrication des produits chimiques en Belgique et en Angleterre au point de vue de la situation commerciale et économique. . .	8
CHAPITRE SECOND. — Examen des conditions respectives dans les- quelles s'exécutent les diverses opérations de la fabrication des produits chimiques en Belgique et en Angleterre	24
<i>A.</i> Fabrication de l'acide sulfurique	25
<i>B.</i> Fabrication du sulfate de soude	46
Légende	51
<i>C.</i> Fabrication du carbonate de soude (sel de soude)	62

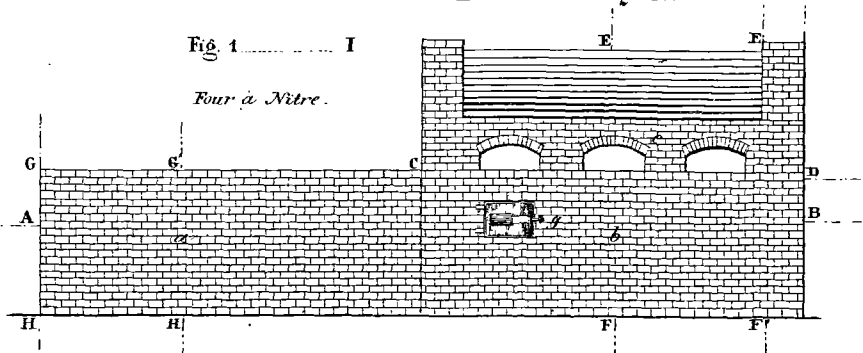
SECONDE PARTIE.

Étude des perfectionnements que l'on pourrait introduire en Belgique dans la fabrication des produits chimiques	94
--	----

FABRICATION DE L'ACIDE SULFURIQUE.

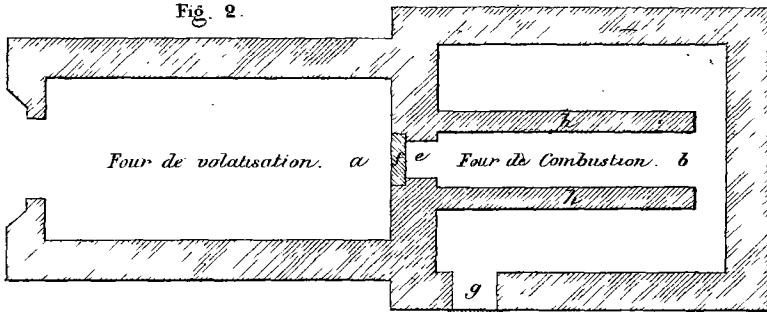
Fig. 1 I

Four à Nitre.



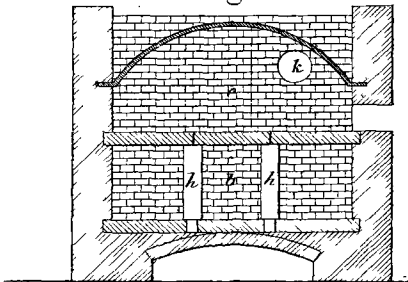
Plan AB de I

Fig. 2.



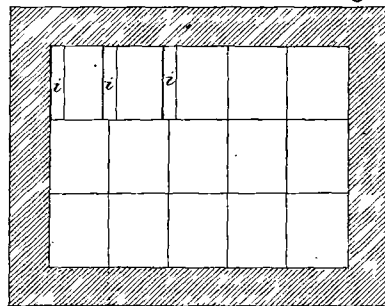
Coupes EF, E'F' de I.

Fig. 3.



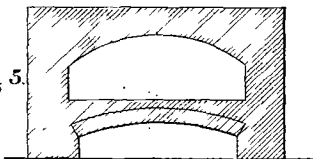
Plan CD de I.

Fig. 4.



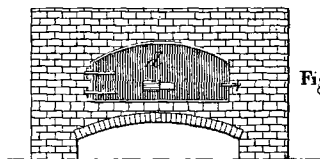
Coupe GH de I.

Fig. 5.



Vue du Plan GH.

Fig. 6.



Établi par M. J. Noblet et Brudry

ACIDE SULFURIQUE.
Four à griller la pyrite.

Vue de face. Fig. 1.

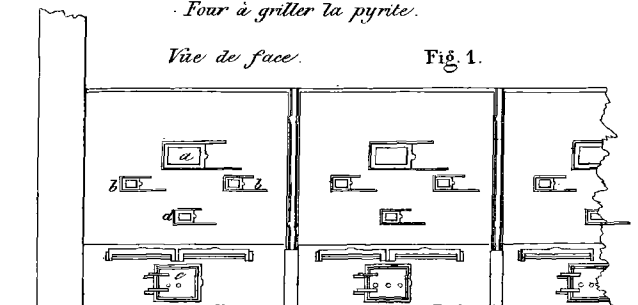
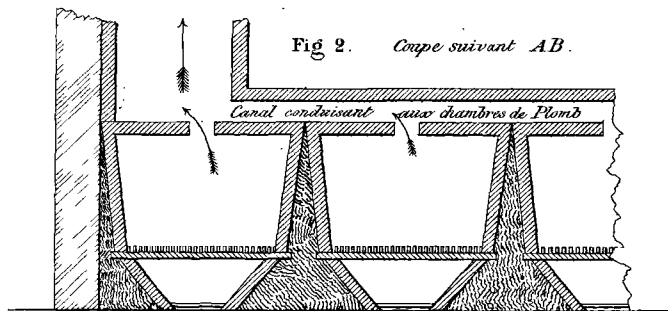


Fig. 2. Coupe suivant AB.



Plan. Fig. 3.

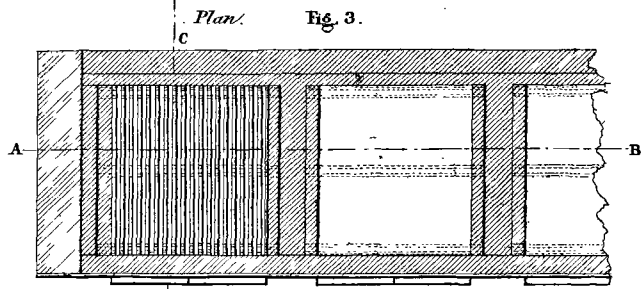
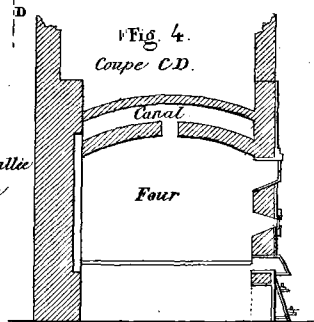


Fig. 4. Coupe C.D.

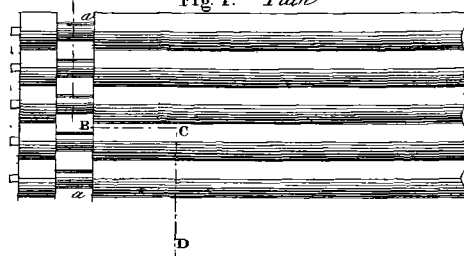


- (a) Porte de chargement
- (bb) pour remuer
- (c) pour retirer la pyrite grillée
- (d) pour secouer les barres au fond du four

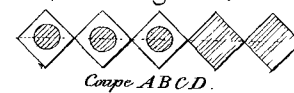
Echelle 1/8 mètre

Four de grillage et appareil de concentration.

Fig. 1. Plan



Coupe AB Fig. 2. Coupe CD.



Coupe ABCD.

Fig. 3.

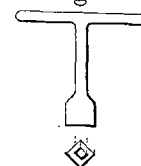
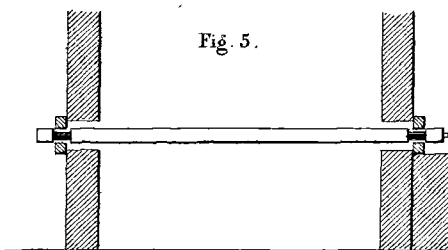


Fig. 5.



Coupe AB. Grille fermée.

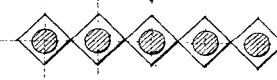
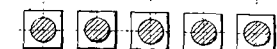


Fig. 4.



Grille ouverte

Fig. 6.

Coupe Verticale.

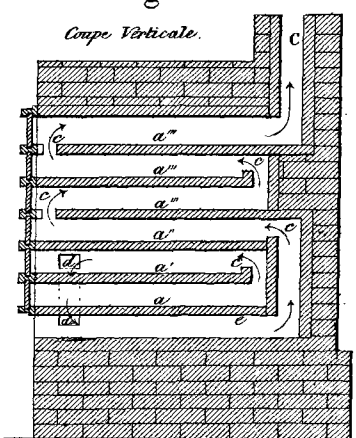


Fig. 7.

Elevation.

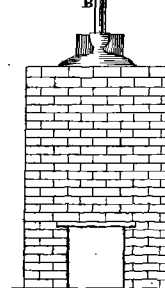
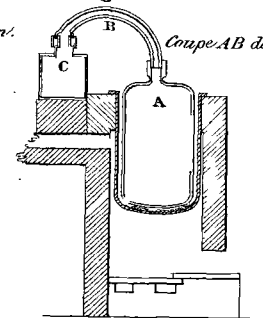


Fig. 8.



Coupe AB de Fig. 9.

Fig. 9. Plan.

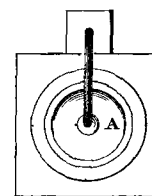
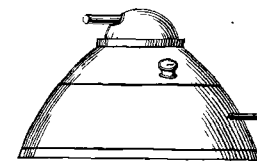
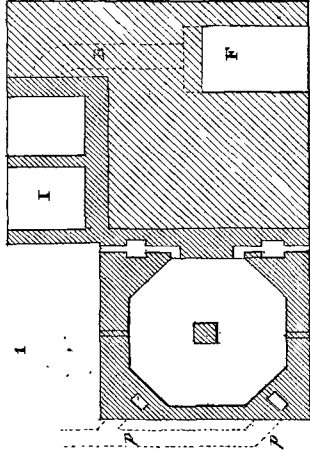


Fig. 10.

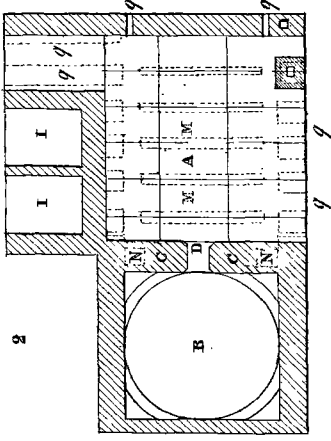


FOUR À SULFATE.

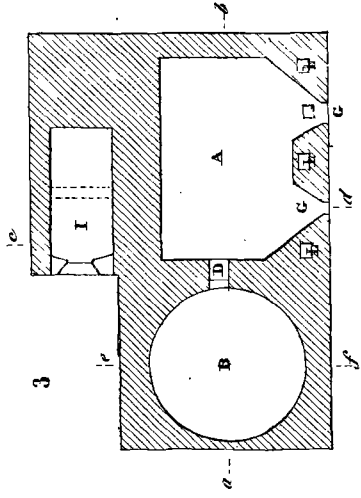
Coupe par a b de 4



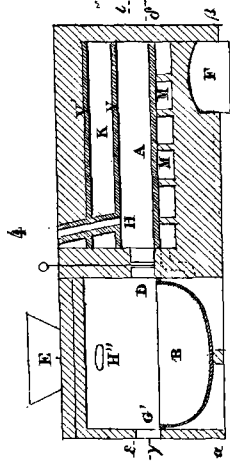
Coupe par y z de 4



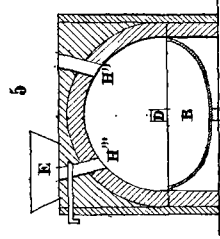
Coupe par e e' de 3



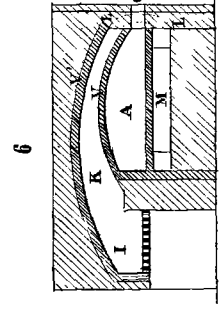
Coupe par a b de 3



Coupe par e f de 3



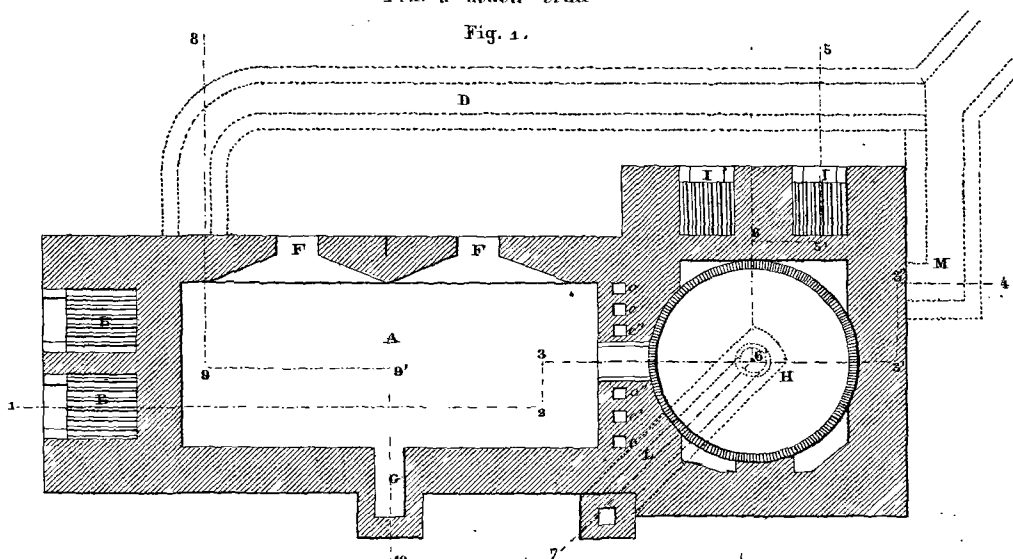
Coupe par c d de 3



SULFATE DE SOUDE.

Four à double voûte

Fig. 1.



Coupe horizontale, faite à la hauteur des foyers.

Fig. 2

Coupe suivant 1, 2, 3, 4 de la fig. 1.

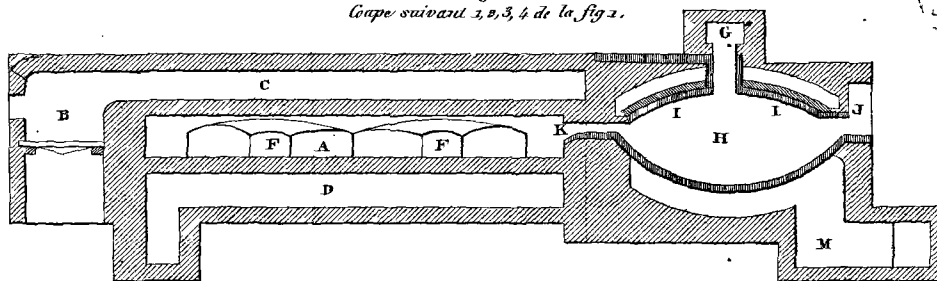


Fig. 3.

Coupe suivant 8, 9, 10 de la fig. 1.

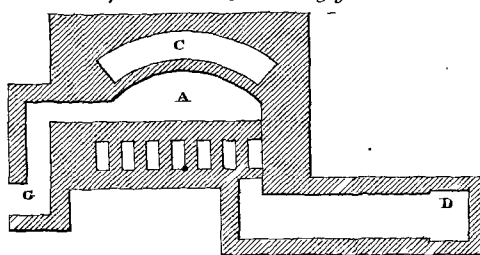
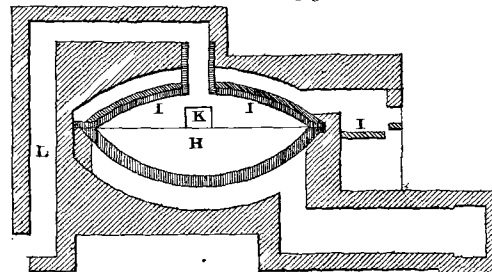
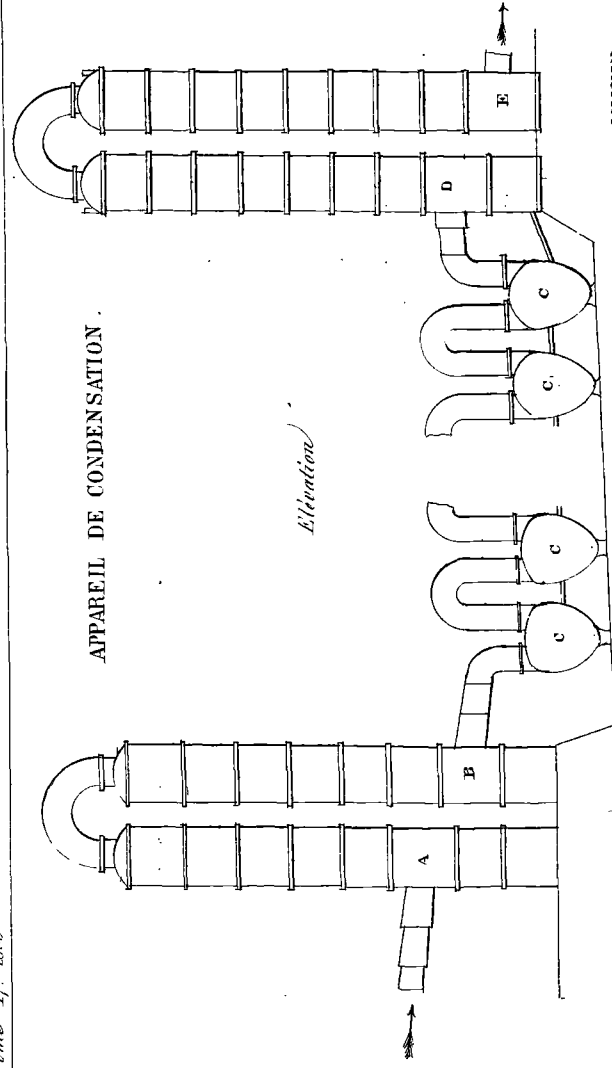


Fig. 4.

Coupe suivant 5, 6, 7 de la fig. 1.

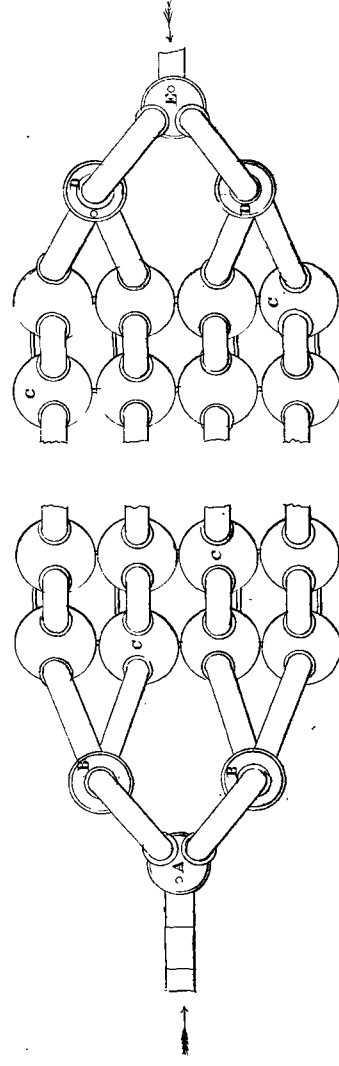


APPAREIL DE CONDENSATION

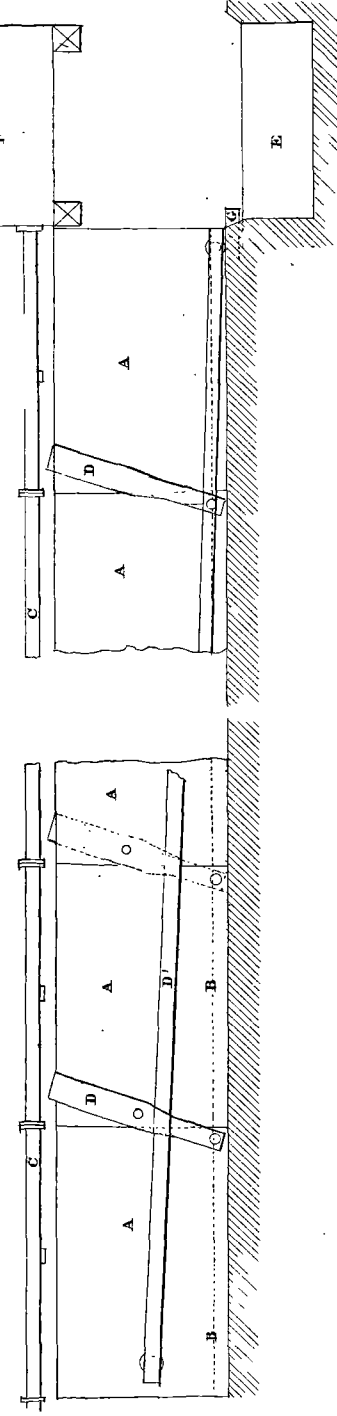


Elevation

Plan

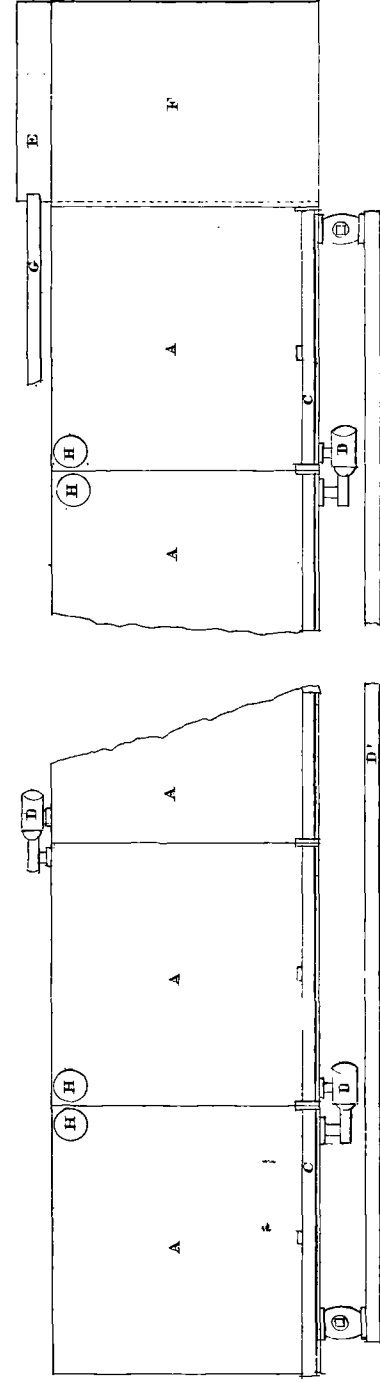


Elevation

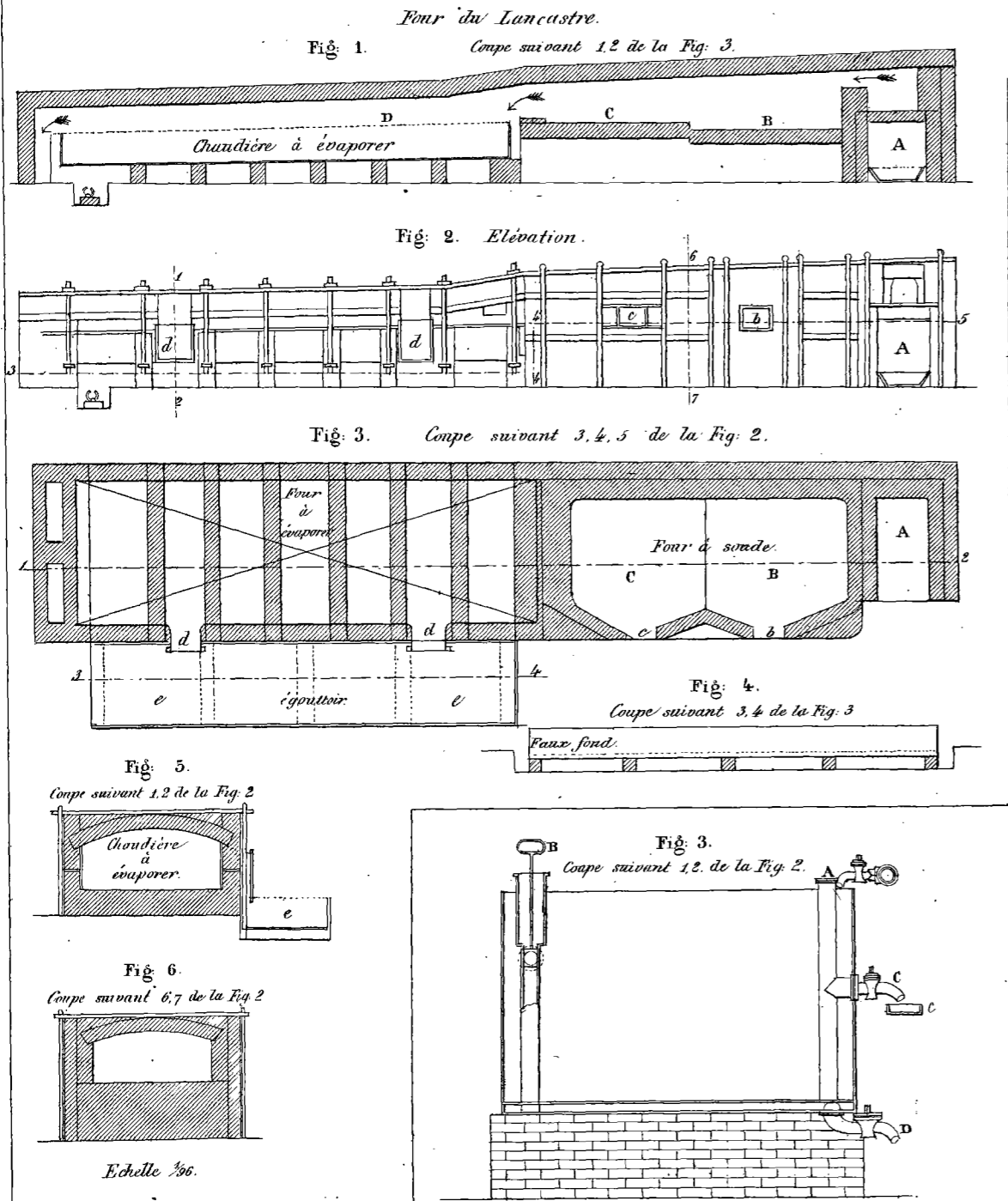


LESSIVOIR HORIZONTAL

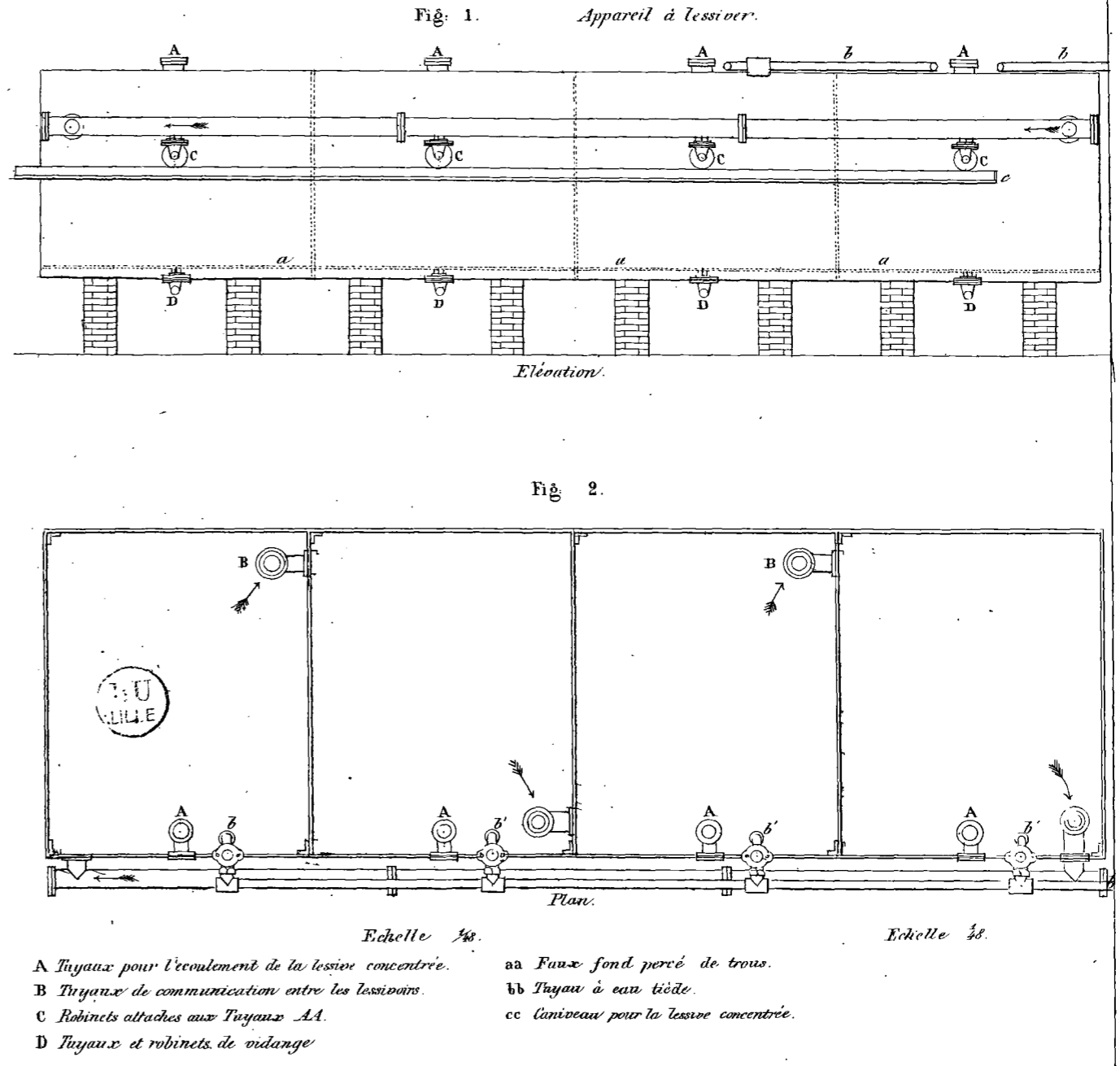
Plan



Établi sur un pied de Vollet et Bouché.



SOUDE BRUTE.



SOUDE BRUTE - FOUR TOURNANT.

Fig. 1.

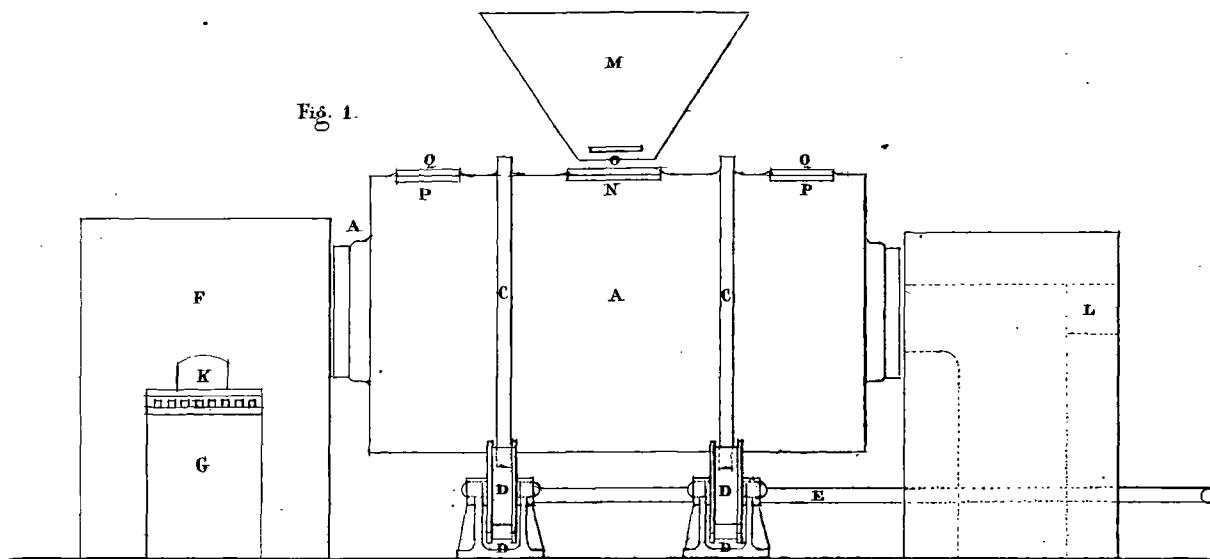


Fig. 3.

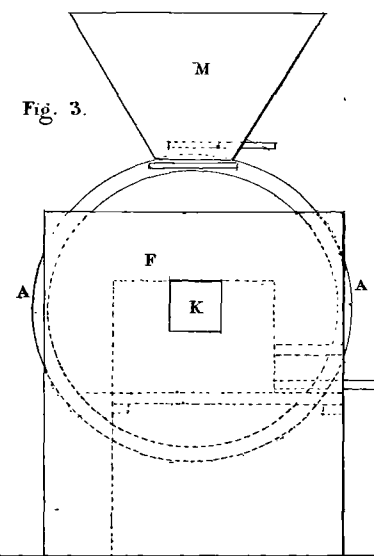


Fig. 2.

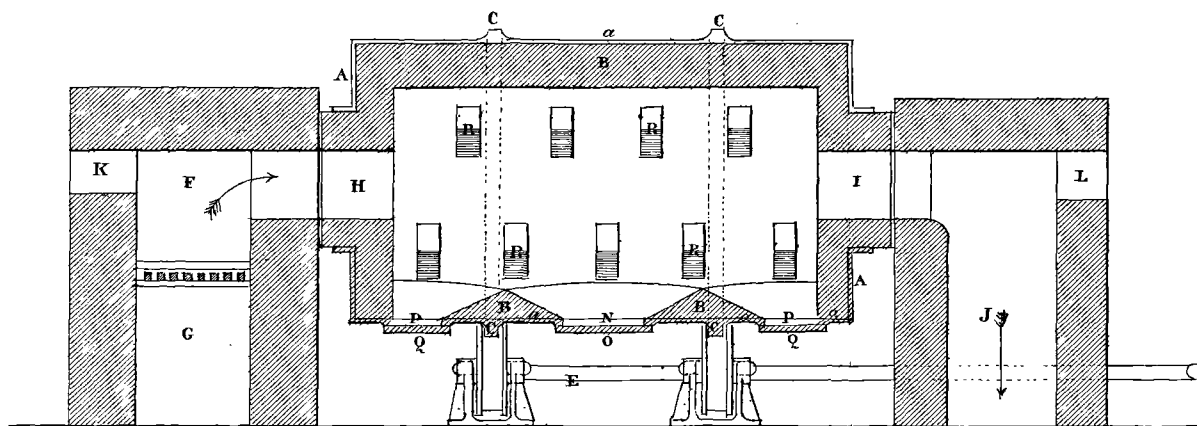


Fig. 4.

